

J.S. FAYZIYEV, J.M. QURBONOV

# OZIQ-OVQAT MAHSULOTLARI TADQIQOTINING FIZIK- KIMYOVIIY USLUBLARI



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA  
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

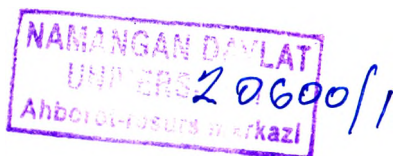
J.S. FAYZIYEV, J.M. QURBONOV

---

# OZIQ-OVQAT MAHSULOTLARI TADQIQOTINING FIZIK- KIMYOVIIY USLUBLARI

---

*«Xizmat ko'rsatish» sohasidagi «Servis» ta'lim  
yo'nalishi uchun o'quv qo'llanma*



O'quv qo'llanmada oziq-ovqat mahsulotlari sifatini baholash usul va mezonlari, zamonaviy tadqiq etish usullari, turlari, mohiyati, shuningdek, ishlatiladigan asbob va reaktivlar hamda tahlilni bajarish tartiblari yoritilgan.

O'quv qo'llanma oliy o'quv yurtlarining «Servis» (aholi va turistlarni ovqatlantirish xizmati) ta'lim yo'nalishi bakalavriatura talabalariga mo'ljallangan.

*Taqrizchilar:* **O. SAFAROV** — Buxoro OOYSTI professori, texnika fanlari doktori; **I.M. MAMATOV** — Samarqand ISI professori, texnika fanlari doktori.

## KIRISH

Hozirgi postindustrial iqtisodiyotning farqli xususiyati — xizmatlar ulushining keskin oshib borishi bilan tavsiflanmoqda. Olimlar ta'biricha, ertangi kun jamiyatida xizmatlar ko'rsatish va informatsiya tovarlar ishlab chiqarishga nisbatan ancha ustun turadi. Bunday ijobiy jarayonni ro'y berayotganligi haqida hozirgi kunda xizmatlar sohasini ko'pgina rivojlangan davlatlar yalpi ichki mahsulotining asosiy qismini ta'minlayotganligi aniq dalolat bermoqda. Shu sababli, respublikamizda xizmat ko'rsatish va servis sohasini rivojlantirish bo'yicha izchil choralar ko'rilyapti. Xususan, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2006-yil 17-apreldagi «O'zbekiston Respublikasida 2006—2010-yillarda xizmat ko'rsatish va servis sohasini rivojlantirishni jadallashtirish choratadbirlari to'g'risida»gi Qarori buning yaqqol isboti hisoblanadi. Qarorda yangi istiqbolli xizmat turlarini rivojlantirish bilan bir qatorda, savdo va ovqatlanish xizmatlari hajmini 2010-yilda 2005-yilga nisbatan 2,2 marotaba oshirish nazarda tutilgan.

Servis faoliyati holatini baholashda mahsulotlar va xizmatlar sifatining muammolari katta ahamiyatga ega. Xizmatlar va servis mahsuloti sifati uning kompleks xususiyatlari asosida shakllanib, xususan, ularni ishlab chiqarish texnologik, fizikaviy xususiyatlari alohida ahamiyat kasb etadi. Servis mahsulotlarini, jumladan, ovqatlanish servis mahsulotlari sifatini tahlil etish, bu mahsulotlar xususiyatlarini me'yoriy hujjatlarda nazarda tutilgan ko'rsatkichlarga mos kelishini aniqlashni taqozo qiladi. Bu vazifani hal etishda ovqatlanish mahsulotlarining zamonaviy fizik-kimyoviy usullarining ahamiyati juda katta.

Mahsulotlarni ishlab chiqarish tahlilxonasi sharoitida amalga oshiriladigan tizimli va yuqori saviyadagi organoleptik, mikrobiologik va fizik-kimyoviy tadqiqotlari tayyor mahsulotlar sifatini talab darajasida saqlashni kafolatlaydi. Hozirgi paytda korxonalarida tahlilxonalarida nazorat usullarini, xomashyo va tayyor mahsulotlarni sifat me'yorlarini yangi standartlariga muvofiq zamonaviy instrumental va ekspress usullari joriy qilinmoqda. Shu sababli,

maxsus ishlab chiqarish texnologik tahlilxonasining samarali faoliyati ko'pgina sharoitlarga bog'liq bo'lib, ular ichida tahlilxona ovqatlanish mahsulotlarini zamonaviy fizik-kimyoviy tadqiqotlari ko'lami, tavsifi, mohiyati va bajarish texnikasini yoritishga qaratilgan metodik materiallar bilan ta'minlash katta ahamiyatga ega.

Ovqatlanish korxonalarida ishlab chiqariladigan mahsulotlarning yuqori sifatini ta'minlash korxonada xodimlaridan zamonaviy fizik-kimyoviy nazorat usullari borasidagi bilimlarga ega bo'lishni talab qiladi. Shu nuqtayi nazardan «Oziq-ovqat mahsulotlari tadqiqotining fizik-kimyoviy uslublari» fani «Servis» (aholi va turistlarni ovqatlantirish xizmati) ta'lim yo'nalishida ta'lim olayotgan bakalavriatura talabalari uchun alohida o'rin egallaydi.

«Oziq-ovqat mahsulotlari tadqiqotining fizik-kimyoviy uslublari» kursini dasturiga muvofiq, unda oziq-ovqat mahsulotlarini asosiy umumiy tadqiqot usullarini chuqur o'rganish nazarda tutilgan. Bunda har bir usulni aniq bajarish uslubini bayon etishdan oldin uning asosini tashkil etuvchi hodisa va jarayonlar mohiyatini batafsil yoritish maqsad qilib qo'yilgan. Kurs materialini bunday bayon etilishi usullar asosini tushunish va ulardan xohlagan oziq-ovqat mahsulotlarini tadqiq etishda oqilona foydalanish imkonini beradi.

---

## ***1-bob.* OZIQ-OVQAT MAHSULOTLARI SIFATINI BAHOLASHNING USUL VA MEZONLARI**

Oziq-ovqat mahsulotlari sifatini tahlil etish deyilganda, ushbu mahsulotlar xususiyatlarini me'yoriy hujjatlarda nazarda tutilgan asosiy oziqaviy qiymat va zararsizlik ko'rsatkichlariga mos kelishini aniqlash tushuniladi.

### **1.1. Oziq-ovqat mahsulotlarini tadqiq etishning asosiy usullari**

Tayyor oziq-ovqat mahsulotlari sifatini ishlab chiqarish sharoitida baholashda *organoleptik*, *mikrobiologik* va *fizik-kimyoviy* kabi, uch asosiy usullar guruhidan foydalaniladi.

*Organoleptik* (sensorli) tahlil tayyor mahsulotni ta'mi, hidi, konsistensiyasi, strukturasi, rangi, shakli, o'lchami, tashqi ko'rinishi va yuzasi holatini baholashdan iboratdir. Bunday tahlil ko'rish, hid bilish va ta'mni sezish organlari yordamida amalga oshirilib, hech qanday maxsus jihoz, qimmatbaho reaktivlarga ehtiyoj sezmaydi. Tayyor mahsulotga uni organoleptik baholash natijasida beriladigan bahoning xolisligi faqat brakerning (ushbu tahlilni amalga oshirayotgan shaxs) yetarlicha tayyorgarligi bilan belgilanadi. Bunga maxsus adabiyotlarni o'rganish (sensorli tahlilni o'tkazish bo'yicha ko'rsatmalar va ballar berish jadvallari) va doimiy amaliy faoliyat orqali qisqa fursatda brakerning tegishli tayyorgarligiga erishish mumkin. Shunday qilib, organoleptik tahlilning afzalligi uning oddiyligi va uni amalga oshirish uchun kam vositalar zarurligi hisoblanadi.

Sensorli tahlilni asosiy kamchiligi bunda olinadigan axborot ko'lamini keng bo'lmashligidir. *Birinchidan*, bu ijobiy (yuqori) organoleptik baholashga tegishli bo'lib, organoleptik ko'rsatkichlari bo'yicha barcha talablarga javob beruvchi mahsulot shu asosda, nafaqat, unga xos bo'lgan to'liq oziqaviy qiymatga ega ekanligi, balki umuman olganda, sog'liq uchun zararsiz ekanligi tan olinishi mumkin emas. Buni shunday tushuntirish mumkinki, ishlab chiqarilgan mahsulot

tarkibida inson organizmi uchun zararli bo'lgan ba'zi moddalar-ning (masalan, radionuklidlar yoki og'ir metall tuzlari) mavjud bo'lishi va mahsulot qiymatini belgilovchi qator zaruriy kimyoviy birikmalarni (masalan, vitaminlar) bo'lmasligi ko'pgina hollarda uning organoleptik ko'rsatkichlarida hech qanday aks etmaydi. *Ikkinchidan*, mahsulot holatini organoleptik baholash sifatli tavsifga ega bo'lib, uni iste'molchi sog'lig'i uchun zararsizligi yoki oziqaviy to'laqonligi xususida yakuniy xulosa chiqarish, hozirda qator miqdoriy ko'rsatkichlarni (mahsulotda modda miqdorini ma'lum qiymatdan «kam emas» yoki «ko'p emas»ligi) jalb etishni taqozo etadi.

Mikrobiologik uslublarni oziq-ovqat korxonalarida tayyor mahsulotni nazorat etish jarayonidagi ahamiyati ishlab chiqariladigan mahsulot turiga bog'liq bo'ladi.

*Bakteriologik tahlil* tabiatiga ko'ra, sog'liq uchun, ba'zi hollarda esa inson hayoti uchun xavfli bo'lgan patogen (kasallik tug'diruvchi) mikroorganizmlar bilan zararlanishi mumkin bo'lgan xomashyoni qayta ishlash bilan shug'ullanuvchi barcha korxonalar uchun ularni ishlab chiqarish quvvatiga bog'liq bo'lmagan holda majburiy hisoblanadi. Bunda faqat kichik korxonalar uchun xususiy bakteriologik laboratoriyaning bo'lmasligiga va mikrobiologik tahlillarni shartnomaga ko'ra, akkreditatsiya qilingan laboratoriyalarda o'tkazishga ruxsat beriladi. Agar mikrobiologik tahlillar korxonani ishlab chiqarish laboratoriyasida amalga oshirilsa, shuni nazarda tutish joizki, ular faqat tegishli soha mutaxassislari tomonidan o'tkazilishi mumkin. Shunday qilib, mikrobiologik uslublar oziq-ovqat sanoatining qator sohalarida tayyor mahsulotni tahlil etishda, uni iste'molchilar uchun zararsizligini aniqlashda katta ahamiyatga ega. Ammo mikrobiologik uslublar guruhi bevosita mahsulotlar kimyoviy tarkibini aniqlash bilan bog'liq bo'lgan oziqaviy qiymatni baholashga nisbatan ancha kam ma'lumotlar olinishini ta'minlaydi. Bunday baholashni faqat tayyor mahsulotni fizik-kimyoviy tahlil etish yordamida amalga oshirish mumkin.

*Fizik-kimyoviy tahlil* mahsulotni fizik-kimyoviy xususiyatlarini bevosita tadqiqot etishni, jumladan, undagi foydali hamda zararli elementlar hamda birikmalar miqdorini aniqlashni taqozo etadi.

Organoleptik, mikrobiologik va asosan, fizik-kimyoviy uslublar yordamida aniqlangan ko'rsatkichlar to'plami tahlil etilayotgan mahsulotni oziqaviy qiymati va zararsizligi to'g'risida asosli xulosa chiqarish imkonini beradi. Oziqaviy qiymat va zararsizlik har bir oziq-ovqat mahsulotining asosiy sifat mezoni hisoblanadi.

## 1.2. Oziq-ovqat mahsulotlarining oziqaviy va energetik qiymati

Oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqarish va ovqatlanishni tashkil etish bilan bog'liq bo'lgan amaliy ishda oziqaviy, biologik va energetik qiymat kabi tushunchalar mavjud. Ushbu tushunchalar oziq-ovqat mahsulotlarining kimyoviy tarkibiga bog'liq holda foydaliligini tavsiflaydi va alohida oziqaviy moddalarning inson organizmidagi metabolik o'zgarishlari xususiyatlariga asoslanadi.

«Oziqaviy qiymat» umumiy tushuncha hisoblanadi. U mahsulotni, undagi qator moddalar miqdorini baholash bilan bog'liq bo'lgan, foydali xususiyatlarining to'liq ko'lamini aks ettiradi. «Biologik qiymat» va «energetik qiymat» ko'proq xususiy tushunchalar hisoblanadi.

Ma'lumki, oziq-ovqat bilan inson organizmining normal faoliyati uchun zarur bo'lgan kimyoviy moddalar kelib tushadi. Bu moddalar organizmni energetik sarflar tiklanishini ta'minlab, yangi hujayra strukturalarini qurish manbalari sifatida xizmat qiladi. Bular jumlasiga, muhim hayotiy funksiyalarni rostdashning murakkab jarayonlarida ishtirok etuvchi birikmalar ham tegishlidir. Shuni ta'kidlash lozimki, inson organizmida ushbu moddalarni (suv, mineral tuzlar, ba'zi pastmolekular organik birikmalardan tashqari) oziq-ovqat mahsulotlarida mavjud bo'lgan shakllari sifatida foydalanilishi kuzatilmaydi. Dastlab ularni ovqat hazm qilish traktida mayda strukturali komponentlarga parchalanishi ro'y beradi. So'ngra bu komponentlar turli organ va to'qimalarda kechayotgan reaksiyalarga kirishib, organizm uchun zarur materiallar hosil qiladi. Ammo shunday katta kimyoviy birikmalar guruhi mavjudki, ularni odam organizmi mustaqil ravishda sintez qila olmagan bo'lsa, faqat oziq-ovqat bilan olishi mumkin. Bunday moddalar *essensial* (almashtirilmaydigan), deb nomlangan.

Barcha hayotiy muhim funksiyalarning normal holatini saqlash uchun odam oziq-ovqat bilan doimiy ravishda quyidagi besh asosiy guruh moddalarini olishi kerak:

- oqsillar, yog'lar va uglevodlar;
- almashtirilmaydigan aminokislotalar;
- almashtirilmaydigan yog' kislotalari;
- vitaminlar;
- mineral elementlar.



Oziq-ovqat bilan qabul qilingan *oqsillar* organizmda plastik va energetik funksiyalarni bajaradi. Oqsillar almashtirilmaydigan va almashtiriladigan aminokislotalar manbai hisoblanib, ular organizmning barcha oqsillarini, shuningdek, ko'pgina boshqa biomolekulalarni biosintez qilinishida qurish materiali sifatida foydalaniladi. Aminokislotalarni uglevod skletini oksidlanish jarayonlari energiya ajralishi bilan kechadi va u organizmni umumiy energetik zaxirasida muhim hissa hisoblanadi. Oziq-ovqat bilan kelib tushgan 1 g oqsilning oksidlanishi natijasida (oqsilning o'rtacha hazm bo'lishi taxminan 84,5 % ekanligi hisobga olinganda) taxminan 4 kkal energiya ajraladi. Inson organizmining oqsillarga bo'lgan o'rtacha kunlik ehtiyoji 85—90 g.ni tashkil qiladi.

1 g uglevodning oksidlanishida oqsillardagi kabi energiya (taxminan 4 kkal) ajralib chiqsa-da, uglevodlarning organizmda parchalanishi energiya asosiy qismini hosil qilinishi bilan kechadi. Bu holatni ovqatlanish ratsionida uglevodli mahsulotlar ulushining yuqoriligi bilan izohlash mumkin. Uglevodlar energetik almashinuvda ishtirok etishidan tashqari, ko'pgina hujayra strukturalarini biosintez qilinishida asosiy moddalar sifatida muhim ahamiyatga ega. Uglevodlar sinfiga oziqaviy tolalar: kletchatka, pektin, gemilselluloza va boshqalar ham tegishlidir. Oziqaviy tolalar odam organizmida hazm qilinmasligi va metabolizmida ishtirok etmasligiga qaramasdan, oziq-ovqatni fiziologik muhim komponentlari hisoblanadi, chunki ular ichak devorlarining normal qisqarishida, shuningdek, zahar va toksinlarni sorbsiya qilinishida o'ta zarurdir. Odamni uglevodlarga bo'lgan o'rtacha kunlik ehtiyoji 400—500 g.ni tashkil etadi.

Oziq-ovqatlardagi hayvonlar yog'i va o'simlik moylari (triglitsidlar) asosiy energiya manbai hisoblanadi. Yog'larning o'rtacha hazm bo'lishi 94 % ni tashkil etishini hisobga olgan holda oziq-ovqatdagi 1 g yog'ning oksidlanishida ajralayotgan energiya 9 kkal.ni tashkil etishi aniqlangan. Bundan tashqari, yog'lar xolesterin va boshqa steroidlarni sintez qilinishi uchun uglerod atomlari manbayidir. Organizmning yog'larga bo'lgan kunlik ehtiyoji 80—100 g.ni tashkil etadi.

*Almashtirilmaydigan aminokislotalar* oqsil molekulalarini hosil bo'lishida ishtirok etadigan 20 ta tabiiy aminokislotalardan 8 tasi odam organizmida sintez qilinmaydi va almashinmaydi. Bular: lizin, treonin, triptofan, metionin, fenilalanin, leysin, izoleysin va valin. Bu aminokislotalarning barchasi organizmga oqsillar tarkibida kelib tushadi. Ularga hayvon oqsillari juda boy. Almashi-

nuvning normal darajasi uchun talab qilinadigan almashtirilmaydigan va almashtiriladigan aminokislotalar o'zaro nisbati o'simlik va hayvon oqsillarini oziq-ovqatdagi 9:10 nisbatida kuzatiladi.

*Almashtirilmaydigan yog' kislotalari.* Almashtirilmaydigan yog' kislotalariga tarkibida  $-CH=CH-CH_2-CH=CH$  guruhi mavjud bo'lgan to'yinmagan kislotalar tegishlidir. Ushbu kislotalar hujayra membranalarini qurish uchun zarur. Ulardan eng ma'lumlari linolat va linoleant kislotalari bo'lib, ular zig'ir, soya, chigit va boshqa o'simlik moylarida va ba'zi fosfolipidlarda uchraydi. Almashtirilmaydigan yog' kislotalari organizmga o'simlik asosidagi oziq-ovqat mahsulotlaridagi yog' va yog'simon moddalar tarkibida kelib tushadi. Oziq-ovqatdagi o'simlik va hayvon yog'larini optimal o'zaro nisbati 3:7 hisoblanadi.

*Vitaminlar.* Vitaminlar organizmda kechadigan murakkab metabolik jarayonlarda ishtirok etib, qator muhim biokimyoviy funksiyalarni bajaradi. Shuni ham ta'kidlash kerakki, biokatalizatorlar, fermentlar ishtirokida organizmda kechadigan ko'pgina reaksiyalar har bir shunday katalitik reaksiyalar uchun ma'lum bo'lgan vitaminlar (kof ferment) ishtirokisiz kechmaydi. Vitaminlar organizm uchun unchalik ko'p bo'lmagan miqdorda zarur bo'ladi. Vitaminlarni organizm uchun zarur bo'lgan miqdorlari milligrammda, hatto mikrogrammda ifodalanadi.

*Mineral (neorganik) moddalar* organizmda turli funksiyalarni bajaradi. Ular suyak va tishlarning strukturaviy komponenti hisoblanib, qon va to'qimalardagi suv-tuz balansini me'yorida saqlashda ishtirok etadi va ko'pgina fermentativ reaksiyalar kechishini rostlaydi. Mineral moddalar makro- va mikroelementlarga bo'linadi. Mikroelementlar (kalsiy, magniy, fosfor va boshq.) organizmga gramm miqdorlarida talab qilinsa, mikroelementlarga (temir, mis, rux va boshq.) bo'lgan talab esa milligramm yoki hatto mikrogrammlarda o'lchanadi.

Shunday qilib, oziq-ovqat mahsulotlarining sifatini baholash va «foydaliligi»ni tavsiflash uchun «oziqaviy qiymat» tushunchasi kiritilgan. Oziqaviy qiymat mahsulot xususiyatlari majmuasi bo'lib, u organizmning oziqaviy moddalar va energiyaga bo'lgan fiziologik ehtiyojlarini qondira olish xususiyatini belgilaydi. Oziqaviy qiymat, avvalo, oziq-ovqat mahsulotining kimyoviy tarkibiga bog'liq.

Mahsulotlar oziqaviy qiymati mahsulotning eng muhim har bir komponentlarini oqilona ovqatlanish tartibiga mos kelishi foizini (integral skor) hisoblash yo'li bilan aniqlanadi.

Oqilona ovqatlanish tartibi 1.1-jadvalda keltirilgan.

## Oqilona ovqatlanish tartibi\*

Oziqaviy moddalar	Kunlik talab	Oziqaviy moddalar	Kunlik talab
Suv, litr	1750—2200	kaliy	2500—5000
Oqsil, g	80—100	xloridlar	5000—7000
jumladan, hayvon oqsillari	50	magniy	300—500
Almashtirilmaydigan aminokislotalar, g		temir	15
tirptofan	1	rux	10—15
leysin	4	marganes	5—10
izoleysin	3—4	mis	2
valin	3—4	kobalt	0,1—0,2
treonin	2—3	molibden	0,5
lizin	3—5	ftoridlar	0,5—1,0
metonin	2—4	yodidlar	0,1—0,2
fenilalanin	3—4	Vitaminlar, mg	
Uglevodlar, g	400—500	C vitamini	50—70
jumladan, kraxmal	400—500	tiamin (B <sub>1</sub> )	1,5—2,0
mono- va disxaridlar	50—100	riboflavin (B <sub>2</sub> )	2,0—2,5
Organik kislotalar (limon, sut va boshq.)	2	pantotenat kislotalasi (B <sub>3</sub> )	5—10
Ballast moddalar (kletchatka, pektin)	25	piridoksin (B <sub>6</sub> )	2—3
Yog'lar, g	80—100	B <sub>12</sub> vitamini	0,002—0,005
jumladan, o'simlik moylari	20—25	niatsin (PP)	15—25
almashtirilmaydigan to'liq to'yinmagan yog' kislotalari	2—6	biotin	0,15—0,30
xolesterin	0,3—0,6	folatsin (B <sub>9</sub> )	0,2—0,4
fosfolipitidlar	5	D vitamini	0,0025—0,01
Mineral moddalar, mg		A vitamini	1,5—2,5

kalsiy	800—1000	E vitamini	10—20
fosfor	1000—1500	K vitamini	0,2—0,3
natriy	4000—6000	Energetik qiymati	
		kkal	2850
		kJ	11900

\* tartib ba'zi qisqartirishlar bilan keltirilgan.

Oqilona ovqatlanish deyilganda, organizmni, nafaqat, yetarli miqdorda energiya, oqsil, yog', uglevodlar, mineral moddalar, vitaminlar va boshqa almashtirilmaydigan ovqatlanish omillari bilan ta'minlanganligi, shuningdek, bu moddalarni oqilona nisbatlarda kelib tushishi ham tushuniladi. Masalan, oqilona ovqatlanish tartibiga ko'ra, oqsil, yog', uglevodlar o'rtasidagi 1:1:4, o'simlik va hayvon yog'lari o'rtasidagi 1:3, kalsiy va fosfor o'rtasidagi 1:1,5÷1,8, kalsiy va magniy o'rtasidagi 1:0,6, oqsil va C vitamini o'rtasidagi 1:1000 (ya'ni 1 g oqsilga 1 mg C vitamini kelib tushishi kerak) va hokazo nisbatlar optimal hisoblanadi.

Integral skorni energiya birliklarida ifodalashda ovqatlanishning eng muhim omillarini hisoblash mahsulotni ma'lum energetik qiymatida 300 kkal (1255 kJ) yoki 1000 kkal (1255 kJ) amalga oshiriladi. Hisoblash uchun 300 kkal (1255 kJ) eng qulay bo'lib, u kunlik energiya sarflarini o'rtacha 10 % ini tashkil etadi.

Integral skorni hisoblash sut misolida keltirilgan bo'lib, uning 100 gramini kimyoviy tarkibi va energetik qiymati 1.2-jadvalda keltirilgan.

1.2-jadval

### Sutning integral skorini hisoblash

Sutning tarkibi	Ovqatlanish omillari miqdori, g		Oqilona ovqatlanish tartibiga mos kelish darajasi
	100 g sut uchun	517 g sut uchun	
Oqsil	2,8	14,5	13,1
Yog'lar	3,2	16,5	20,6
Laktoza	4,7	24,3	6,1
Mineral moddalar, mg			
natriy	50	258,5	6,5

kaliy	146	754,8	30,2
kalsiy	121	625,6	78,2
magniy	14	72,4	24,1
fosfor	91	470,5	47,0
temir	6,1	51,7	344,7
Vitaminlar, mg			
askorbin kislotasi (C)	9	46,5	93
tiamin (B <sub>1</sub> )	0,03	0,155	10,3
riboflavin (B <sub>2</sub> )	0,13	0,672	33,6
niatsin (PP)	0,10	0,517	3,45
A vitamini	0,02	0,103	6,86
Energetik qiymati			
kkal	58	300	
kJ	243	1255	

Jadvaldan 100 g sut 58 kkal (243 kJ) ga mos kelishi ko'rinib turibdi. Demak, 300 kkal (1255 kJ) 517 g sutda mavjud bo'ladi. Shuning uchun, 517 g sutda mavjud bo'lgan oqsil, yog', mineral moddalar va vitaminlar miqdori oqilona ovqatlanish formulasini tegishli ko'rsatkichlari bilan taqqoslanadi va kunlik ehtiyojni qondirish foizi hisoblanadi.

*Energetik qiymat.* Oziq-ovqat mahsulotini energetik qiymati — ushbu mahsulot tarkibiga kiruvchi birikmalarni organizmdagi biologik oksidlanish jarayonida ajralib chiqayotgan energiya miqdorini tavsiflovchi ko'rsatkich hisoblanadi.

Energetik qiymat ko'rsatkichi 100 g mahsulot (uning iste'mol qilinadigan qismi) uchun hisoblanadi va odatda, kilokaloriyalarda ifodalanadi. Inson organizmidagi biologik oksidlanishda yuqorida ta'kidlanganidek, 1 g oqsildan 4 kkal, 1 g yog'dan 9 kkal va 1 g uglevodlardan 4 kkal energiya ajralib chiqadi.

Mahsulotlar energetik qiymatini hisoblash uchun undagi oqsil, yog' va uglevodlar miqdorini tegishli energetik qiymat koeffitsiyentiga ko'paytirish kerak. Retseptura asosida ishlab chiqariladigan mahsulotlar (taomlar, qandolat mahsulotlari va boshq.) energetik qiymatini hisoblash shu mahsulot retsepturasi va uni

ishlab chiqarish texnologik ko'rsatmasiga asoslanadi. Bu holda retsepturada ko'rsatilgan har bir komponentni energetik qiymati va sarfi hisobga olinadi. Retsepturadagi alohida komponentlar energetik qiymatini hisoblash uchun ularni kimyoviy tarkibi, «Химический состав пищевых продуктов» kitobidagi jadvallar asosida aniqlanishi zarur. So'ngra komponentlardagi tegishli oqsil, yog' va uglevodlar miqdori haqidagi ma'lumotlar qo'shiladi. Taomlar energetik qiymatini hisoblashda, ularning kimyoviy tarkibi borasida olingan ma'lumotlarga oziq-ovqat mahsulotlariga pazandalik ishlov berishdagi oziqaviy moddalarni yo'qolish tuzatishlari kiritiladi. Oziqaviy moddalarni yo'qolish tuzatishlari aralash ovqatlanish ratsionida o'rtacha oqsillar uchun 6 %, yog'lar uchun 12 % va uglevodlar uchun esa 9 % qabul qilinadi. Bu holda energetik qiymatni hisoblash quyidagi formula bo'yicha amalga oshiriladi:

$$X=4(B-B_1)+9(J-J_1)+4(U-U_1),$$

bu yerda,  $X$  — taom, ovqatlanish ratsionini energetik qiymati, kkal;  $B, J, U$  — tegishli oqsil, yog' va uglevodlarning taom, ovqatlanish ratsionidagi miqdori, g;  $B_1, J_1, U_1$  — pazandalik ishlov berishda taomdagi tegishli oqsil, yog' va uglevodlarning yo'qotishlari, g; 4, 9, 4 — tegishli oqsil, yog' va uglevodlarning energetik qiymati koeffitsiyentlari, kkal.

Ba'zi oziq-ovqat mahsulotlarining oziqaviy va energetik qiymatlari 1.3-jadvalda keltirilgan.

Quyida yog'liligi 3,2 % bo'lgan pasterlangan sutning energetik qiymatini hisoblash tartibi keltirilgan. 1.3-jadvalga ko'ra, 100 g pasterlangan sutda 3,2 g yog', 2,8 g oqsil va 4,7 g laktoza mavjud. U holda bu komponentlarning energetik qiymatlari quyidagini tashkil qiladi:

- yog' uchun  $3,2 \times 9=28,8$  kkal;
- oqsil uchun  $2,8 \times 4=11,2$  kkal;
- laktoza uchun  $4,7 \times 4=18,8$  kkal.

Demak, 100 g pasterlangan sutning energetik qiymati quyidagini tashkil qiladi:

$$28,8+11,2+18,8=58,8 \text{ kkal.}$$

## Ba'zi oziq-ovqat mahsulotlarining oziqaviy va energetik qiymati

Mahsulot	Suv, g	Oqsil, g	Yog', g	Mono- va disaxaridlar	Kraxmal, g	Kletchatka, g	Kul, g	Mineral moddalar, mg						Vitaminlar, mg				Energetik qiymat, kkal/100
								Na	K	Ca	Mg	P	Fe	$\beta$ -karotin	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	PP	
Oliy navli bug'doy uni	14,0	10,3	1,1	0,2	68,7	0,1	0,5	3	122	18	16	86	1,2	—	0,17	0,04	1,20	334
I navli bug'doy uni	14,0	10,6	1,3	0,5	67,1	0,2	0,7	4	175	24	44	115	2,1	iz.	0,25	0,08	2,20	331
II navli bug'doy uni	14,0	11,7	1,8	0,9	62,8	0,6	1,1	6	251	32	73	184	3,9	0,01	0,37	0,12	4,55	324
Makkajo'xori uni	14,0	7,2	1,5	1,3	68,9	0,7	0,8	—	—	—	—	—	—	0,2	0,40	0,13	1,80	330
Shakar	0,14	—	—	99,8	—	—	0,03	1	3	2	iz.	iz.	0,3	—	—	—	—	379
Kartoshka kraxmali	20,0	0,1	iz.	iz.	79,6	iz.	0,3	6	15	40	iz.	77	iz.	—	—	—	—	327
Makkajo'xori kraxmali	13,0	1,0	0,6	iz.	85,2	iz.	0,2	30	—	17	1	20	iz.	—	—	—	—	359
Yog'liligi 3,2 % past-terlangan sut	88,5	2,80	3,2	4,70	—	—	0,7	50	146	120	14	90	0,060	0,02	0,04	0,15	0,10	58
Yog'liligi 2,5 % past-terlangan sut	89,1	2,82	2,5	4,73	—	—	0,7	50	146	120	14	90	0,060	0,01	0,04	0,15	0,10	52
Germetik qadoqlangan, quruq yog'li sut	4,0	26,0	25,0	37,5	—	—	6,0	400	1200	1000	119	790	0,5	0,10	0,27	1,30	0,70	476

Germetik qadoqlan- gan, yog'siz quruq sut	4,0	37,9	1,0	49,3	—	—	6,8	442	1224	1155	160	920	0,5	sl.	0,30	1,80	1,20	350
Quyultirilgan, shakarli sut	26,0	7,2	8,5	12,5	—	—	1,8	130	365	307	34	219	0,2	0,04	0,06	0,38	0,20	320
Tuzlanmagan sariyog'	16,0	0,5	82,5	0,8	—	—	0,2	7	15	12	0,4	19	0,2	0,38	iz.	0,10	iz.	748
Golland pishlog'i	40,5	26,0	26,8	—	—	—	4,7	1100	100	1040	50	540	0,2	0,17	0,03	0,38	0,20	352
Rafinatsiyalangan kun- gaboqar moyi	0,1	—	99,9	—	—	—	iz.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	899
Rafinatsiyalangan paxta moyi	0,1	—	99,9	—	—	—	iz.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	899
Kartoshka	76,0	2,0	0,4	1,3	15,0	1,0	1,1	28	568	10	23	58	0,9	0,02	0,12	0,07	1,30	80
Piyoz	86,0	1,4	—	9,0	0,1	0,7	1,0	18	175	31	14	58	0,8	iz.	0,05	0,02	0,20	41
Sariq sabzi	89,0	1,3	0,1	6,0	0,2	0,8	0,7	30	234	46	26	40	0,6	1,10	0,10	0,02	1,00	30
Anjir	82,0	0,7	0,2	11,2	iz.	2,5	1,1	18	190	—	—	—	3,2	0,05	0,06	0,05	0,50	49
Shaftoli	86,0	0,9	0,1	9,5	iz.	0,9	0,6	30	363	20	16	34	0,6	0,50	0,04	0,08	0,70	43
I kategoriyali qo'y go'shti	67,3	15,6	16,3	—	—	—	0,8	80	270	9	20	168	2,0	—	0,08	0,14	3,8	209
I kategoriyali mol go'shti	64,5	18,6	16,0	—	—	—	0,9	65	325	9	22	188	2,7	—	0,06	0,15	4,7	218
Mol go'shti kolbasasi	70,0	15,0	11,7	—	—	—	3,3	959	281	23	21	209	3,5	—	0,06	0,13	3,50	165
Tovuq tuxumi	74,0	12,7	11,5	0,7	—	—	1,0	134	140	55	12	192	2,5	—	0,07	0,44	0,19	157
Shi konsentrati	11,0	8,4	15,8	20,0	20,5	7,0	16,0	4813	1206	261	87	194	5,7	—	—	—	—	338
Palov konsentrati	10,0	13,9	14,7	8,6	44,6	1,9	4,6	1870	348	74	42	194	2,7	—	—	—	—	406



### 1.3. Oziq-ovqat mahsulotlarining zararsizligi

Hozirgi vaqtda oziq-ovqat mahsulotlari assortimentini uzluksiz kengayishi, ovqatlanish xarakterini o'zgarishi, oziq-ovqat mahsulotlarini ishlab chiqarish, saqlash va taqsimlashda yangi texnologik jarayonlarning tatbiq etilishi, ko'p miqdorda turli kimyoviy birikmalar ishlatilishi va boshqalar ro'y bermoqda. Bularning hammasi ko'pincha inson organizmi uchun befarq emas. Toksik moddalarning oziq-ovqat mahsulotlariga kelib tushishi nuqtayi nazaridan ma'lum xavflarni atrof-muhitning sanoat chiqindilari bilan ifloslanilishi, shuningdek, qishloq xo'jaligida kimyoviy vositalar ishlatilishini o'sib borishi yuzaga keltirmoqda.

Oziq-ovqat mahsulotlari bilan bog'liq turli xavflarni bir necha guruhlarga birlashtirish mumkin. Har bir guruhdagi xavf-xatar uch asosiy mezon: og'irligi, qaytarilish chastotasi va effektning yuzaga kelishi vaqti asosida baholanadi. Xavfning og'irligi kuchsiz namoyon bo'lgan va vaqtinchalik noxushlikdan jiddiy qaytuvchan, hattoki qaytmas oqibatlargacha (jumladan, o'lim holati ham) o'zgaradigan effekt turi bilan bog'langan. Qaytarilish chastotasi ushbu effektни paydo bo'lishi holatlarining soni yoki intensivligiga tegishli. Xavfning yuzaga kelishi vaqti esa xavf ta'siridan keyin effektни paydo bo'lishi vaqtini ko'rsatadi.

Ushbu xavf-xatar mezonlarini miqdoriy baholash bir xil qiynchiliklar bilan kechmaydi. Ba'zi hollarda inson organizmini bevosita kuzatish mumkin, ko'pgina hollarda esa epidemiologik tadqiqotlar, laboratoriya hayvonlaridagi tajribalar va boshqa tahlil tizimlariga asoslangan ma'lumotlar mavjud bo'ladi.

Xavf-xatar mezonlaridan foydalanib, xavf turlari besh sinfga guruhlangan, xavf-xatarlarning minimaldan maksimalgacha bo'lgan quyidagi taqsimlanishini hosil qilish mumkin:

- kelib chiqishi mikroblı bo'lgan xavflar;
- oziqaviy moddalar xavflari;
- tashqi muhit tomonidan ifloslanish bilan bog'liq bo'lgan xavflar;
- kelib chiqishi tabiiy bo'lgan xavflar;
- oziqaviy qo'shimchalar va bo'yoqlar xavflari.

Oziq-ovqat mahsulotlari ko'pgina kasalliklarning patogen va toksigen agentlarini tashuvchilari hisoblanishi mumkin. Oziq-ovqat mahsulotlari iste'mol qilinishi bilan bog'liq kasalliklar

qo'zg'atuvchilari o'zlarining turli-tumanligi bilan tavsiflanadi. Ularning ba'zilarini ta'siri oziq-ovqat mahsulotlarini iste'mol qilishga qadar, unda mikroorganizmlarni rivojlanishida hosil bo'lgan toksik metabolitlar bilan belgilanadi (masalan, stafilokokkli oziqaviy zaharlanishlar va botulizm). Boshqalarining ta'siri esa tirik mikroorganizmlarga ega bo'lgan mahsulotlar iste'mol qilinishidan kelib chiqadi (masalan, salmonellalar). Ba'zi hollarda ko'p miqdorda tirik mikroorganizmlar iste'mol qilinganda, ularning ovqat hazm qilish traktida sporalar hosil qilishi va toksin ajralishi kuzatiladi.

Mikroorganizmlar keltirib chiqaradigan oqibatlar og'irligi vaqtinchalik noxushlikdan, botulizmdagi o'tkir toksik effektgacha o'zgarishi mumkin. Ushbu kasalliklarning qaytarilishi chastotasi yil davomida bir necha ming holatlarni tashkil etishi mumkin.

Oziqaviy omillar bilan bog'liq bo'lgan oziq-ovqat mahsulotlarining xavflari oziqaviy moddalar yetishmasligi va me'yoridan yuqoriligi nuqtayi nazaridan qaralishi mumkin. Oziqaviy moddalarni yetishmasligi singa, pellagra, raxit, beri-beri kabi kasalliklarni yuzaga keltirishi ma'lum. Ammo oziqaviy moddalarni, jumladan, yog'da eruvchi vitaminlarni va ba'zi mikroelementlarni me'yoridan yuqoriligi ham zararli. Bu muammolardan tashqari yomon ovqatlanish bilan bog'liq turli masalalar ham mavjud. Masalan, yomon ovqatlanish natijasida organizmning yuqumli kasalliklarga, oziq-ovqat mahsulotlari keltirib chiqargan kasalliklarga, shuningdek, atrof-muhitdagi ifloslanishlar ta'siriga yuqori moyilligi yuzaga keladi. Bundan tashqari, hozirgi paytda vitaminlar, mikroelementlar va boshqa moddalarning ko'p miqdorda qabul qilinishini odam sog'lig'iga salbiy ta'sir qilishi haqida ham ma'lumotlar mavjud. Oziqaviy moddalar xavflarining qaytarilish chastotasini miqdoriy belgilash ancha qiyin. Shuni ta'kidlash mumkinki, oziqaviy moddalar yetishmasligi, vitaminlar va mineral moddalar toksikligi bilan bog'liq kasalliklarning yuzaga kelish holatlari unchalik yuqori emas.

Tashqi muhitdan kelib tushadigan ifloslanishlarga mikroelementlar, metall organik birikmalar (mishyak, simob, kadmiy, qo'rg'oshin va qalay) va qator organik birikmalar (polixlordifenollar, pestitsidlar) tegishli. Tashqi muhitdan kelib tushayotgan ifloslanishlar oziqaviy zanjirga bioakkumulatsiya qilinishi va biotransformatsiyaga uchrab, toksiklikni oshirishi mumkin. Ushbu xavflar og'irligi ularning ta'sir muddati va darajasiga ko'ra, keng

chegaralarda o'zgaradi. Tashqi muhitdan kelib tushayotgan ifloslanishlar effektining paydo bo'lish chastotasini miqdoriy baholash qiyin. Buni faqat bilvosita, ya'ni toksiklik haqidagi ma'lumotlarni ushbu moddalarning oziq-ovqat mahsulotlarida aniqlashda olingan ekspozitsiya ma'lumotlari bilan solishtirish orqali ifodalash mumkin.

Tabiiy sharoitda oziq-ovqat mahsulotlarida mavjud bo'lgan bir necha yuz ming birikmalarni qisman kelib chiqishi mikroblil moddalarga va qisman tashqi muhitdan kelib tushayotgan ifloslanishlar guruhiga tegishli, deb topilishi mumkin. Ammo ularning oziq-ovqat mahsulotlaridagi muhim ahamiyatini hisobga olgan holda alohida xavf guruhiga jamlash ma'quldir. Bunday moddalarning unchalik katta bo'lmagan qismi ma'lum bo'lib, ularning ichida ham o'tkir va surunkali toksik ta'sirga ega bo'lgan birikmalar mavjud.

Bu birikmalarga o'simlik mahsulotlarida uchraydigan moddalarning katta sinfi tegishli (shpinatdagi oksalatlar, kartoshkadagi glikoalkaloidlar, zamburug' zaharlari va boshq.). Bu moddalarga, shuningdek, mikroelementlar va zamburug'lar bilan zararlanishga moyil bo'lgan don va boshqa mahsulotlarda uchraydigan toksikologik muhim mikotoksinlar ham tegishli (masalan, aflatoksinlar, oxratoksinlar, patulin, zearolenon va boshq.). Kelib chiqishi tabiiy bo'lgan boshqa muhim ifloslanishlarga pirolizidinli alkaloidlar va kosalilarni falaj etuvchi zahari tegishli. Bundan tashqari, mahsulotlarni saqlash, ishlov berish va tayyorlashda ham ko'pgina birikmalar (masalan, nitrozoaminlar, ko'p yadroli aromatik uglevodorodlar) hosil bo'lishini ta'kidlash zarur.

Zararlanishning og'irligi nuqtayi nazaridan bu birikmalar sinfi yuqori toksik moddalar, shuningdek, kuchli kansoregenlarga ega. Ushbu komponentlar ta'sirida kuzatiladigan effektlarning paydo bo'lish chastotasini aniq o'lchash qiyin, ammo oziq-ovqat mahsulotlarida aflatoksinlarni mavjud bo'lishi, ularga nisbatan diqqatni qaratish zarurligini taqozo etadi.

Oziqaviy qo'shimchalar va bo'yoqlar sinfi 2000 dan ortiq to'g'ridan to'g'ri, 1000 ga yaqin bilvosita solinadigan qo'shimchalarni qamrab oladi. Ammo ko'pgina bilvosita qo'shimchalar, ehtimol yakuniy mahsulotlarda saqlanib qolinmaydi. Ushbu kategoriyaga qishloq xo'jaligi hayvonlari ratsioniga kiruvchi bir necha yuz dorivor preparatlarni ham kiritish zarurdir.

Ko'pgina to'g'ridan to'g'ri solinadigan oziqaviy qo'shimchalar umumqabul qilingan xavfsiz moddalar hisoblanadi. Bu moddalar, asosan, ziravorlar va ta'm beruvchi moddalar bo'lib, ularning ba'zilari, masalan, osh tuzi va qator ziravorlar ming yillar davomida ishlatilib kelinmoqda. Shuni ta'kidlash lozimki, umumqabul qilingan xavfsiz moddalarning 90 % i odamlar tomonidan iste'mol qilinganda, ular uchun unchalik xavfli emas. Bilvosita qo'shimchalar ishlab chiqarishdagi ishlov berish va qadoqlashda ishlatiladi va oziq-ovqat mahsulotlariga tushishi mumkin. Bu qo'shimchalar ko'p sonli guruhni tashkil etadi va ular mahsulotlarda mavjud bo'lgan hollarda ham ularning miqdori juda kam. Ushbu guruh komponentlarini xavf-xatar mezonlari bo'yicha tadqiqot o'tish, ularning unchalik yuqori bo'lmagan xavf darajasidan dalolat beradi.

Shunday qilib, yuqorida keltirilgan oziq-ovqat mahsulotlari bilan bog'liq xavflarning tahlili xavfsizlik tushunchasiga ta'rif berishga imkon beradi. Oziq-ovqat mahsulotlarining xavfsizligi, ushbu mahsulotlarni oddiy foydalanish sharoitlarida xavfsizligi, hozirgi va kelajak avlodlar sog'lig'i uchun xavf tug'dirmasligi to'g'risidagi asoslangan ishonchli holatdir.

Yuqorida keltirilgan xavflar tahlili shuni ko'rsatadiki, oziq-ovqat mahsulotlari iste'mol qilinganida odam sog'lig'i uchun eng yuqori xavf, asosan, mahsulot tarkibida zararli kimyoviy birikmalar borligi va uni kasallik tug'diruvchi mikroorganizmlar bilan zararlanganligi bilan bog'liq bo'ladi. Oziq-ovqat mahsulotlari iste'molchilari sog'lig'i uchun toksik elementlar (qo'rg'oshin (*Pb*), mishyak (*As*), kadmiy (*Cd*) va simob (*Hg*)), mikotoksinlar (aflotoksin *B<sub>1</sub>*, dezoksinivalenol), pestitsidlar ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -geksaxlorsiklogeksan, DDT va uni metabolitlari) va radionuklidlar (seziy — 137, stronsiy — 90) eng xavfli hisoblanadi. Iste'molchilar uchun xavfsiz, deb tan olingan mahsulotda yuqorida qayd etilgan barcha kimyoviy elementlar va birikmalarni miqdori sanitariya-epidemiologiya nazorati organlari tomonidan belgilangan yo'l qo'yiladigan me'yorlardan oshmasligi lozim. Ishlab chiqarilgan mahsulotni ushbu me'yorlarga mos kelishi Davlat sanitariya-epidemiologiya xizmati organlari tomonidan nazorat qilinadi.

Quyida ba'zi oziq-ovqat mahsulotlarini sanitar xavfsizlik me'yorlari va mikrobiologik ko'rsatkichlariga qo'yiladigan talablar keltirilgan (1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9-jadvallar).

## Sut va sut mahsulotlarining xavfsizlik me'yorlari

Mahsulotlar guruhi	Ko'rsatkichlar	Yo'l qo'yiladigan darajalari, mg/kg, ko'p emas	Izoh
1. Sut, qaymoq, ayron, zardob, qatiq mahsulotlari, smetana, sut asosidagi iehimliklar	Toksik elementlar:		
	qo'rg'oshin	0,1	
	mishyak	0,05	
	kadmiy	0,05	
	simob	0,005	
	mis	1,0	
	ruх	5,0	
	Mikotoksinlar: aflotoksin M <sub>1</sub>	0,0005	
	Antibiotiklar:		
	levomitsitin	yo'l qo'yilmaydi	< 0,01
	tetrosiklik guruhi	yo'l qo'yilmaydi	<0,01 birlik/g
	streptomitsin	yo'l qo'yilmaydi	<0,5 birlik/g
	penitsillin	yo'l qo'yilmaydi	<0,01 birlik/g
	Ingibrlovchi moddalar:	yo'l qo'yilmaydi	xom sut va qaymoq
	Pestitsidlar:		
	geksaxlorsiklogeksan ( $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ izomerlari)	0,05	Sut, ayron, zardob, sut, qatiq mahsulotlari
			Qaymoq, smetana
	DDT va uning metabolitlari	0,05	Sut, ayron, zardob, sut, qatiq mahsulotlari
			Qaymoq, smetana
	Radionuklidlar:		
seziiy-137	100	Bk/l	
stronsiy-90	25	Bk/l	

## Sut va sut mahsulotlarining mikrobiologik ko'rsatkichlari

Mahsulotlar guruhi	КМАФАИМ* КОЕ/г, ko'p emas	Yo'l qo'yilmaydigan mahsulot massasi (g/sm <sup>3</sup> )		Izoh
		БГКП**	Patogen, jumladan, salmonellalar	
1. Xom sut:				
oliy nav	3·10 <sup>5</sup>	—	25	Somatik hujayralar 1 sm <sup>3</sup> .da 5·10 <sup>5</sup> dan ko'p emas
1-nav	5·10 <sup>5</sup>	—	25	Somatik hujayralar 1 sm <sup>3</sup> .da 1·10 <sup>6</sup> dan ko'p emas
2-nav	4·10 <sup>6</sup>	—	25	Somatik hujayralar 1 sm <sup>3</sup> .da 1·10 <sup>6</sup> dan ko'p emas
2. Pasterlangan sut, zardob, ayron:				
iste'mol idishlari	1·10 <sup>5</sup>	0,01	25	1 sm <sup>3</sup> .da <i>S. aureus</i> ga yo'l qo'yilmaydi; 25 sm <sup>3</sup> .da <i>L. monocytogenes</i> ga yo'l qo'yilmaydi
flaga va sisternalarda	2·10 <sup>5</sup>	0,01	25	1 sm <sup>3</sup> .da <i>S. aureus</i> ga yo'l qo'yilmaydi; 25 sm <sup>3</sup> .da <i>L. monocytogenes</i> ga yo'l qo'yilmaydi
3. Pasterlangan qaymoq:				
iste'mol idishlari	1·10 <sup>5</sup>	0,01	25	1 sm <sup>3</sup> .da <i>S. aureus</i> ga yo'l qo'yilmaydi; 25 sm <sup>3</sup> .da <i>L. monocytogenes</i> ga yo'l qo'yilmaydi
flaga va sisternalarda	2·10 <sup>5</sup>	0,01	25	1 sm <sup>3</sup> .da <i>S. aureus</i> ga yo'l qo'yilmaydi; 25 sm <sup>3</sup> .da <i>L. monocytogenes</i> ga yo'l qo'yilmaydi

\* aerob fakultativ anaerob va mezofil mikroorganizmlar miqdori;

\*\* ichak tayyoqchalari guruhi bakteriyalari.

## Meva va sabzavot mahsulotlarining xavfsizlik me'yorlari

Mahsulotlar guruhi	Ko'rsatkichlari	Yo'l qo'yiladigan darajalari, mg/kg, ko'p emas	Izoh
I. Yangi va muzlatilgan sabzavotlar, kartoshka, mevalar, zamburug'lar	Toksik elementlar:		
	qo'rg'oshin	0,5	
		0,4	Mevalar
	mishyak	0,2	
		0,5	Zamburug'lar
	kadmiy	0,05	
	simob	0,02	
		0,05	Zamburug'lar
	mis	0,5	
	rux	0,02	
	Nitratlar:		
	kartoshka	250	
	karam (1 sentabgacha)	900	
	kechki karam	500	
	sabzi (1 sentabgacha)	400	
	kechki sabzi	250	
	pomidor	150	
		300	Himoyalovchi tuproq
	bodring	150	
		400	Himoyalovchi tuproq
	oshxona lavlagisi	1400	
	ko'k piyoz	80	
	tarvuz	60	
	qovun	90	
	Pestitsidlar:		
	geksaxlorsiklogeksan ( $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ izomerlari)	0,1	Kartoshka, qandlavlagisi
		0,5	Sabzavotlar, zamburug'lar
0,05		Mevalar, uzum	

	DDT va uning metabolitlari	0,1	
	Radionuklidlar:		
2. Kartoshka, topinambur	seziiy-137	120	Bk/kg
	stronsiy-90	40	Bk/kg
3. Sabzavotlar	seziiy-137	120	Bk/kg
	stronsiy-90	90	Bk/kg
4. Mevalar, uzum	seziiy-137	40	Bk/kg
	stronsiy-90	30	Bk/kg

1.7-jadval

### Meva va sabzavot mahsulotlarining mikrobiologik ko'rsatkichlari

Mahsulotlar guruhi	КМАФАНМ КОЕ/г, ko'p emas		Yo'l qo'yilmaydigan mahsulot massasi (g/sm <sup>3</sup> )		Achtiqilar, КОЕ/г, ko'p emas	Zamburug'lar, КОЕ/г, ko'p emas	Izoh
	БГКП	Patogen, jumladan, salmone'llalar					
1. Yangi va muzlatilgan sabzavotlar, kartoshka va ularni qayta ishlash mahsulotlari							
Yangi, butun blansirovka qilingan, tez muzlatilgan sabzavotlar	1·10 <sup>4</sup>	1,0	25		1·10 <sup>2</sup>	1·10 <sup>2</sup>	25 g mahsulotda <i>L. monocyogenes</i> ni yo'l qo'yilmaydi
Ko'k va bargli, tez muzlatilgan sabzavotlar	5·10 <sup>5</sup>	0,01	25		5·10 <sup>2</sup>	5·10 <sup>2</sup>	25 g blansirovka qilingan mahsulotda <i>L. monocyogenes</i> ni bo'lishiga yo'l qo'yilmaydi
Kartoshka asosidagi tez muzlatilgan yarimtayyor mahsulotlar	4·10 <sup>4</sup>	0,01	25		1·10 <sup>3</sup>	—	
Sabzavotli pyuresimon yarimtayyor mahsulotlar	5·10 <sup>4</sup>	0,1	25		2·10 <sup>2</sup>	2·10 <sup>2</sup>	1 g mahsulotda sulfit redutsiya qiluvchi klostridiyalar bo'lishiga yo'l qo'yilmaydi



2. Tez muzlatilgan mevalar va ularni qayta ishlash mahsulotlari

Tez muzlatilgan, silliqliq danakli va urug'li mevalar	$5 \cdot 10^5$	0,1	25	$2 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^3$	
Tez muzlatilgan, vakuum ostida qadoqlangan, butun, yangi mevalar	$5 \cdot 10^4$	0,1	25	$2 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^2$	
Ezilgan yoki maydalangan, tez muzlatilgan mevalar	$1 \cdot 10^5$	0,01	25	$5 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$	

1.8-jadval

Don, un, yorma va non mahsulotlarining xavfsizlik me'yorlari

Mahsulotlar guruhi	Ko'rsatkichlar	Yo'l qo'yiladigan darajalari, mg/kg, ko'p emas	Izoh
1. Donlar, jumladan, bug'doy, qora bug'doy, arpa, tariq, guruch, makkajo'xori	Toksik elementlar:		
	qo'rg'oshin	0,5	
	mishyak	0,2	
	kadmiy	0,1	
	simob	0,03	
	mis	10,0	
	rux	50	
	Mikotoksinlar:		
	aflotoksin B <sub>1</sub>	0,005	Bug'doy
	dezoksinivanlenol	0,7	Arpa
	T-2 toksin	1,0	
	oxratoksinlar	0,005	
	zearalenop	0,1	
	Pestitsidlar:		
	geksaxlorciklogeksan ( $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ izomerlari)	0,5	
	DDT va uning metabolitlari	0,02	
	geksaxlorbenzol	0,01	Bug'doy
simoborganik pestitsidlar	Yo'l qo'yilmaydi		

	2,4 D kislota, uning tuzlari, efirlari	Yo'l qo'yilmaydi	
	Radionuklidlar:		
	seziiy-137	70	Bk/kg
	stronsiy-90	40	Bk/kg
	Zararli qo'shilmalar:		
	sporinya	0,05	
	fuzarioz donlar	1,0	Qora bug'doy, bug'doy, arpa
	pushti rangli donlar	3,0	Qora bug'doy
	yorqin, sariq- yashil fluoretsen- siyali donlar- ning mavjudligi	0,1	Makkajo'xori
	ifloslanganligi va zararkunandalar bilan zararlan- ganligi	15,0	Tirik va o'lik zararkunandalarni umumiy zichligi, ekz/kg, ko'p emas
2.Yorma, talqon	Toksik elementlar:		
	qo'rg'oshin	0,5	
	mishyak	0,2	
	kadmiy	0,1	
	simob	0,03	
	mis	10,0	
	ruх	50,0	
	Mikotoksinlar:		
	aflotoksin (B <sub>1</sub> )	0,005	
	dezoksinivan- lenol	0,7	Bug'doy
		1,0	Arpa
	T-2 toksin	0,1	
	oxratoksinlar	0,003	
	zearalenop	0,2	Bug'doy, arpa, makkajo'xori
	Pestitsidlar	1.8-jadvalning 1-bandiga mos	
	Radionuklidlar:		
	seziiy-137	50	Bk/kg

	stronsiy-90	30	Bk/kg
	ifloslanganligi va zararkunandalar bilan zararlanganligi	Yo'l qo'yilmaydi	
3. Non-kulcha mahsulotlari	Toksik elementlar:		
	qo'rg'oshin	0,35	
	mishyak	0,15	
	kadmiy	0,07	
	simob	0,015	
	mis	5,0	
	rux	25,0	
	Mikotoksinlar:		
	zearalenop	0,2	Bug'doy, makka-jo'xori, arpa unlari
	Qolganlari	1.8-jadvalning 1-bandiga mos	
	Pestitsidlar	1.8-jadvalning 1-bandiga mos	
	Radionuklidlar:		
	seziy-137	60	Bk/kg
stronsiy-90	20	Bk/kg	

1.9-jadval

### Don, un, yorma va non mahsulotlarining mikrobiologik ko'rsatkichlari

Mahsulotlar guruhi	КМАФАМ КОЕ/g. ko'p emas	Yo'l qo'yilmaydigan mahsulot massasi (g/sm <sup>3</sup> )					Izoh
		БГКП	Patogen, jumladan, salmonellalar	<i>Proteus</i> jinsidagi bakteriyalar	<i>S. aureus</i>	Zamburug'lar, КОЕ/g, ko'p emas	
1. Non-kulcha mahsulotlari (jumladan, pirog, meva, sabzavotli quy-moqlar)	1·10 <sup>3</sup>	1,0	25	—	1,0	50	

2. Suzma, pishloq solingan non-kulcha mahsulotlari	$1 \cdot 10^3$	1,0	25	0,1	1,0	50	
3. Qaymoq kremli non-kulcha mahsulotlari	$5 \cdot 10^3$	0,01	25	—	1,0	50	

## NAZORAT SAVOLLARI

1. Oziq-ovqat mahsulotlarining sifatini baholashda qanday usullar ishlatiladi?
2. Organoleptik (sensorli) tahlil nima?
3. Bakteriologik tahlil nima?
4. Oziq-ovqat mahsulotlarining oziqaviy qiymati qanday moddalarni mavjud bo'lishi bilan belgilanadi?
5. Oziq-ovqat mahsulotlarini integral skori qanday hisoblanadi?
6. Oziq-ovqat mahsulotining energetik qiymatini hisoblash tartibini tushuntiring.
7. Oziq-ovqat mahsulotlari bilan bog'liq xavflarning turlari.
8. Oziq-ovqat mahsulotlari qanday xavfsizlik ko'rsatkichlari bo'yicha me'yorlanadi?

---

## 2-bob. OZIQ-OVQAT MAHSULOTLARINING FIZIKAVIY TADQIQOT USULLARI

### 2.1. Fizikaviy va fizik-mexanikaviy xususiyatlarini aniqlash

Qayta ishlashga kelib tushayotgan har bir oziq-ovqat xomashyosi ma'lum fizik-kimyoviy (zichlik, qovushqoqlik, elektroo'tkazuvchanlik va boshq.) va organoleptik xususiyatlar bilan tavsiflanadi. Ushbu xususiyatlar xomashyoga bog'liq holda qator omillar — hayvonlarning kasalligi, oziqa turi, saqlash sharoitlari buzilishi, falsifikatsiya qilinishi va boshqalar ta'sirida keskin o'zgarishi mumkin. Shuning uchun xomashyolar fizik-kimyoviy va organoleptik ko'rsatkichlariga ko'ra, ularning tabiiyligi va sifatini, shuningdek, qayta ishlashga yaroqliligini baholash mumkin. Bundan tashqari, korxonalarni sifati bo'yicha me'yoriy-texnik hujjatlar talablariga mos keluvchi xomashyolar bilan ta'minlash texnologik jarayonlarning doimiyligini ta'minlash va bir xil ma'lum iste'mol xususiyatlarga ega bo'lgan mahsulot ishlab chiqarishining muhim sharti hisoblanadi.

Shuni ta'kidlash joizki, xomashyolarni fizik-kimyoviy va organoleptik ko'rsatkichlari o'zgarishi, shuningdek, ularga ishlov berish (pasterlash, gomogenizatsiyalash va boshq.) va kuchli ravishda esa ularni tayyor mahsulotga qayta ishlashda ro'y beradi. Demak, ba'zi fizik-kimyoviy (zichlik, qovushqoqlik, kislotalilik,  $pH$  va boshq.) va organoleptik ko'rsatkichlarga ko'ra xomashyoga ishlov berishdagi, tayyor mahsulot ishlab chiqarishdagi fizik-kimyoviy va biokimyoviy jarayonlarni to'g'ri kechishini nazorat qilish, shuningdek, tayyor mahsulot sifatini aniqlash va ularning standart talablariga mos kelishini aniqlash mumkin.

Oziq-ovqat xomashyolari, yarimtayyor va tayyor mahsulotlarning fizik-kimyoviy xususiyatlarini, ularning o'zaro ta'sirlari keltirib chiqaradi. Demak, tizimni dispers fazasi holati mohiyatidagi, shuningdek, xomashyo tarkibiy qismlaridagi har bir o'zgarishlar uni fizik-kimyoviy xususiyatlarini o'zgarishi bilan kechishi lozim. Xomashyo tarkibiy qismlari uning fizik-kimyoviy xususiyat-

lariga ta'siri turlicha bo'lishi mumkin. Masalan, sut xomashyosining zichligi va kislotaliligi, undagi barcha komponentlarga bog'liq bo'lsa, oqsillar miqdori, dispersligi va gidratatsion xususiyatlari esa sutning qovushqoqligi va sirt tarangligini belgilaydi.

### 2.1.1. Nisbiy zichlikni aniqlash

Jismlar massasi (modda miqdori) uni richagli tarozilarda tortish yo'li bilan aniqlanadi, chunki bunday sharoitlarda teng erkin tushish tezlanishi ta'sirida tortilayotgan jism va etalon toshi massalarini muvozanati va ularning nisbiy tinchligi o'rnatiladi. Massa (modda miqdori) birligi sifatida kilogramm-massa (kg) qabul qilingan.

Jismning og'irligi uni dinamometrik (prujinali) tarozida tortish natijasi hisoblanadi. Dinamometrik (prujinali) tarozilarda, jism va tarozini nisbiy tengligi sharoitlarida, jismni yerga tortish kuchi o'lchanadi va u kuch birliklarida — kilogramm-kuch (kG)da ifodalanadi. Jismning og'irligi modda miqdori o'lchovi sifatida qaralmaydi.

Zichlik yoki hajmiy massa  $\rho$  deb birlik hajmdagi modda massasiga aytiladi, ya'ni:

$$\rho = \frac{M}{V},$$

bu yerda,  $\rho$  — bir jinsli moddaning zichligi yoki bir jinsli bo'lmagan moddaning o'rtacha zichligi,  $\frac{kg}{m^3}$ ;  $M$  — moddaning massasi, kg;  $V$  — moddaning hajmi,  $m^3$ .

Solishtirma yoki hajmiy og'irlik  $\gamma$  deb birlik hajmdagi modda og'irligiga aytiladi va quyidagi formulaga binoan aniqlanadi:

$$\gamma = \frac{G}{V},$$

bu yerda,  $G$  — moddaning og'irligi, kg.

Hajmiy og'irlik ham ma'lumotli fizikaviy kattalik hisoblanadi. Ko'pgina hollarda mahsulotlarni fizikaviy xususiyatlarini tavsiflashda o'lchamsiz kattalik — nisbiy hajmiy og'irlik yoki nisbiy zichlik foydalaniladi.

Nisbiy hajmiy og'irlik  $d$  ma'lum sharoitlarda tadqiq etilayotgan modda hajmiy og'irligini standart modda hajmiy og'irligi  $\gamma_0$  ga nisbati sifatida aniqlanadi:

$$d = \frac{\gamma}{\gamma_0}.$$

Nisbiy zichlik  $d$  ma'lum sharoitlarda tadqiqot etilayotgan modda zichligini  $\rho$  standart modda zichligiga  $\rho_0$  nisbati sifatida ifodalanadi:

$$d = \frac{\rho}{\rho_0}.$$

Bunda standart modda sifatida  $4^\circ\text{C}$  harorat va 760 mm.sim.ust. bosimdagi distillangan suv qabul qilinadi.

Nisbiy hajmiy og'irlik va nisbiy zichlik yuqorida ta'kidlanganidek, o'lchamsiz kattalik bo'lib, ular o'zaro tengdir:

$$d = \frac{\gamma}{\gamma_0} = \frac{\rho}{\rho_0}.$$

Laboratoriya sharoitida richagli tarozilar va yuklar naboridan foydalanganligi uchun tortish paytida berilgan moddani og'irligi emas, balki uning massasi aniqlanadi. Mahsulotlarni tadqiqot etishda tadqiqot etilayotgan moddaning zichligi emas, balki uning ma'lum sharoitlarda shunday hajmdagi distillangan suv zichligiga nisbati aniqlanadi. Shuning uchun bunday tahlil nisbiy zichlikni aniqlash deb nomlansa, maqsadga muvofiqdir.

Ko'pgina oziq-ovqat mahsulotlari (sut, patoka, alkogolsiz va alkogolli ichimliklar) sifati aynan ularni nisbiy zichlik ko'rsatkichiga ko'ra baholanadi. Nisbiy zichlikni o'lchash yordamida suvsirtli eritmalardagi (aroq, konyak va boshq.) spirt miqdorini aniqlash mumkin. Tadqiqot etilayotgan eritmalardagi spirt miqdori qanchalik yuqori bo'lsa, uning nisbiy zichligi shunchalik past bo'ladi. Ba'zi suyuq oziq-ovqat mahsulotlaridagi (masalan, sut, patoka, alkogolsiz ichimliklar) shakar va boshqa ekstraktiv moddalar konsentratsiyasi qanchalik yuqori bo'lsa, ularning nisbiy zichligi ham shunchalik yuqori bo'ladi. Ammo sutda oqsil, uglevod va tuzlar miqdori oshishi uning zichligini oshirsa, yog' miqdori oshishi uning zichligi pasayishiga olib keladi.

Tadqiq etilayotgan mahsulotni haroratiga bog'liq ravishda uning nisbiy zichligi ham o'zgaradi. Harorat qanchalik yuqori bo'lsa, modda nisbiy zichligi shunchalik past bo'ladi. Modda haroratini pasayishi esa, aksincha, uning nisbiy zichligi oshishiga olib ke-

ladi. Shuning uchun nisbiy zichlik kattaligini ifodalashda  $t_1/t_2$  indeksi ko'rsatiladi, ya'ni  $d_{t_1/t_2}$ , bu yerda  $t_1$  — tadqiq etilayotgan mahsulot harorati va  $t_2$  — distillangan suv harorati. Nisbiy zichlikni mahsulotning 20°C va suvning 4°C haroratida aniqlash qabul qilingan. Amaliyotda esa nisbiy zichlik ba'zi hollarda  $t_1=t_2=20^\circ\text{C}$  da aniqlanadi.

Nisbiy zichlikni piknometr, areometr, gidrostatik tarozilar yordamida va gidrostatik bosimni o'lchash orqali aniqlash mumkin.

*Piknometrik usul.* Nisbiy zichlikni aniqlashning piknometrik usuli eng aniq hisoblanadi. Ushbu usul tadqiqot etilayotgan suyuqlik va distillangan suvning teng hajmlari massalarini 20°C haroratda aniqlashga asoslangan. Tadqiq etilayotgan suyuqlik massasini distillangan suv massasiga nisbati esa nisbiy zichlik hisoblanadi.

*Asbob va jihozlar.* Analitik tarozilar; piknometrlar; eksikator; 20°C haroratni saqlovchi suvli termostat; kapillar pipetka.

*Tahlilni o'tkazish tartibi.* Yaxshi yuvilgan, qurutilgan piknometr eksikatoridan chiqarib olinadi va uni massasi analitik tarozilarda aniqlanadi. So'ngra piknometrqa qaynatilgan va 20°C haroratgacha sovitilgan distillangan suv quyiladi. Piknometrqa quyilayotgan suv uni belgisidan birmuncha yuqori sathgacha yetkaziladi va u harorati 20°C bo'lgan termostatga 30 min.ga qoldiriladi. Shundan so'ng piknometrda suv hajmi kapillar pipetka yordamida uning belgisigacha aniq yetkaziladi. Piknometrni suyuqlikdan ozod bo'lgan ichki bo'yni yuzasi shisha tayoqchaga o'ralgan filtr qog'ozi yordamida artib olinishi kerak. Keyin piknometr og'zi tiqin bilan yopilgach, termostaddan chiqarib olinadi, quriguncha artiladi va 30 minut davomida tarozi oldida qoldiriladi. Shundan so'ng u analitik tarozida tortiladi.

Keyinchalik piknometrdan suv to'kib tashlanadi va u tadqiq etilayotgan suyuqlik bilan bir necha marta chayiladi. So'ngra piknometr tadqiq etilayotgan suyuqlik bilan to'ldirilib, suv uchun o'tkazilgan tartibda qaytariladi.

Tadqiq etilayotgan suyuqlikning zichligi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:



$$d \frac{20}{20} = \frac{g_1 - g}{g_2 - g},$$

bu yerda,  $g$  — bo'sh piknometrning massasi,  $g$ ;  $g_1$  — piknometrning harorati  $20^\circ\text{C}$  bo'lgan suv bilan birgalikdagi massasi,  $g$ ;  $g_2$  — piknometrning tadqiq etilayotgan suyuqlik bilan birgalikdagi massasi,  $g$ .

*Areometrik usul.* Ushbu usulda nisbiy zichlikni aniqlash Arximed qonunidan foydalanishga asoslangan.

Arximed qonuniga asosan, suyuqlikda suzayotgan jism massasi suyuqlikni itaruvchi kuchi bilan muvozanatlashadi. Suyuqlikka tushirilgan jismga ta'sir etuvchi itaruvchi kuch vertikal yo'nalgan va qiymatiga ko'ra, jismni suyuqlikka tushirilgan hajmida siqib chiqarilgan suyuqlik massasiga teng. Itaruvchi kuch jismni doimiy o'zgarmas massasida faqat suyuqlik zichligiga bog'liq. Shuning uchun areometrlar tadqiq etilayotgan suyuqlikni zichligiga bog'liq holda turli chuqurlikka cho'kishi mumkin. Usul o'zining oddiyligi, tahlil uchun qisqa vaqt talab qilinishi bilan ajralib turadi, aniqligiga ko'ra, piknometrik usul bilan tenglasha olmaydi.

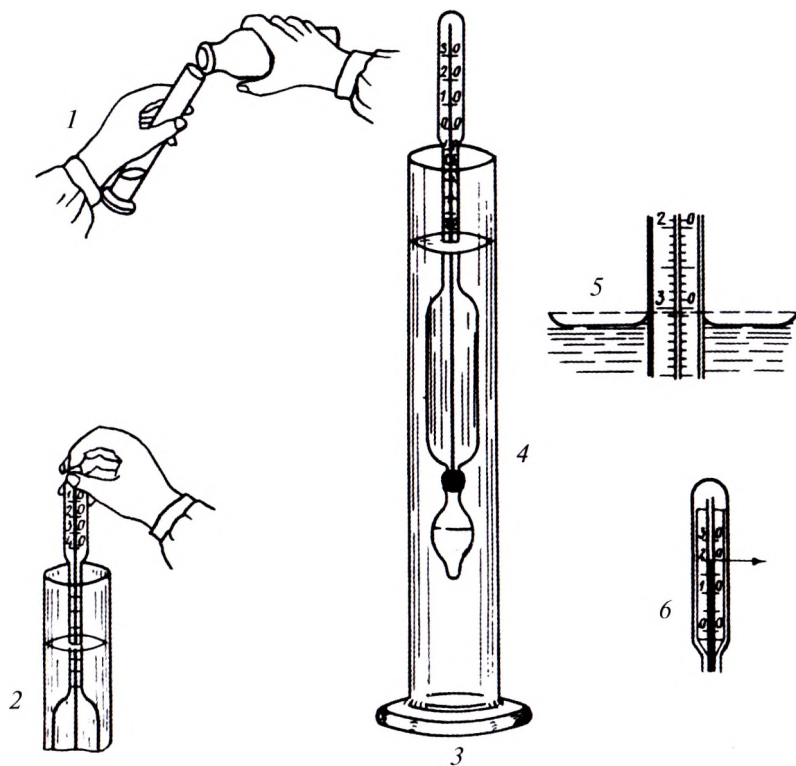
Oziq-ovqat mahsulotlarini tadqiq etishda foydalaniladigan areometrlar uch kategoriyaga bo'linadi:

- zichlikni bevosita qayd etuvchi (sut uchun — laktodensimetr, ishqor va kislotalar uchun mo'ljallangan areometrlar);
- suyuqlikda erigan moddalar miqdorini foizlarda aniqlovchi (spirtomerlar, saxaramerlar, kislotalar uchun areometrlar va boshq.);
- shartli birliklarda qayd etuvchi (maxsus metall spirtomer, Bom areometri va boshq.).

*Asbob va jihozlar.* Areometrlar, diametri areometrni keng qismiga nisbatan ikki marta katta bo'lgan shishali silindr.

*Tahlilni o'tkazish tartibi.* Oldindan filtrlangan tadqiqot etilayotgan suyuqlik ko'pik hosil qilmasdan shishali silindrga quyiladi. Silindr toza va quruq bo'lishi kerak. Silindr unga suyuqlik quyilishi oldidan tadqiq etilayotgan suyuqlik bilan kamida uch marta chayilishi kerak.

Tadqiq etilayotgan suyuqliklarning zichligi  $25 \pm 5^\circ\text{C}$  haroratda aniqlanadi. Zichlikni qayd etish oldidan silindr gorizontal yuzaga, yorug'lik manbayiga nisbatan shunday holatda joylashtiriladiki, areometrni zichlik va harorat shkalalari yaqqol ko'rinib tursin. Shundan so'ng quruq va toza areometr asta-sekin tadqiq etilayotgan suyuqlikka tushiriladi va erkin suzayotgan holatida qoldiriladi. Areometr silindr devorlariga tegmasligi lozim (2.1-rasm).



2.1-rasm. Zichlikni areometrlar yordamida aniqlash:

- 1 — silindrni suyuqlik bilan to'ldirish; 2 — areometrni suyuqlikka cho'ktirish;  
 3 — suyuqlik quyilgan silindr va unga cho'ktirilgan areometr (4); 5 — suyuqlikning  
 zichlik ko'rsatkichlarini hisoblash; 6 — suyuqlik haroratini hisoblash.

Areometr harakatsiz holatni egallaganidan keyin 1 minut o'tgach, zichlik va harorat ko'rsatkichlari qayd etiladi. Zichlikni qayd etishda, agar tiniq bo'lmagan suyuqliklar tadqiq etilayotgan bo'lsa, ko'zni holati yuqori menisk darajasida, tiniq suyuqliklar tahlil etilgan hollarda esa pastki menisk darajasida bo'lishi kerak. Agar menisk shkalaning ikki bo'linmasi o'rtasidan o'tayotgan bo'lsa, unda yuqori bo'linma qayd etiladi.

Zichlikni aniqlash paytida tadqiq etilayotgan suyuqlik harorati  $20^{\circ}\text{C}$  dan yuqori yoki past bo'lsa, qayd etilgan natijalar maxsus jadvallar bo'yicha  $20^{\circ}\text{C}$  ga keltirilishi zarur. Qayd etilgan areometr ko'rsatkichlari tadqiq etilayotgan suyuqlikni nisbiy zichligiga mos keladi ( $d^{20}_4$ ).

## 2.1.2. Fizik-mexanikaviy xususiyatlarini aniqlash

Oziq-ovqat xomashyolari, yarimtayyor mahsulotlari va tayyor mahsulotlar real jismlar hisoblanib, ular qovushqoqlik, qayishqoqlik va plastiklikka ega. Ushbu fizik-mexanikaviy xususiyatlar harorat, namlik, issiqlik va mexanik ta'sir davomiyligi, saqlash usullari va muddati, jo'natish usullari va boshqa ko'pgina sabablarga bog'liq. Real jismga ko'rsatilayotgan yuklamani turi, davomiyligi va tezligiga ko'ra, ularni ba'zi reologik xususiyatlari yaqqol namoyon bo'ladi, ayni shu vaqtda esa qolganlari sezilmas bo'lib, ular tanlangan yuklama usuli uchun hisobga olinmasligi mumkin. Reologik xarakteristikalarini instrumental aniqlash uchun siljitish, bir o'qli cho'zish, bir o'qli siqish ishlatiladi.

Mahsulotlarni qayta ishlash jarayonlaridagi mexanik yuklamalarda buzilishga chidamlilik (kesish va maydalash jarayonlari uchun), qattiqlik, tashqi ishqalanish, adgeziya (yopishqoqlik) kabi mexanik xususiyatlar katta ahamiyatga ega.

### 2.1.2.1. Reologiyaning asosiy tushunchalari

*Reologiya* — fan sifatida mexanika va qayishqoqlik nazariyasini ko'pgina asosiy qoidalaridan foydalanib, turli modda va materiallarni deformatsiyasi va oquvchanligini o'rganadi.

Barcha real jismlar tashqi kuchlar ta'sirida deformatsiyalanish, ya'ni o'z shakli va o'lchamlarini o'zgartirish xususiyatiga ega.

*Deformatsiya* — bu jism zarrachalarini nisbiy siljishi bo'lib, bunda uning uzluksizligi buzilmaydi. Agar deformatsiya yuklama olib tashlangandan keyin yo'qolsa, bunday deformatsiya qayishqoq, agar yuklama olib tashlangandan keyin saqlanib qolinadigan bo'lsa, unda qoldiqli, deb nomlanadi. Deformatsiyaning kattaligi va xarakteri jism materialining shakli va tashqi kuchlarni ko'rsatish usuliga bog'liq bo'ladi.

Jism deformatsiyalanganida uning alohida zarrachalari o'zaro ta'sir qilish ichki kuchlari paydo bo'ladi. Bu ichki kuchlarni intensivlik o'lchovi kuchlanishi, deb nomlanadi.

Jismga ko'rsatilgan tashqi kuchlar ta'siri to'xtatilsa, hosil bo'lgan kuchlanish strukturadagi molekula va boshqa elementlarni issiqlik harakati oqibatida qisman yoki to'liq yutilishi mumkin. Kuchlanishni vaqt bo'yicha pasayishi *relaksatsiya* deyiladi. Relaksatsiya vaqti jismlarni muhim struktura — mexanik tavsifi hisoblanadi.

Jismlarni reologik xususiyatlariga qovushqoqlik, qayishqoqlik, elastiklik va mustahkamlik tegishli.

*Qovushqoqlik yoki ichki ishqalanish* gaz, suyuqlik va qattiq jismlarni, uni qatlamlarini bir-biriga nisbatan siljishiga (tashqi kuchlar ta'siri ostidagi oquvchanlikka) nisbatan ko'rsatadigan qarshiligini keltirib chiqaruvchi xususiyatidir. Qattiq jismlar uchun bu qoldiqli deformatsiyani rivolanishiga ko'rsatiladigan qarshilik hisoblanadi.

*Qayishqoqlik* — bu jismlarni tashqi kuchlar ta'sirida ularni hajmi va shaklini o'zgarishiga qarshilik ko'rsata olish qobiliyatidir. Boshqacha qilib aytganda, bu yuklama olib tashlangandan keyin jismlarning o'z shaklini tiklay olish xususiyati hisoblanadi.

*Elastiklik* — bu materialni unchalik katta bo'lmagan kuchlar ta'siri ostida buzilmasdan ancha katta yoki kichik qayishqoqlik deformatsiyasiga bardosh berish qobiliyatidir. Bu atama «qayishqoqlik» atamasi bilan bir qatorda mavjud bo'ladi. Ularning farqi shundaki, qayishqoqlik bir lahzada, elastiklik esa vaqt davomida namoyon bo'ladi.

*Mustahkamlik* — bu jismning buzilishiga qarshilik ko'rsata olish qobiliyatidir.

Yuqorida ko'rsatilganlar bilan bir qatorda, *plastiklik va yoyiluvchanlik* tushunchalari ham uchraydi. Plastiklik —bu jismni yuklama ta'sirida qaytmas deformatsiyalanish xususiyati bo'lsa, yoyiluvchanlik esa doimiy yuklama ta'sirida plastik deformatsiyalanishni xususiy holati hisoblanadi.

Reologiyaning barcha qonunlari ideal jismlar uchun ishlab chiqilgan.

Ideal jismlarning uch modeli ma'lum: ideal qayishqoq jism yoki Guk jismi, Sen-Venanni ideal plastik jismi va ideal qovushqoq yoki Nyuton suyuqligi.

Yuklama ostida Guk qonuniga bo'ysunuvchi jism *ideal qayishqoq*, deb nomlanadi. Bu qonunni mohiyati shundaki, jismda paydo bo'layotgan chiziqli qayishqoqlik deformatsiyasi ko'rsatilgan yuklamaga proporsional. Qonun quyidagi matematik ifodaga ega:

$$P = E \cdot \varepsilon,$$

bu yerda,  $P$  — ko'rsatilgan yuklama;  $\varepsilon$  — chiziqli deformatsiya (uzunlikni nisbiy o'zgarishi);  $E$  — qayishqoqlik moduli, u materialni cho'zish deformatsiyasiga qarshilik ko'rsatish xususiyatini tavsiflaydi.

Ideal qayishqoq jismni o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, yuklama olib tashlangach, deformatsiya yo'qoladi va u o'z shaklini to'liq tiklaydi. Ideal qayishqoq jismni mexanik modeli sifatida spirral prujina xizmat qilishi mumkin.

*Ideal plastik* — bu shunday jismki, u ko'rsatilayotgan yuklama oquvchanlik chegarasi ( $P_T$ ) deb nomlanadigan qandaydir kritik qiymatdan pastda joylashgan bo'lsa, qattiq holatda saqlanaveradi. Oquvchanlik chegarasiga erishilgach, materialni o'zgarimas kuchlanishda plastik oqishi sodir bo'ladi. Ideal plastik jismni modeli tekislikda yotgan qandaydir jism bo'lishi mumkin. Siljitish kuchlanishi qandaydir chegaraviy qiymatga erishmagan bo'lsa, bu jism harakatlanmaydi, chegaraviy qiymatdan keyin esa u xohlagan tezlik bilan harakatlanishi mumkin.

Bunday jismni reologik tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$P = P_T$$

bu yerda,  $P$  — urinmali kuchlanish.

Oquvchanligi Nyuton postulati va Puazeyl qonuniga bo'ysinuvchi suyuqlik *ideal qovushqoq* hisoblanadi. Bunday suyuqlikni qovushqoqligi tashqi bosim va tezlik gradiyentiga bog'liq emas va normal, strukturasisiz yoki Nyuton suyuqligi deyiladi.

Aks holda suyuqlik anomal yoki strukturali qovushqoqlikka ega bo'ladi. Qovushqoqlik anomaliyasi uni konsentratsiya, bosim, harorat, mexanik ta'sir va vaqtga bog'liqligida namoyon bo'ladi. Qovushqoq suyuqlikni mexanik modeli suyuqlik bilan to'ldirilgan silindrda harakatlanayotgan perforatsiya qilingan porshen bo'lishi mumkin. Bunday modelda kuchlanish siljitish tezligiga proporsional:

$$P = \eta \cdot v,$$

bu yerda,  $\eta$  — qovushqoqlik koeffitsiyenti;  $v$  — siljitish tezligi.

Hech bir real oziq-ovqat mahsulotlari yuqorida ko'rsatilgan hech qaysi bir ideal jismlarga to'liq o'xshash bo'lishi mumkin emas. Ko'p hollarda oziq-ovqat mahsulotlari oddiy modellarni kombinatsiyasi hisoblanmish murakkab modellarga mos keladi, ya'ni qayishqoq-plastik yoki qayishqoq-qovushqoq yoki qovushqoq-plastik jismlar bo'lishadi. Sharoitlarga (harorat, namlik, bosim, yuklamani berish usuli va tezligi) bog'liq holda u yoki bu xususiyatlar yuqori yoki past darajada namoyon bo'ladi. Shuning uchun reologik xususiyatlarni o'rganishda sinash sharoitlari aniq ko'rsatilishi kerak, aks holda olingan natijalar taqqoslanmaydigan bo'ladi.

## 2.1.2.2. Struktura turlari va reologik xususiyatlarni aniqlash usullari

Oziq-ovqat mahsulotlari, jumladan, xomashyo va tayyor mahsulotlar tarkibi, dispers tuzilishi va strukturasi bog'liq holda turli reologik xususiyatlar va tekstura belgilariga ega bo'lishi mumkin. Masalan, sut, qaymoq, mayonez kabi emulsiyalar suyuq dispers tizim hisoblanib, ularga Nyuton va nonyuton qovushqoqlik, tikso-tropiya kabi reologik xususiyatlar va suyuq, kremsimon cho'ziluvchan tekstura belgilari xosdir. Qayishqoqlik, elastik qovushqoqlik, qovushqoqli qayishqoqlik kabi reologik xususiyatlar va yumshoq, mustahkam, mo'rt, sinuvchan, qovushqoq kabi tekstura belgilar mustahkam dispers tizimlarga (olma, nok, kartoshka, go'sht, shokolad, konfet) tegishli bo'ladi.

Fazoviy strukturali yuqori konsentrlangan dispers tizimlar (shokolad, muzqaymoq, non mag'zi, meva, sabzavot, go'sht) eng murakkab reologik xususiyatlarga ega. Fizik-kimyoviy, biokimyoviy, kolloid-kimyoviy yoki toza fizik jarayonlar ta'sirida mahsulotlar strukturasi shakllanishi va o'zgarishi hamma vaqt ularning reologik xususiyatlarini o'zgarishiga olib keladi.

Dispers tizimlar strukturalari ikki, ya'ni koagulatsion va kondensatsiya — kristallizatsion turlari farqlanadi.

*Koagulatsion strukturalar* yupqa suyuq qatlamlar orqali ta'sir qiladigan Van-der-Vaals kuchlari bilan ushlab turiladi. Ularning hosil bo'lish asosiy sharoitlari zarrachalarni bir-biriga tegib turish yuzalarini bir jinsli bo'lmasligi va gidrofob uchastkalarni mavjud bo'lishi hisoblanib, aynan ularda nuqtali kontaktlar, ya'ni bo'lg'usi strukturani boshlang'ich bo'g'inlari paydo bo'ladi.

*Kondensatsion-kristallizatsion* strukturalar polimerlarni kondensatsiyalanishi yoki eritma va qotishmalaridan kristallizatsiyalanishi jarayonlarida hosil bo'ladi. Ularni mavjud bo'lishi mustahkam kimyoviy bog'lar bilan zarrachalarni bir-biriga o'sib kirishi va ular o'rtasida suyuq qatlamni mavjud bo'lmasligi bilan belgilanadi. Bunday strukturaga ega bo'lgan tizimlar katta mustahkamlik, mo'rtlikka ega bo'lib, buzilganida esa qayta tiklanmaydi.

Mahsulotga ishlov berish jarayonida (ayniqsa, zarrachalar o'rtasidagi suyuq qatlamni yo'qotilishiga sharoit yaratuvchi quritish yoki presslash jarayonlarida) koagulatsion strukturalar kondensatsion-kristallizatsion strukturalarga o'tishi mumkin. Xohlagan tizimning mexanik xususiyatlari uning strukturasi bilan bog'liq bo'lganligi sababli, ular ko'p hollarda struktura-mexanik, deb nomlanadi.

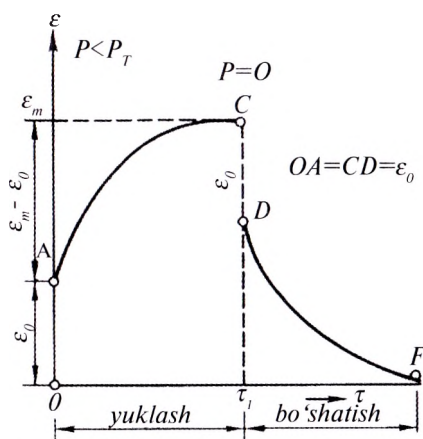
Oziq-ovqat mahsulotlarini struktura-mexanik xususiyatlarini o'rganishda deformatsiyani vaqt bo'yicha rivojlanishi tadqiq qilinadi. Asosan, deformatsiyaning ikki turi, ya'ni siqish (cho'zish) va siljitish o'rganiladi. Birinchi holatda kuchlanish namuna yuzasiga perpendikular, ikkinchi holatda esa urinma bo'yicha (tangensial) ta'sir qiladi.

Struktura-mexanik xususiyatlarni tadqiq etish natijalari deformatsiya kinetikasini egri chiziqlari ko'rinishidagi grafiklar bilan ifodalanadi. Bunday egri chiziqlarni buzilmagan strukturalar sohasi uchun ikki asosiy turi mavjud.

1. Ko'rsatilgan doimiy kuchlanish oquvchanlik chegarasidan kichik, ya'ni  $P < P_T$  sharti bajarilayotgan holat. Bunday deformatsiya kinetikasini egri chizig'i 2.2-rasmda keltirilgan. Bu grafikda absissa o'qida vaqt ( $\tau$ ), ordinata o'qida esa deformatsiya ( $\epsilon$ ) joylashtirilgan.

Kuchlanishni bir zumli ta'siri ostida jismni tashqi reaksiyaga nisbatan bir zumli ta'siri sifatida qayishqoqli deformatsiya  $\epsilon_0$  paydo bo'ladi. Uning kattaligi birlamchi kimyoviy bog'lar kuchlari bilan belgilanadi. Bir zumli qayishqoq deformatsiyadan keyin kattaligi bo'yicha qaytuvchan yuqori elastik deformatsiyani vaqt bo'yicha rivojlanishi sodir bo'ladi. Uning kattaligi alohida makromolekulalar va ularning bo'g'inlari o'rtasidagi bog'lanish kuchini tavsiflaydi.

Deformatsiya qandaydir  $\epsilon_m$  yuqori qiymatiga erishgach, o'zgar-may qolaveradi, chunki bu holda ta'sir etuvchi kuchlanish jismning ichki qarshiligi bilan muvozanatlashgan bo'ladi. Deformatsiya egri

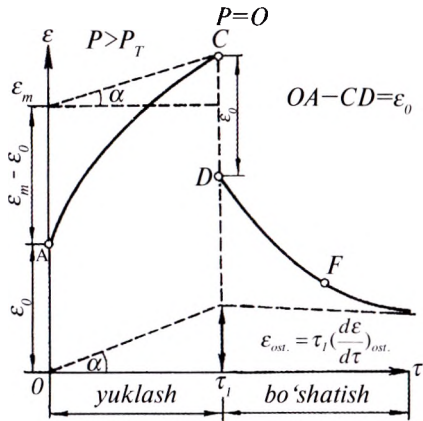


2.2-rasm. Deformatsiya kinetikasi egri chizig'i:  $P=const$ ;  $P < P_T$ .

chizig'ining oxirgi uchastkasi chiziqli hisoblanadi. Agar  $C$  nuqtada kuchlanish olib tashlansa ( $P=0$ ), deformatsiya  $DF$  egri chizig'i bo'yicha nolga qaytadi, ya'ni tizim o'z shaklini to'liq tiklaydi.

Shuni ta'kidlash joizki, bunday turdagi egri chiziqlar real oziq-ovqat massalari va mahsulotlari uchun deyarli kuzatilmaydi. Faqat ba'zi oziqaviy dirildoqlar mayda kuchlanishlar ta'sirida to'liq qaytuvchan deformatsiyalar berishi mumkin.

2. Agar  $P > P_T$  sharti bajarilsa, u holda 2.3-rasmida ko'rsatilgan egri chiziq olinadi. Bunda bir zumli qayishqoqlik deformatsiyasi  $\epsilon_0$  paydo bo'lgach, qoldiqli deformatsiyaning uzluksiz oshishi va plastik oquvchanlikka o'tishi kuzatiladi. Qoldiqli deformatsiya o'zgarmas tezlik bilan oshadi va uni  $t g \alpha$  bilan tavsiflash mumkin. Yuklamani ta'sir etish vaqtidagi eng katta deformatsiya  $\epsilon_m$  ordinata o'qida egri chiziqning oxirgi uchastkasiga o'tkazilgan urinma hosil qiluvchi kesma bilan belgilanadi. Uning kattaligi quyidagi tenglikdan aniqlanishi mumkin:



2.3-rasm. Deformatsiya kinetikasi egri chizig'i:  $P = const$ ;  $P > P_T$ .

oxirgi uchastkasiga o'tkazilgan urinma hosil qiluvchi kesma bilan belgilanadi. Uning kattaligi quyidagi tenglikdan aniqlanishi mumkin:

$$\epsilon_m = \epsilon - \tau \left( \frac{d\epsilon}{d\tau} \right)$$

Ayirma  $\epsilon_m - \epsilon_0 = \epsilon_e$  elastik deformatsiya kattaligini ifodalaydi.

Agar  $C$  nuqtada kuchlanish olib tashlansa, qovushqoqlik deformatsiyasi  $\epsilon_0 = OA = CD$  yo'qoladi va elastik deformatsiyaning tiklanishi kechadi. Vaqt oshishi bilan  $DF$  egri chizig'i asimptotik ravishda qoldiqli deformatsiya qiymatiga yaqinlashadi.

Deformatsiya kinetikasi egri chizig'i bo'yicha chegaraviy deformatsiyadan tashqari quyidagi tavsiflarni aniqlash mumkin:

1. Bir zumli siljish deformatsiyasi moduli  $E_1 = \frac{P}{\epsilon_0}$ ;

2. Elastik moduli  $E_2 = \frac{P}{\epsilon_m - \epsilon_0}$ .

Deformatsiya o'lchovsiz kattalik bo'lganligi sababli, har ikki  $E_1$ ,  $E_2$  modullar kuchlanish o'lchov birligiga ega.

3. Plastik qovushqoqlik

$$\eta = \frac{P'}{\left( \frac{d\epsilon}{d\tau} \right)_{ocm}}$$

bu yerda,  $P' = P - P_T$ .



Plastik qovushqoqlikni egri chiziqni yuklama olib tashlangan qismidan aniqlash mumkin:

$$\eta_{pl} = \frac{P'}{\frac{\varepsilon_{ocm}}{\tau_l}}$$

bu yerda,  $\tau_l$  — yuklamaning ta'sir vaqti.

4. Shartli qovushqoqlik:

$$\eta_{ust} = \frac{P}{\left(\frac{d\varepsilon}{d\tau}\right)_o - \left(\frac{d\varepsilon}{d\tau}\right)_{ocm}}$$

bu yerda,  $\left(\frac{d\varepsilon}{d\tau}\right)_o$  — egri chiziqning boshlang'ich uchastkasiga

o'tkazilgan urinmaning absissa o'qiga og'ishi bilan,  $\left(\frac{d\varepsilon}{d\tau}\right)_{ocm}$  esa egri chiziqning oxirgi uchastkasiga o'tkazilgan urinmani og'ishi bilan belgilanadi.

Qayishqoqlik bir zumda namoyon bo'ladigan xususiyat bo'lganligi sababli, qayishqoqlik deformatsiyasi kattaligi bo'yicha hisoblangan modul shartli bir zumli qayishqoqlik moduli, deb nomlanadi.

Oziq-ovqat mahsulotlari va yarimtayyor mahsulotlarning struktura-mexanik xususiyatlari yuqorida ko'rsatilgan, bir-biriga bog'liq bo'lmagan  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $\eta_{pl}$ ,  $\eta_{ust}$  qiymatlardan tashqari, ba'zi nisbiy kattaliklar bilan tavsiflanishi mumkin. Bunday kattaliklar strukturalangan dispers tizimlar va yuqori molekular birikmalar eritmaları uchun P.A. Rebinder tomonidan taklif qilingan:

- qayishqoqlik  $U \% = \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_m} \cdot 100$ ;

- plastiklik  $P \% = \frac{\varepsilon_{ocm}}{\varepsilon_m} \cdot 100$ ;

- elastiklik  $E \% = \frac{\varepsilon_m \cdot \varepsilon_0}{\varepsilon_m}$  yoki  $E = \frac{E_1}{E_1 + E_2}$ .

Sanab o'tilgan tavsiflarni reologik tavsiflarni aniqlash asboblari yordamida olish mumkin.

### 2.1.2.3. Asosiy reologik tavsiflarni aniqlash asboblari

Struktura-mexanik xususiyatlarni tadqiq etishda o'lchanadigan kattaliklar quyidagilar hisoblanadi: kuchlanish —  $P$ ; deformatsiya —  $\varepsilon$ ; deformatsiya tezligi —  $V$ . Odatda, ularni biri o'zgarmas saqlanadi, qolgan ikkisi esa birining ikkinchisiga bog'liqligida o'lchanadi. Masalan,  $P=const$  bo'lganda deformatsiyani vaqtga bog'liqligi o'lchanadi:  $\varepsilon=f(\tau)$ .

Ishchi kuchlanish kattaligi tadqiqot maqsadiga ko'ra, uning kichik qiymatlarida tizimni qayishqoq-elastiklik xususiyatlari, katta kuchlanish qiymatlarida esa uning qovushqoqligi qiyin aniqlanishini hisobga olgan holda tanlanadi. Yuklamani ta'sir vaqti ham har bir alohida holatlarda deformatsiyani to'liq rivojlanishi uchun imkoniyat bergan holda tanlanadi.

Material reologik parametrlarini yoki konsistensiya ko'rsatkichlarini eksperimental aniqlashning ko'pgina usullari mavjud bo'lib, ular foydalanish sohalari (laboratoriya va ishlab chiqarish uchun), o'lchanadigan kattalik turi (misol uchun, reologik tavsiflari va konsistensiya ko'rsatkichlari), yuklamani berish tamoyili, avtomatlashtirish darajasi va boshqalarga ko'ra farqlanadi.

Ko'pgina reologik o'lchash usullari laboratoriya tadqiqotlari uchun mo'ljallangan. Laboratoriya usullaridan tashqari, materialni maxsus reologik tavsiflarini yuqori aniqlik bilan fundamental ilmiy tadqiqotlash, ko'p marotaba takrorlanadigan tadqiqotlar uchun o'lchash va natijalarga ishlov berishni tez amalga oshiruvchi usullarni qo'llash maqsadga muvofiq hisoblanadi. Hozirgi kunda o'lchashlar qisman yoki to'liq avtomatlashtirilgan, olingan natijalar esa EHMda qayta ishlanadigan asboblarda ishlab chiqarilmoqda.

Oziq-ovqat mahsulotlarini ishlab chiqarish jarayonlarini samarali va sifatli boshqarish reologik kattaliklarni ishlab chiqarish sharoitlarida nazorat qilishni talab qiladi. Bunda laboratoriya usullarini jalb etish ko'p mehnat va vaqt sarflari bilan bog'liq bo'lib, ulardan faqat uzoq davom etuvchi jarayonlarda foydalanish mumkin. Shu sababli jarayonlarning uzluksiz nazorat qilish o'lchov signallari doimiy yoki qisqa vaqt intervallarida beruvchi usullarni jalb etish bilan amalga oshirilishi kerak. Bu signallar reologik holatni aniq aks ettiradi va ishlab chiqarishning berilgan rejimlardan chetlanishida boshqarilishini ta'minlaydi.

Bunday turdagi usullar reologik xususiyatlarni bevosita texnologik jarayonda o'lcaydigan asboblardan foydalanishni taqozo qiladi. Shuning uchun ishlab chiqarishdagi o'lchash usullari murakkab bo'lmagan tamoyillar bilan bog'liq bo'lib, ular tanlangan reologik xususiyatlar bilan bog'liq bo'lgan konsistensiya ko'rsatkichlari o'lchanishini qamrab oladi.

Oziq-ovqat mahsulotlari va yarimtayyor mahsulotlarni struktura-mexanik va tekstura xususiyatlarini tadqiqotlash uchun mo'ljallangan asboblarni yiriklashtirilgan tasnifi 2.1-jadvalda keltirilgan.

2.1-jadval

### Reometrlar tasnifi

Reometrlar	Yuklama berish (oquvchanlik) turi	O'lchanayotgan kattalik	Foydalanish sohalari
Viskozimetrlar kapillarli	Bir o'lcovli siljishli oqish	Reologik tavsiflar	Meva va sabzavotli sharbatlar, kefir, sut, qaymoq, o'simlik moyi, suzma, konfet massalari, xamir
Rotatsion	Bir o'lcovli siljishli oqish		
Sharikli	Stoks oqishi		
Teburanishli	Bir o'lcovli va ikki o'lcovli siljishli oqish		
Penetrometrlar	Ko'p o'lcovli penetratsion oqish	Chegaraviy siljish kuchlanishi, tekstura parametrlari	Qattiq oyoqlar, dirildoq, non mag'zi, mevalar, sabzavotlar, pishloq, go'sht, kolbasa, shokolad
Kompression asboblari	Namunali oqish	Siqishdagi mustahkamlik chegarasi, hajmiy qovushqoqlik, tekstura parametrlari	Qattiq oziq-ovqat mahsulotlari
«Instron» turidagi universal asboblari	Cho'zish, siqish, burish, siljitish va boshqa oddiy yuklama berish turlari	Mustahkamlik tavsiflari, tekstura parametrlari	Qattiq oziq-ovqat mahsulotlari

Tribometrlar	Siljitish	Friksion tavsiflar	Qattiq oziq-ovqat mahsulotlari
Adgeziometrlar	Kontaktida bo'lgan elementni tadqiq qilinayotgan material yuzasidan uzilishi	Adgezion tavsiflar	Qattiq oziq-ovqat mahsulotlari

Viskozimetrlarda yuklama berish (oquvchanlik)ni bir o'lchovli siljishli oqish va Stoks oqishi qo'llaniladi. Bir o'lchovli statsionar siljishli oqish kapillar, tekis parallel, silindrik va torsion oqishlarda amalga oshirilishi mumkin. Bir o'lchovli siljishni o'lchash quyidagi standart reometrlarning ish prinsipini tashkil qiladi:

1. Kapillar oquvchanlikka ega bo'lgan o'zgarmas, o'zgaruvchan va yuqori bosimli kapillar viskozimetrlar.

2. Parallel tekisliklar o'rtasidagi oquvchanlikka ega bo'lgan tirqish (keng va halqali) ko'rinishidagi kanalli viskozimetrlar.

3. Silindrik, torsion oquvchanlikka ega bo'lgan rotatsion viskozimetrlar.

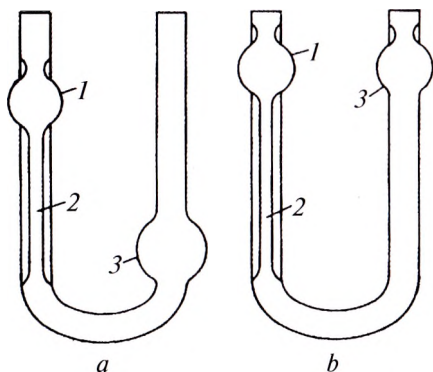
Tushuvchi sharik atrofidagi Stoks oquvchanligiga asoslangan reometrlarni bir necha turlari ishlab chiqilgan (2.2-jadval).

2.2-jadval

### Stoks oquvchanligi reometrlari

Reometr	Oquvchanlik turi	Foydalanish sohalari
Keng trubkali tushuvchi sharikli viskozimetr	Sharik atrofidagi Stoks oquvchanligi	Nyuton suyuqliklari uchun
Tor trubkali tushuvchi sharikli viskozimetr	Halqali tirqishda sharik atrofidagi modifikatsiyalangan Stoks oquvchanligi	Tiniq Nyuton suyuqliklari uchun; laboratoriya asboblari uchun
Tor trubkali itaruvchi sharikli viskozimetr	Halqali tirqishda sharik atrofidagi modifikatsiyalangan Stoks oquvchanligi	Nyuton va nonyuton suyuqliklari uchun; laboratoriya asboblari uchun

*Kapillar viskozimetrlar.* Bu asboblarda unchalik katta qovushqoqlikka ega bo'lmagan tizimlarni (go'sht-suyakli bulyon, qon, moylar) tadqiq etishda qo'llaniladi. Kapillar viskozimetrlarda tadqiqot qilinayotgan suyuqlik sarfi yoki kapillardagi bosimlar farqi o'zgarmas saqlanadi. O'zgarmas suyuqlik sarfli viskozimetr-



2.4-rasm. Kapillar viskozimetrlar:

*a* — Ostvald; *b* — Ubbellode; 1 — suyuqlik idishi; 2 — kapillar; 3 — suyuqlikni o'lchashdan keyingi to'plash idishi.

larda kapillar uchlari o'z-tasidagi bosimlar farqi, o'z-garmas bosimli asboblarda material sarfi o'lchanadi. Kapillar viskozimetrlar shartli ravishda uch guruhga: ya'ni shisha kapillarli, silindr-porshen va oqizish asboblarga bo'linadi.

2.4-rasmda shisha-kapillarli viskozimetrlarni ikki turi (Ostvald va Ubbellode viskozimetrlari) keltirilgan. Ostvald viskozimetrini Ubbellode viskozimetridan farqi shundaki, unda suyuqlikni

kapillar orqali oqishi o'z og'irligi ta'sirida sodir bo'ladi. Ubbellode viskozimetrida suyuqlik oqishi uchun asbobning tirsaklaridan birida bosim yoki siyraklanish yaratiladi. U yoki bu asbobdan foydalanilganda, o'lchanadigan kattalik ma'lum hajmdagi suyuqlikning kapillar orqali oqib chiqish vaqti hisoblanadi.

*Ishni bajarish tartibi.* Suyuqlik qovushqoqligini aniqlashdan oldin, viskozimetr yaxshi yuvilgan va quritilgan bo'lishi kerak. Viskozimetr dastlab benzin, so'ngra petroley efiri bilan yuviladi. Shundan so'ng suv bilan yuviladi va xrom aralashmasi quyilib, 5—6 soat saqlanadi. Undan keyin viskozimetr distillangan suv bilan yuviladi va quritiladi. Viskozimetrni tez qurishi uchun u spirt-rektifikat yoki aseton bilan yuvilishi mumkin.

ВПЖ-1 shisha kapillarli viskozimetrni (Ubbellode turidagi) umumiy ko'rinishi 2.5-rasmda keltirilgan. Qovushqoqlikni o'lchash oldidan tadqiq qilinayotgan suyuqlik trubka (1) orqali  $m_3$ — $m_4$  belgilari oralig'idagi sathgacha rezervuar (2) ga quyiladi. So'ngra asbob vertikal holatda rezervuar (6) dan birmuncha yuqori sathgacha suyuqlikli termostatga cho'ktiriladi va berilgan haroratda 30 min saqlanadi. Shundan so'ng, trubka (8) ni berk holatida trubka (7) ga kiydirilgan grusha bilan suyuqlik (5, 6) rezervuarlarga so'riladi. Keyin trubkalar (7, 8) atmosfera bilan ulanadi va suyuqlikni rezervuar (8) dan kapillar (4) orqali rezervuarlar (3, 2) ga oqib chiqish vaqti aniqlanadi. Oqib chiqish vaqti suyuqlik sathini (5, 6) rezervuarlarga ega bo'lgan trubka (7) ni  $m_1$  belgisidan  $m_2$  belgisi-

gacha pasaygunicha hisoblanadi. Oqib chiqish vaqtini bilgan holda tadqiq qilinayotgan suyuqlikni kinematik qovushqoqligi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$V = \frac{g}{9,807} \cdot T \cdot k,$$

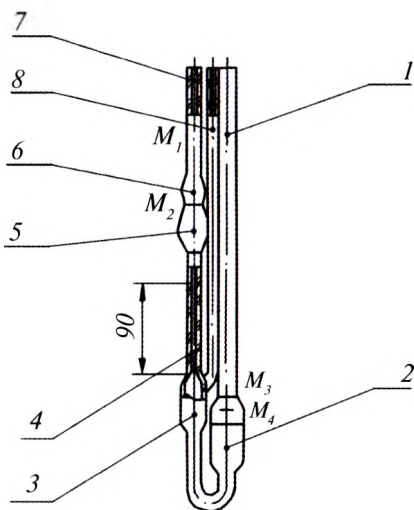
bu yerda,  $k$  — viskozimetr doimiyligi ( $k=0,7809$ ),  $\text{mm}^2/\text{sek}^2$ ;  $V$  — suyuqlikning kinematik qovushqoqligi,  $\text{mm}^2/\text{sek}$ ;  $T$  — suyuqlikning oqib chiqish vaqti, sek;  $g$  — erkin tushish tezlanishi,  $\text{m}/\text{sek}^2$ .

Ostvald viskozimetrida tadqiq qilinayotgan suyuqlikni bir tirsakdan ikkinchiga oqib o'tishi gidrostatik bosim ta'siri ostida sodir bo'ladi. Bunda tadqiqot qilinayotgan suyuqlik o'z massasi ta'siri bilan  $m_1 - m_2$  belgilariga ega bo'lgan rezervuardan kapillar orqali  $m_3$  belgiga ega bo'lgan rezervuarga oqib o'tadi. Oqib chiqish vaqtini aniqlay turib, suyuqlik qovushqoqligi Puazeyl tenglamasi bo'yicha aniqlanadi:

$$Q = \frac{\pi \cdot P \cdot r^4 \cdot \tau}{8 \cdot \ell \cdot \eta},$$

bu yerda,  $Q$  — oqib chiqayotgan suyuqlik hajmi;  $P$  — tashqi bosim;  $r$  — kapillar radiusi;  $\tau$  — oqib chiqish vaqti;  $\ell$  — kapillar uzunligi;  $\eta$  — dinamik qovushqoqlik.

Ostvald viskozimetri bilan ishlashda, tadqiq qilinayotgan suyuqlikning hajmi shunday bo'lishi kerakki, chap tirsak yuqori belgisigacha to'ldirilganda, suyuqlik meniski o'ng idish pastki qismi darajasida bo'lishi kerak. Asbob termostatga vertikal holatida joylashtiriladi. Suyuqlik 20—30 minut davomida termostatlangach, u grusha yordamida chap tirsakka so'rib olinadi. Bunda suyuqlik meniski tirsak yuqori belgisidan 2—3 mm yuqori holatni egallashi lozim. Shundan so'ng, suyuqlik kapillar orqali erkin oqiziladi.



2.5-rasm. ВПЖ-1 shisha kapillarli viskozimetri:

- 1 — suyuqlik trubkasi; 2, 3, 5, 6 — rezervuar; 4 — kapillar; 7, 8 — trubkalar.

Menisk belgi sathiga yetgach, sekundomer ishga tushirilib, suyuqlikning belgilar o'rtasidan o'tish vaqti o'lchanadi.

Odatda, qovushqoqlik Ubbellode va Ostvald asboblardan standart suyuqliklarni (suv, kastor moyi, glitserin) ma'lum qovushqoqliklariga nisbatan aniqlanadi. Bir xil sharoitlarda bitta kapillarda aniqlangan ikki suyuqlik qovushqoqliklari quyidagi munosabatda bo'ladi:

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \frac{\tau \cdot d}{\tau_0 \cdot d_0}.$$

Bundan tadqiq qilinayotgan suyuqlik qovushqoqligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta = \eta_0 \frac{\tau \cdot d}{\tau_0 \cdot d_0},$$

bu yerda,  $\eta_0$ ,  $\eta$  — standart va tadqiq qilinayotgan suyuqlik qovushqoqliklari, puaz ( $\text{H} \cdot \text{sek}/\text{m}^2$ );  $d_0$ ,  $d$  — standart va tadqiq qilinayotgan suyuqliklar zichligi,  $\text{g}/\text{sm}^3$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );  $\tau_0$ ,  $\tau$  — standart va tadqiq qilinayotgan suyuqliklarning oqib chiqish vaqti, sek.

Qovushqoq-qayishqoqlik tavsiflarni miqdoriy aniqlashda bir o'lchamli siljishli oquvchanlik reometrleri ishlatiladi. Bu reometrlarda majburiy, erkin aylanma tebranishlar, ishchi organlar sifatida esa tekislik-tekislik, konus-tekislik, silindr-silindr, koaksial va eksentrik silindrlar ishlatilgan.

Murakkab nonyuton suyuqliklar konsistensiyasini tadqiq etishda o'lchash natijalari tez va takroriy qayta olinishini ta'minlovchi usullar ishlatiladi. Bu usullar reologik xususiyatlari fermentativ, kimyoviy yoki fizikaviy jarayonlarda tez o'zgaradigan oziq-ovqat mahsulotlari va yarimtayyor mahsulotlarni tadqiq etishda katta ahamiyatga ega. Bu usullar xarakterli reologik xususiyatlar va tekstura parametrlarini baholash imkonini beruvchi yuklama berish tamoyillariga asoslanadi. Yuklama berish turli shakl va o'lchamdagi identorlarni kiritish, ma'lum sharoitlarda suyuqlikni aralashtirish, qovushqoq massa va xamirni qorish va boshqa ko'rinishlarda bo'ladi. Bunda tavsiflovchi egri chiziqlar hamda nisbiy birliklarda ifodalangan tavsiflovchi parametrlar olinadi.

Penetratsiya yarimqattiq va qattiq mahsulotlarni ularga ma'lum o'lcham, massaga ega bo'lgan va materialdan tayyorlangan indentorlarni (konus, shar, silindr, igna) kiritilishiga ko'rsatadigan qarshiligini o'lchashga asoslangan struktura-mexanik xususiyatlarni aniqlash usuli hisoblanadi. Tadqiqotlar o'zgarmas penetratsiya kuchida (bunda cho'kish chuqurligi aniqlanadi), o'zgarmas penetratsiya chuqurligida (kuch o'lchanadi), o'zgarmas cho'kish tezligida (cho'kish chuqurligiga ko'ra kuch o'lchanadi) amalga oshirilishi mumkin. Bu asosda konsistensiyaga aloqador turli parametrlar hisoblanadi.

Konusli plastometrlar yordamida mahsulot strukturasi mustahkamligini baholashda xizmat qiladigan muhim reologik parametr-chegaraviy siljitish kuchlanishi aniqlanadi.

Konusli plastomer КП-3 (2.6-rasm)da tadqiq qilinayotgan mahsulot stolchadagi idish (1) ga joylashtiriladi va konus (2) ni cho'qqisi massa yuzasiga tushiriladi. Konus (2) da yuklar (4) joylashtiriladi va indikator (3) yordamida konusni to'liq to'xtashiga qadar cho'kish chuqurligi kattaligi aniqlanadi.

Chegaraviy siljish kuchlanishi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$P_m = K \cdot \frac{m}{h^2},$$

bu yerda,  $P_m$  — chegaraviy siljish kuchlanishi, g/sm<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>);  $K$  — konus burchagiga bog'liq bo'lgan kattalik;  $m$  — konusga ta'sir etuvchi massa, g (kg);  $h$  — konusni cho'kish chuqurligi, sm (m).

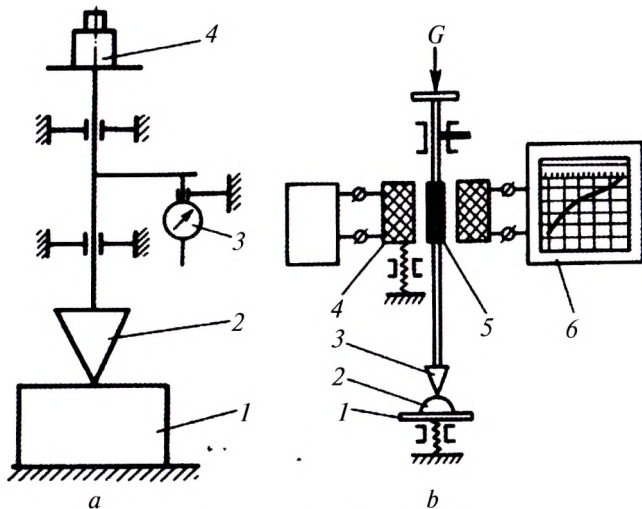
Konus konstantasi uni cho'qqisidagi burchakka ( $\alpha$ , grad) bog'liq:

$\alpha$ , grad	30	40	45	60	90
K	9,4	5,2	4,1	2,1	0,67

Chegaraviy siljish kuchlanishi qiymatlari asosida materiallarni tasnifi taklif etilgan.

*Modernizatsiyalangan konusli plastometr КП-3* (2.6-rasm)da konus (3) ni harakatlanishi o'zak (5) orqali chulg'am (4) ni induktivligini o'zgarishiga olib keladi va u o'ziyozar asbob (6) bilan yozib olinadi. Shunday qilib, asbobda konusni maydon tekisligi (1) da joylashgan mahsulot (2) ga vaqt bo'yicha cho'ktirilishi kattaligi yuqori aniqlik bilan aniqlanadi. Plastometrda penetratsiya vaqti 60 sekundni, G yuklash esa 0,2; 0,3; 0,4 va 0,5 H ni tashkil qiladi.





2.6-rasm. КП-3 plastometri:

*a* – konusli; *1* – idish; *2* – konus; *3* – indikator; *4* – yuklar; *b* – konusli modernizatsiyalangan: *1* – mahsulot joylashtiriladigan tekislik; *2* – mahsulot; *3* – konus; *4* – chulg'am; *5* – o'zak; *6* – o'ziyurar asbob.

Qattiq holatdagi oziq-ovqat mahsulotlarini reologik xususiyatlari suyuqliklarga nisbatan ancha murakkab. Bunday mahsulotlarni tadqiq qilishda bir o'qli siqish yoki cho'zish, parallel tekisliklar o'rtasidagi oddiy siljitish, silindrik sterjenni burish, izotrop siqish kabi yuklama berish turlari qo'llaniladi. Doimiy yuklama berish tezligida kuchlanish va deformatsiya o'rtasidagi bog'liqlik olinadi. Deformatsiya esa qovushqoq-qayishqoq qattiq jismlar uchun deformatsiya tezligini funksiyasi hisoblanadi.

Doimiy deformatsiya tezligida yuklama berish va uni mustahkamlik chegarasidan pastroq qiymatlarda to'satdan to'xtatish kuchlanish relaksatsiyasini o'rganishda ishlatiladi.

Doimiy kuchlanishda vaqt bo'yicha o'zgaradigan deformatsiya (deformatsiya kinetikasi) olinishi mumkin. Kuchlanishni muvozanat holatiga erishilgandan keyin oshira turib, deformatsiya kinetikasini egri chiziqlari oilasi olinishi mumkin. Bu egri chiziqlarga ishlov berish materialni doimiy kattaliklarini hisoblash imkonini beradi.

Qattiq jismlarni o'ta murakkab reologik xususiyatlarida, xususan, unda anizotrop strukturali elementlar (g'ovaklar, tolalar) mavjud bo'lganida, oziq-ovqat mahsulotlarini reologik xususiyatlari tekstura parametrlari yoki konsistensiya ko'rsatkichlari yorda-

mida yozilishi mumkin. Buning uchun odatdagi o'lchash tamoyillari bilan bir qatorda, materiallarni qayta ishlashdagi tipaviy mexanik jarayonlarni yoki mahsulotlarni iste'mol qilishdagi yuklamalarni immitatsiya qiluvchi usullar ham ishlatiladi. Bularga ezish, kesish, siqish kabilar tegishlidir.

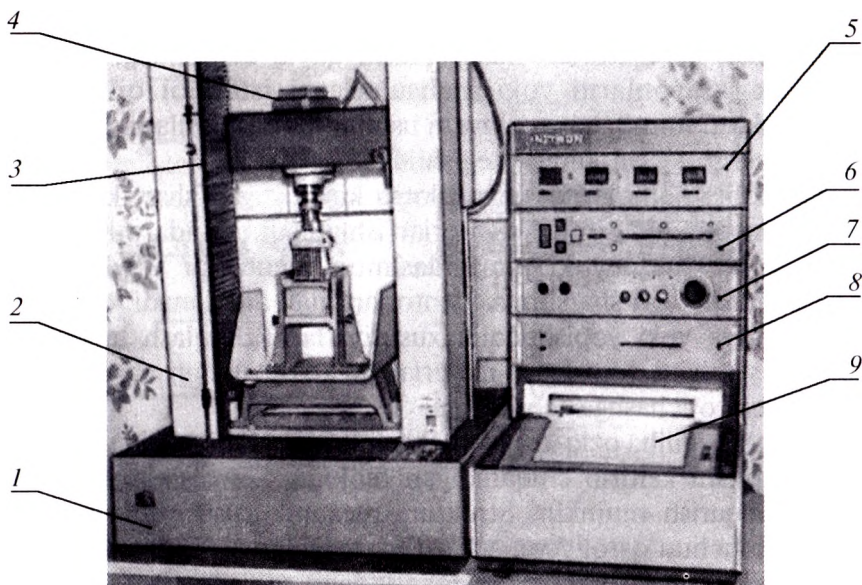
Qattqlikni aniqlashda mahsulotga kiritiladigan shar, konussimon yoki piramidasimon identorlar ishlatiladi. Bunda mikroqattqlik konussimon yoki piramidasimon identorlar yordamida, makroqattqlik esa sharsimon identorlar bilan aniqlanadi.

Adgeziya yoki yopishqoqlik xususiyatlarni aniqlash tamoyili, kontakt yuzasini yopishgan materialdan uzish uchun zarur bo'lgan kuchni o'lchashga asoslangan.

Shunday qilib, oziq-ovqat mahsulotlarini sifati haqida, ularni ichki tuzilishi keltirib chiqaradigan reologik xususiyatlarga ko'ra hukm chiqarish mumkin. Struktura-mexanik xususiyatlarni tadqiq qilish uchun qator reometrlar (2.1-jadvalga qarang) yaratilgan bo'lib, ularning ko'pchiligi chegaralangan reologik kattaliklarni o'lchashga mo'ljallangan. Ammo bu xususiyatlarni tahlil qilish va ilmiy tizimlash uchun struktura-mexanik tavsiflar kompleksi haqidagi informatsiya zarur bo'ladi. Boshqa tomondan xomashyo, oraliq va tayyor mahsulotlar xususiyati harorat,  $pH$ , namlik, mexanik ta'sirlar turi va davomiyligi, ingidriyentlar nisbati, ularni kimyoviy tarkibi, saqlash va jo'natish sharoitlari, oxirgi mahsulotni olish usuli va boshqa sabablarga bog'liq bo'ladi. Shu sababli, adabiyotlarda uchraydigan reologik tavsiflar haqidagi ma'lumotlarni turli-tumanligi, aksariyat hollarda ularni bir-biriga zid kelishi tabiiy holdir, chunki bu tavsiflarni aniqlash uchun imkoniyati chegaralangan, bir-biridan prinsipial farqlanuvchi asboblar, uning oqibatida turli uslublar foydalanilgan.

Bunday noaniqlikni bartaraf etish uchun «Instron-1122» (2.7-rasm) universal sinov mashinasi ishlatilishi mumkin. Bu mashina qayishqoq-plastik qovushqoq obyektlarni siljitish, kompression va sirtli struktura-mexanik tavsiflarini o'lchashga mo'ljallangan.

«Instron-1122» mashinasi asos (1), yuklama beruvchi rama (2), harakatchan traversa (3), tenzo datchiklarga ega bo'lgan almash-tiriladigan o'lchov boshchasi (4), harakatchan traversani boshqarish elektron bloki (5, 6), o'lchanadigan yuklamalarni boshqarish elektron bloki (7), o'ziyozar qurilmani boshqarish bloki (8) va o'ziyozar qurilmadan (9) iborat.



2.7-rasm. «Instron-1122» universal sinov mashinasi:

1 — asos; 2 — rama; 3 — traverza; 4 — o'lchov boshchasi; 5, 6 — traver sani boshqarish elektron bloki; 7 — o'lchanadigan yuklamalarni boshqarish elektron bloki; 8 — o'ziyozar qurilmani boshqarish bloki; 9 — o'ziyozar qurilma.

Blok (5) ni old panelida joylashgan vazifa beruvchilar (задатчик) yordamida traverza vertikal harakatini yuqori va pastki chegaralarini rostlash, shuningdek, uning ma'lum sonli sikllarga ega bo'lgan siklik harakati tartibini kirgizish mumkin. Blok (6) ni old panelida joylashgan tugmalar yordamida esa traverza harakat tezligini 0,5 dan 1000 mm/min (jami 15 bosqich) chegaralarda rostlash mumkin. Yuklamalar yuqori chegaralarini 10 N dan 5 kN gacha rostlash blok (7) old paneliga joylashtirilgan boshqaruv dastaklari yordamida amalga oshirish mumkin. Blok (8) ni old panelida joylashgan tugmalar yordamida diagramma lentasi tezligini (1 dan 1000 mm/min.gacha) va yo'nalishini o'zgartirish mumkin.

Tadqiq qilinayotgan obyektlarni struktura-mexanik tavsiflarini aniqlash uchun traverza (3) ga o'rnatilgan o'lchov boshchasi (4) ga maxsus adapter yordamida faol ishchi element mahkamlanadi. Uni pastidagi maxsus tutqichda tadqiq etilayotgan mahsulot solingan. Tegishli passiv element yoki idish joylashtiriladi.

Instron universal mashinasining elektron bloklari qizigach va tegishli ish rejimlari kiritilgandan keyin asosni yuqori yuzasida

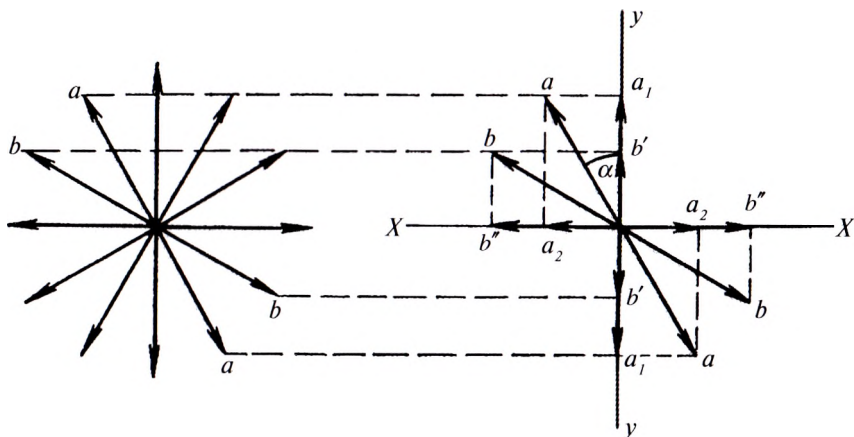
joylashgan tegishli tugmalarni bosish yo'li bilan traversa ishga tushiriladi. Bunda mashina faol ishchi organi tadqiq qilinayotgan obyektning deformatsiyasini qabul qiladi va o'lchov boshchasi tenzo sezgir elementiga uzatadi. Tenzo datchiklarga ko'rsatilgan kuch ta'siri o'lchov boshchasida elektr signalga aylantirilib, o'ziyozar qurilmani boshqarish blokiga uzatiladi. Bu qurilma esa faol ishchi organni tadqiq qilinayotgan obyektga ta'sir qilish muddatiga ko'ra, uning reaksiya o'zgarishlarini tavsiflovchi egri chiziqlarni chizadi.

## **2.2. Polarimetriya asoslari**

Polarimetrik tahlil uslubi ba'zi moddalarni yorug'lik to'lqinlari yo'nalishini o'zgartirish xususiyatiga asoslangan. Ushbu uslub oziq-ovqat mahsulotlarini tadqiq etishda, asosan, shakarni miqdoriy aniqlashda ishlatiladi.

### **2.2.1. Polarimetrik tadqiq usulining mohiyati**

Yorug'lik to'lqinlarida tebranish, uni tarqalish yo'nalishiga perpendikular yo'nalishda sodir bo'ladi. Shuning uchun yorug'lik to'lqinlari ko'ndalang to'lqinlar hisoblanadi. Agar yorug'lik to'lqinlarini ko'ndalang tebranishlari ma'lum bir tekislikda sodir bo'lsa, bunday yorug'lik *to'liq polarizatsiyalangan* hisoblanadi. Qisman polarizatsiyalangan yorug'likda ma'lum yo'nalishdagi tebranishlar ustunlik qiladi. Tabiiy yorug'likda esa tebranishlarni hech qanday oriyentatsiyasi mavjud bo'lmaydi va u hamma yo'nalishlarda ro'y beradi. Bunday yorug'lik polarizatsiyalanmaganidir. Nurni tekislikka perpendikular yo'nalishda tarqalyapti, deb faraz qilsak va yorug'lik to'lqinini har bir ko'ndalang tebranishlarini strelkalar ko'rinishida tasvirlasak, polarizatsiyalanmagan nurni «yulduzcha» shaklidagi shartli tasvirini hosil qilish mumkin (2.8-rasm). Barcha strelkalarni uzunligi bo'yicha o'zaro tengligi tebranishlarni amplitudasi bo'yicha yoki polarizatsiyalanmagan to'lqinning jami yo'nalishlaridagi intensivligini o'zaro tengligiga mos keladi. Bir-biriga qarama-qarshi yo'nalgan ikki strelka esa to'liq polarizatsiyalanmagan nurni grafikaviy belgisidir. Oriyentatsiya qilingan yo'nalishlar va nur to'lqinini tarqalishiga mos keluvchi liniyalar orqali o'tgan tekislik *tebranishlar tekisligi*, unga perpendikular tekislik esa *polarizatsiya tekisligi*, deb nomlanadi.



2.8-rasm. Ikki o'zaro perpendikular tekislikda ro'y berayotgan ko'ndalang yorug'lik to'lqinlarining ajratilishi.

Ko'pgina moddalar ular orqali o'tayotgan tekis polarizatsiyalangan nur polarizatsiya tekisligini ma'lum burchakka burish xususiyatiga ega. Bunday moddalar optik *faol moddalar*, deb yuritiladi.

Polarimetrik tahlil uslubi tekislikda polarizatsiyalangan nur polarizatsiya tekisligini eritmadagi optik faol modda konsentratsiyasiga bog'liqligiga asoslangan.

Optik faolligi molekular tuzilishi bilan bog'liq bo'lgan moddalar ushbu xususiyatni erigan holatida ham saqlaydi. Moddalarning optik faolligi ularni kristall panjara tuzilishi bilan ham bog'liq bo'lib, bu xususiyatni ular faqat qattiq kristall holatida namoyon etishadi. Bunda polarizatsiyalangan yorug'lik nurlari yo'lidagi eritmada modda molekulari soni qanchalik ko'p bo'lsa, polarizatsiya tekisligining burilish burchagi ham shunchalik yuqori bo'ladi. Demak, burilish burchagini kattaligi ushbu optik faol moddani eritmadagi konsentratsiyasi va yorug'lik nurini tarqalish yo'nalishidagi eritma qatlamini qalinligiga bog'liq bo'ladi. Ushbu masofa o'zgarmas bo'lsa, tekis polarizatsiyalangan nurni polarizatsiya tekisligining burilish burchagi konsentratsiyaga to'g'ri proporsional bo'ladi.

Polarizatsiyalangan nurlarning tabiiy manbalari mavjud emas. Har bir yorug'lik manbayi faqat polarizatsiyalanmagan nurlar taratadi. Yorug'likning elementar manbayi qo'zg'atilgan modda atomi hisoblanadi. Atomning qo'zg'atilgan holati ma'lum energiya porsiyasini yutilishi natijasida bir yoki bir necha elektronlarni

yuqori energetik holatiga o'tishi bilan bog'liqdir. Atomlarni normal holatiga qaytishida ortiqcha energiya ular tomonidan yorug'lik oqimi ko'rinishida taratiladi. Atomlarning bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda nur taratishlari sababli, ushbu oqim turli yo'nalishlarga ega bo'lgan cheksiz katta to'lqinlar miqdoridan iborat bo'ladi.

Tebranishlar energiyasi amplituda kvadratiga to'g'ri proporsional ekanligi ma'lum. Bu esa yorug'lik to'lqinlari amplitudalari kvadrati uni intensivligi  $I$  o'lchovi ekanligini anglatadi:

$$I = k \cdot a^2,$$

bu yerda,  $a$  — yorug'lik to'lqinining shu tekislikdagi ko'ndalang tebranishlari amplitudasi.

Shuni ta'kidlash kerakki, xohlagan tekislikda sodir bo'layotgan tebranish, intensivliklari yig'indisi boshlang'ich tebranish intensivligiga teng bo'lgan bir necha tebranish tashkil etuvchilariga ajratilishi mumkin. 2.8-rasmda amplitudalari  $a$ ,  $b$  ga teng bo'lgan tebranishlarni ikki o'zaro perpendikular tekislikda sodir bo'layotgan tebranishlarga ajratilishi ko'rsatilgan. Bu holda amplitudasi  $a$  bo'lgan tebranish uchun yuqoridagi ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$I = k(a_1 + a_2),$$

bu yerda,  $a_1$  va  $a_2$  — amplituda  $a$  ni tashkil etuvchilari hisoblanadi va quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$a_1 = a \cdot \cos\alpha$$

$$a_2 = a \cdot \sin\alpha$$

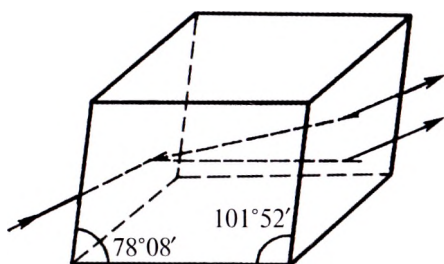
Polarizatsiyalanmagan to'lqindagi har bir tebranish, yuqorida ta'kidlanganidek, tashkil etuvchilarga ajratilsa, so'ngra esa hamma tashkil etuvchilar ularga mos perpendikular yo'nalishlar bo'yicha qo'shilsa, har biri ma'lum o'zaro perpendikular tekisliklarda ro'y berayotgan ikki yangi to'lqinni hosil qilish mumkin. Boshqacha aytadigan bo'lsak, bular ikki o'zaro perpendikular tekislikda tekis polarizatsiyalangan to'lqinlar hisoblanadi. Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra, ushbu har bir to'lqinning intensivligi boshlang'ich polarizatsiyalanmagan to'lqinni yarmini tashkil etadi. Agar haqiqatan ham ana shunday ikki to'lqin hosil qilinib, ularning

birida ro'yi berayotgan tebranishlar so'ndirilsa, unda intensivligi boshlang'ich intensivlikning yarmini tashkil etuvchi va ma'lum tekislikda polarizatsiya qilingan yorug'lik olinishi mumkin.

Bunday samaraga erishish imkoniyati yorug'likni kristall modalardan o'tishini o'ziga xos xususiyatlaridan foydalanilganda yaratiladi. Yorug'lik Island shpati yoki kalsit va ko'pgina boshqa tiniq kristallar orqali o'tkazilganda *ikki marta nur sinishiga* uchraydi. Agar kristallga ingichka yorug'lik oqimi yuborilsa, unda uni kristallda ikkita turli yo'nalishga ega bo'lgan nurlarga ajralishi kuzatiladi va bu nurlarni ajralishi ular kristalldan chiqqandan keyin ham saqlanib qolinadi (2.9-rasm). Kristall qalinligi qanchalik katta bo'lsa, nurlar o'rtasidagi masofa ham shunchalik katta bo'ladi. Nurlarni muhitdagi turli sindirish ko'rsatkichlariga, bu esa o'z navbatida, ularni kristalldagi turli tarqalish tezligiga mos kelishi kerak. Bularning asosiy sababi anizotropiya hodisasi, ya'ni turli yo'nalishlarda, ulardagi zarrachalarni joylashuvi, oriyentirlanishi va zarrachalarni farqlanishi bilan bog'liq holda namoyon bo'ladigan xususiyatlarni o'zaro farqlanishidir.

Ushbu nurlarni biri sindirish qonuniyatlariga bo'ysunadi (uni sindirish koeffitsiyenti izotrop muhitdan kelayotgan nurni tushish burchagiga bog'liq emas va u kelib tushayotgan nur bilan bir tekislikda yotadi) va shuning uchun u *oddiy nur*, deb nomlanadi. Kristallda paydo bo'layotgan ikkinchi nur sindirish qonuniyatlariga bo'ysunmaydi, ya'ni uni sindirish koeffitsiyenti kelib tushish burchagiga bog'liq bo'ladi va uning yo'nalishi nurni tushish tekisligi bilan mos kelmaydi, shu sababli u *g'ayrioddiy nur*, deb nomlanadi.

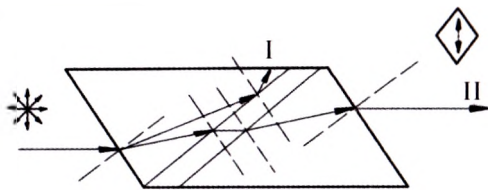
Shuni ta'kidlash lozimki, oddiy va g'ayrioddiy nurlar to'liq polarizatsiyalangan bo'lib, ularni polarizatsiya tekisliklari o'zaro perpendikular joylashgan.



2.9-rasm. Island shpatidagi ikki martali nur sinishi.

To'liq polarizatsiyalangan yorug'likni olishga mo'ljallangan optik asbob ingliz fizigi Uilyam Nikol (1768—1851) tomonidan taklif etilgan. Bu asbob Nikol prizmasi yoki nikol, deb nomlanadi. Nikolni tayyorlash uchun Island shpati kristalidan ikkita to'g'ri burchakli

prizma kesib olinib, ular katta katetlari bo'yicha o'zaro Kanada balzami yordamida yopishtiriladi (2.10-rasm). Kristall yelim chegarasida g'ayrioddiy nurni sinish burchagi uni tushish burchagiga nisba-



2.10-rasm. Nikol prizmasi.

tan maydaroq bo'ladi. G'ayrioddiy nur kley qatlamini tekis parallel plastinkalar orqali o'tganday o'tadi.

Oddiy nur esa kristall — yelim chegarasida to'liq ichki akslanishga uchrashi mumkin (agar uni tushish burchagi chegaraviy qiymatlardan katta bo'lsa). To'liq akslangan oddiy nur nikolni qoraytirilgan yon qismida yutiladi va polarizatoridan to'liqlari bir tekislikda tebralayotgan birgina nur — g'ayrioddiy nur chiqadi.

Kanada balzami ultrabinafsha nurlarni yutadi. Shuning uchun bunday tayyorlangan Nikol prizmasi spektrning ko'rinadigan qismidagi nurlar polarizatori hisoblanadi. Island shpati ultrabinafsha nurlar uchun tiniq hisoblanadi, shuning uchun boshqa kleyni (masalan, glitserin) ishlatilishi nikoldan spektrni ultraqisqa qismida ham foydalanish imkonini yaratadi.

Shunday moddalar mavjudki, ularning kristallari uchun nurni ikki marotabali sindirilishi bilan bir qatorda, dixroizm hodisasi, ya'ni oddiy va g'ayrioddiy nurlarni tanlab yutilishi (o'tkazilishi) xosdir. Yaqqol dixroizm xususiyatlarini turmalin minerali namoyon etadi. Ushbu mineral kristalidan kesib olingan 1 mm qalinlikdagi plastina, uni optik o'qiga parallel yo'nalishda, oddiy nurlar uchun o'tmas hisoblanadi. Ammo bu tabiiy polarizatorni kamchiligi unga turli to'liq uzunligidagi yorug'lik uchun turlicha optik zichlikni namoyon etishidir. Tabiiy polarizator sifatida gerpatit dixroik organik moddasi keng ishlatilmoqda. Uni millimetrni o'nlik ulushlari qalinligidagi kristallari, spektrni ko'rinadigan qismida 98 % ga polarizatsiyalangan yorug'lik olish imkonini beradi. Polarizatorlar tayyorlashda gerpatitni bir xil optik yo'naltirilgan mayda kristallari selluloid plyonkasida mahkamlanadi. Bunday plyonkalar *polaroidlar*, deb nomlangan.

Polaroidlar yodlangan plastmassali plyonkalardan ham tayyorlanishi mumkin. Bunda yod molekularining bir xil oriyentirlanishi va plastmassa molekularining ma'lum oriyentirlanishi (plyonkalarni mexanik cho'zish natijasida) hisobida bunday tizimlarni kuchli namoyon bo'lgan dixroizm xususiyatlariga erishish mumkin.



### 2.2.2. Polarizatsiya tekisligining burilishi

Optik faol moddalar ikki modifikatsiyada, ya'ni o'ngga buruvchi va chapga buruvchi bo'lishi mumkin. Tekis polarizatsiyalangan yorug'lik polarizatsiya tekisligining ma'lum burchakka o'ngga buruvchi moddalar ( $d$  yoki  $(+)$  bilan belgilanadi) deyiladi. Yorug'lik polarizatsiya tekisligini chapga (soat strelkasiga qarama-qarshi) buruvchi moddalar chapga buruvchi moddalar ( $\ell$  yoki  $(-)$  bilan belgilanadi), deb yuritiladi. Fizik holatiga bog'liq bo'lmagan holda polarizatsiya tekisligini buruvchi moddalar asimmetrik molekula tuzilishiga ega.

Ushbu hodisa bu moddalarning kristall panjarasi strukturasi asimmetriyasi yoki ular molekularining asimmetrik tuzilishi bilan bog'liq.

Polarizatsiya tekisligini faqat qattiq holatda buruvchi moddalar asimmetrik jismlar ko'rinishida kristallanadi. Ular kristallarini ko'zgudagi tasviri asl holi (original) bilan mos kelmaydi. Qattiq kristall holdagi kvarsni ( $SiO_2$ ) rentgenografik tadqiqoti kristall tarkibiga kiruvchi kremniy va kislorod atomlarini o'ng (o'ngga buruvchi kvars) va chap (chapga buruvchi kvars) vintli chizig'i bo'yicha joylashganini ko'rsatdi. Kvarsni bu turlari, o'zaro shakli bo'yicha ham farqlanib, ularni har biri ikkinchisini ko'zgudagi tasviri hisoblanadi. Amorf (eritilgan) kvars, aksincha, optik faollikka ega emas.

Optik faollikning eritmalarda namoyon etuvchi moddalardagi bu xususiyat ularning molekularini anizotropiyasi bilan bog'liq. Bunday molekular markaz va simmetriya tekisligiga ega emas. Qand (shakar, fruktoza, glukoza) va ko'pgina boshqa optik faol organik moddalar molekularidagi bunday struktura to'rtta turli atomlar yoki atomlar guruhi (radikallar) bilan bog'langan asimmetrik atomlarni mavjudligi bilan bog'liq. Bunday kompleksni tetraedrik tuzilishini hisobga olgan holda aynan asimmetrik uglerod atomini mavjudligi ko'zguli izomerlarni, demak, moddani o'ngga va chapga buruvchi modifikatsiyalari mavjud bo'lishini belgilaydi.

Bir moddaning teng miqdorda olingan o'ng va chap izomerlari optik faol bo'lmagan molekular birikmalarni hosil qiladi. Buning sababi shundaki, bu izomerlar bir xil qalinlikdagi eritma qatlamida va berilgan haroratda kattaligi bo'yicha teng va ishorasi bo'yicha qarama-qarshi bo'lgan polarizatsiya tekisligini burilish burchagini beradi. Bu shakllar bitta eritmada teng konsentratsiyada bo'la turib, bir-birining optik faolligini kompensatsiyalaydi va bu holda polarizatsiya tekisligining burilish burchagi nolga teng bo'ladi.

Izomerlarning optik, ya'ni qutblangan nur sathini o'ng yoki chapga burish faoliyati izomerlarning sferik konfiguratsiyasiga har doim ham muvofiq kelavermaydi. Masalan, o'ngga buruvchi sut kislotasini metil va etil efirlari muskuldan ajratib olingan ozod sut kislotasiga monand konfiguratsiyaga ega bo'lsa-da, kuchli chapga buruvchanlikka ega. Shunday qilib, qatorning ma'lum bir a'zosini burish ishorasi qatorning hamma a'zolari uchun umumiy bo'lgan konfiguratsiya tavsifi bo'la olmaydi.

Hozirgi kunda ko'pgina moddalarni sferik konfiguratsiyalari o'rnatilgan. Optik faol moddalar optik konfiguratsiyasini belgilash uchun  $D$  va  $L$  lotin harflari ishlatiladi. Shuni alohida ta'kidlash lozimki, modda tomonidan polarizatsiya tekisligini burish burchagi o'tuvchi yorug'lik to'lqin uzunligiga bog'liq.

Polarizatsiya tekisligining burish burchagi kattaligi modda tabiati, polarizatsiyalangan nur o'tayotgan qatlam qalinligi va eritmalar uchun esa optik faol komponent konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi.

Alohida moddalar uchun quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$\beta = \alpha \cdot \ell,$$

bu yerda,  $\beta$  — qalinligi  $\ell$  bo'lgan qatlamga mos keluvchi polarizatsiya tekisligini burish burchagi;  $\alpha$  — modda tabiati, polarizatsiyalangan nur to'lqin uzunligi va haroratga bog'liq bo'lgan proporsionallik koeffitsiyenti.

Ushbu koeffitsiyentni moddani birlik zichligi  $d$  ga nisbatan hisoblangan qiymati solishtirma burish deyiladi:

$$\alpha_0 = \frac{\alpha}{d},$$

u holda  $\beta = \alpha_0 \cdot d \cdot \ell$  va  $\alpha_0 = \frac{\beta}{d \cdot \ell}$ .

Shunday qilib, tekis polarizatsiyalangan nurni solishtirma burish burchagi bu moddaning birlik zichligi va qatlam qalinligiga to'g'ri keluvchi burish burchagi qiymatidir.

Eritmalar uchun solishtirma burish burchagining birlik konsentratsiya va qatlam qalinligiga nisbati olinadi:

$$\beta = \alpha_0 \cdot c \cdot \ell \text{ va } \alpha_0 = \frac{\beta}{c \cdot \ell},$$

bu yerda,  $c$  — optik aktiv moddaning konsentratsiyasi ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

Solishtirma burish kattaligini modda tabiati bilan bir qatorda, harorat polarizatsiyalangan nur to'liq uzunligi va erituvchiga bog'liq bo'lganligi sababli, solishtirma burishni  $20^{\circ}\text{C}$  da va natriy alangasini sariq liniyasi to'liq uzunligi  $\lambda_D$  da aniqlash qabul qilingan. U erituvchini ko'rsatgan holda ( $\alpha_D^{20}$ ) bilan belgilanadi.

Trubka uzunligi  $\ell$  (dm) va eritma konsentratsiyasi  $c$  (g/100 ml) bo'lganda polarizatsiya tekisligini burish burchagi  $\alpha$  ni quyidagi formula bilan ifodalash mumkin:

$$\alpha = [\alpha_D^{20}] \cdot \frac{\ell \cdot c}{100}$$

Bundan tadqiq etilayotgan moddani burish burchagini, polarizatsiya trubka uzunligini bilgan holda va polarimetr yordamida polarizatsiya tekisligini burish burchagini aniqlay turib tadqiq etilayotgan eritmadagi modda konsentratsiyasi  $C$  (100 ml eritmada g.da)ni hisoblash mumkin:

$$C = \frac{100 \cdot \alpha}{\ell \cdot \alpha_D^{20}}$$

Turli optik faol moddalar uchun tekis polarizatsiyalangan yorug'likni solishtirma burish kattaliklari aniqlangan. Masalan, solishtirma burish shakar uchun  $+66,53^{\circ}$ , glukoza uchun  $+52,50^{\circ}$ , fruktoza uchun esa  $-93,00^{\circ}$  ni tashkil qiladi.

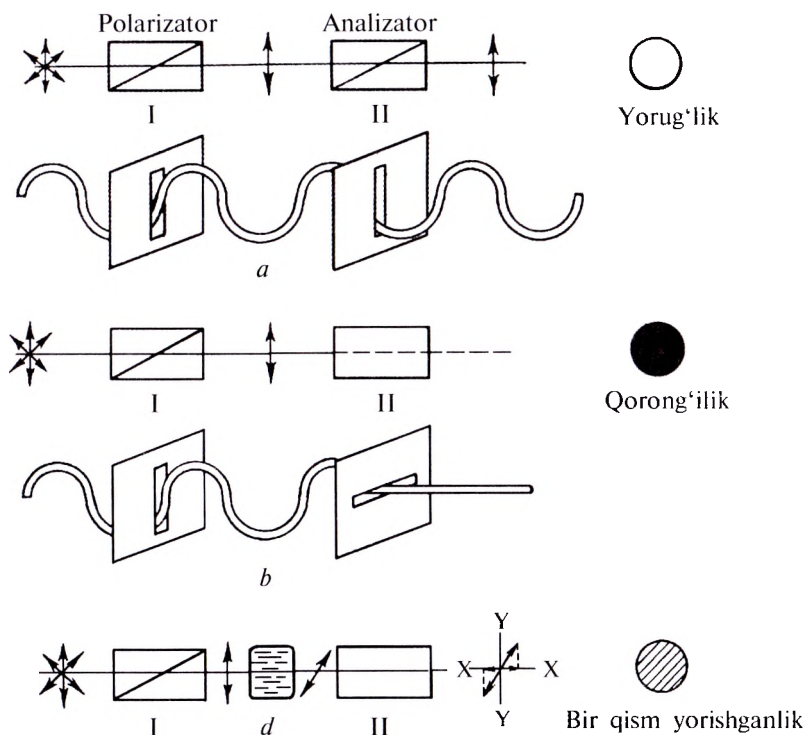
### 2.2.3. Polarimetr sxemasi

Polarizatsiya tekisligining burish burchagini o'lchashga mo'ljallangan asboblari polarimetrlar, deb nomlanadi. Polarimetrlar polarizatsiyalangan yorug'likni olish (polarizator) va hodisani tahlil qilish (analizator) qurilmalariga ega bo'lishi kerak. Asbobni analizatori optik faol modda orqali polarizatsiyalangan yorug'likni o'tishi natijasida polarizatsiya tekisligining burilgan burchak yo'nalishi va kattaligini aniqlaydi. Ma'lumki, polarizatorlar sifatida Nikol prizmasi yoki polaroid plastinkalari xizmat qilishi mumkin. Ular analizator sifatida ham ishlatilishi mumkin.

Yuqorida ta'kidlanganidek, nikol orqali o'tgan monoxromatik yorug'lik tekis polarizatsiyalangan bo'ladi. Agar uning yo'lida polarizatsiya tekisligi birinchi nikolni polarizatsiya tekisligi bilan mos

keladigan ikkinchi nikol joylashtirilsa, u holda yorug'lik ikkinchi nikol orqali o'tadi (2.11-rasm, *a*). Bu holda tizim yorug'lik uchun tiniq bo'ladi. Agar ikkinchi nikol gorizontaal o'qi atrofida  $90^\circ$  ga burilsa, unda bu nikollarni yorug'lik o'tkazadigan tekisliklari o'zaro perpendikular bo'ladi va birinchi nikol tomonidan polari-zatsiyalangan yorug'lik ikkinchi nikol orqali o'tmaydi. Bu holda sistema tiniq bo'lmaydi. Nikollarni o'zaro kesishgan holatdagi bunday joylashuvi *qorong'ilikka o'rnatish* deyiladi. Bu operatsiya 2.11-rasmda model bilan, ya'ni shnurda mexanik qo'zg'atilib ikki tirqishidan o'tkazilgan ko'ndalang to'lqinlar bilan taqqoslanadi. Agar tirqishlar bir xil oriyentatsiyalangan bo'lsa, to'lqinlar ikkinchi tirqish orqali o'tadi. Agar tirqishlar bir-biriga nisbatan  $90^\circ$  burchak ostida joylashsa, unda ikkinchi tirqish to'lqinlarni so'ndiradi (2.11-rasm, *b*).

Agar o'zaro kesishgan holatdagi nikollar o'rtasida optik faol moddaga ega bo'lgan eritma joylashtirilsa, unda eritma orqali o't-



2.11-rasm. Polarimetrik o'lchashlar sxemasi.

gan yorug'likning birinchi nikol tomonidan polarizatsiya qilingan tekisligi ma'lum burchakka burilgan bo'ladi. Yorug'lik to'lqinlarining tebranishlari sodir bo'layotgan tekislik ham aynan shu burchakka buriladi.

Bunday tizim qisman tiniq bo'lib, ikkinchi nikol orqali yorug'lik energiyasining ma'lum qismi o'tadi. Yorug'lik energiyasining bu qismi ikkinchi nikolni bu holatida uning o'tkazish tekisligi bilan mos keluvchi tebranishli harakat tuzuvchisiga proporsionaldir (2.11-rasm, *d*).

Bunday holatni ma'lum darajada mexanik modelda ham tushuntirish mumkin. Agar shnur o'tkazilgan tirqishlar bir-biriga nisbatan ma'lum burchak ostida joylashtirilsa, to'lqinlar energiyasi to'liq so'ndirilmaydi va shnurga ikkinchi tirqishdan keyin osilgan qo'ng'iroq baland ovozda bo'lmasa ham chalinib turadi.

Qisman o'tgan yorug'lik energiyasini yana to'liq so'ndirish uchun ikkinchi nikol polarizatsiya tekisligining (tebranishlar tekisligining) yangi holatiga nisbatan  $90^\circ$  burchak ostida joylashtirilishi kerak. Buning uchun ikkinchi nikolning yorug'lik polarizatsiya tekisligi burilgan burchakka burish kifoya. Agar bu burchak o'lhansa, u holda topilgan qiymat berilgan optik faol modda eritmasini solishtirma burchagi, qatlam qalinligi va konsentratsiyasiga mos keluvchi tekis polarizatsiyalangan yorug'likning burish burchagi hisoblanadi.

2.11-rasmda keltirilgan sxema polarimetрни prinsipial sxemasi hisoblanib, oq yorug'lik bilan ishlash imkoniyati va talab qilindigan aniqlikni (odam ko'zini ba'zi xususiyatlari sababli) ta'minlamaydi. Shuning uchun polarimetrlarni optik qurilmalari ancha murakkab tuzilishga ega.

#### **2.2.4. Polarimetrlar**

Yuqorida ko'rib chiqilgan polarimetr sxemasi, odam ko'zini to'liq qorong'ilikni kuchsiz yorug'likdan aniq ajrata olmasligi sababli aniq o'lchashlar uchun yaroqsiz hisoblanadi. Ikki yonmayon joylashgan tekislikni bir xil yorishmaganligini farqlash ancha oson hisoblanadi. Aynan bu prinsip polarimetriyada keng ishlatiladigan yarimqorong'ilashtirilgan qurilmalarning asosini tashkil qiladi.

Yarimqorong'ilashtirilgan polarimetr sxemasi 2.12-rasmda keltirilgan. Ushbu turdagi polarimetrlarni o'ziga xos xususiyati

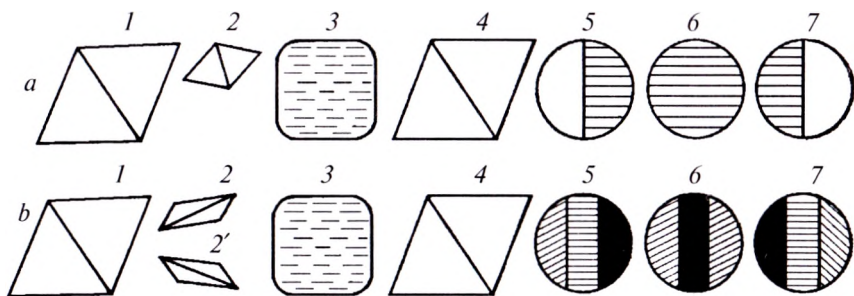
shundaki, polarizator bir emas, balki ikkita (ikki ko'rish maydonli polarimetrlar) yoki uchta (uch ko'rish maydonli polarimetrlar) nikollardan iborat.

Ikki nikollardan foydalanilganda (2.12-rasm, *a*), ikkinchi nikel birinchisidan keyin ma'lum burchak ( $2-3^\circ$ ) ostida joylashtiriladi va ko'rish maydonini yarimini egallaydi. Polarizator va analizatorni parallel holatida ikkinchi nikel orqali hamma nurlarni o'tmasligi sababli ko'rish maydonini birinchi yarmi birmuncha qorong'ilashtirilgan, ikkinchisi esa yorishgan bo'ladi. Agar polarizator va analizatorni bosh kesimlari tekisliklari to'g'ri burchak ostida joylashgan bo'lsa, u holda ko'rish maydoni yo'lida qo'shimcha analizator bo'lmagan yarimqorong'i, ikkinchi qismi esa kuchsiz yorishgan bo'ladi. Analizatorni aylantira turib, ko'rish maydonining har ikki bo'lagini kuchsiz, ammo bir xil yorishganligiga erishish mumkin. Bu holat yarimqorong'iliklarni tenglashuvi deyiladi.

Polarimetr shkalasi analizator bilan shunday ulanadiki, yarimqorong'iliklarni tenglashuvi polarimetrni nol holatiga mos keladi.

Agar analizator va polarizator o'rtasiga optik faol modda eritmasi solingan trubka joylashtirilsa, ko'rish maydoni ikki bo'lagining yorishganlik tengligi keskin buziladi. Analizatorni aylantira turib, yana yarimqorong'iliklarni tenglashuviga erishiladi va shkala bilan ulangan analizatorlarni burilish burchagiga ko'ra, moddani optik faolligi haqida xulosa chiqarish mumkin.

Agar analizator uch nikoldan iborat bo'lsa, ikki qo'shimcha nikel asosiy nikolga nisbatan ma'lum burchak ostida, ammo aniq



2.12-rasm. Bir va ikki qo'shimcha nikollar mavjud bo'lgan yarimqorong'ilashtirilgan polarimetrlar sxemasi:

- 1 — Nikol-polarizator; 2, 2' — qo'shimcha nikollar; 3 — tahlil qilinayotgan suyuqlik;  
4 — Nikol-analizator; 5, 6, 7 — Nikol-analizatorni turli holatlarida fotometrik maydonning ko'rinishi.

simmetrik holatda shunday o'rnatiladiki, ko'rish maydoni uch qismga bo'lingan bo'lsin (2.12-rasm, *b*). Analizator va polarizatorni parallel holatida ko'rish maydonini o'rta qismi yorishgan, yon segmentlari esa birmuncha qorong'ilashtirilgan bo'ladi. Ularni perpendikular holatida esa ko'rish maydonini o'rta qismi qorong'i, chetki qismlari esa kuchsiz yorishgan bo'ladi. Analizatorni nol holatida ko'rish maydonining uch qismi kuchsiz, ammo bir xil yoritilgan bo'ladi.

Optik faol moddalarni burish qobiliyati o'tayotgan yorug'likni to'lqin uzunligiga bog'liq bo'lganligi sababli dispersiya (ko'rish maydonini kamalak ranglariga bo'yalishi oldini olish uchun) ning monoxromatik yorug'likdan foydalanish tavsifiya etiladi.

Qo'shimcha nikollar bilan ta'minlangan yarimqorong'ilashtirilgan polarimetrlar analizator bilan birga aylanuvchi aylanma shkalaga ega. Shkala 3600 ga bo'lingan va burish burchagini aylana graduslarida o'lchash imkonini beradi.

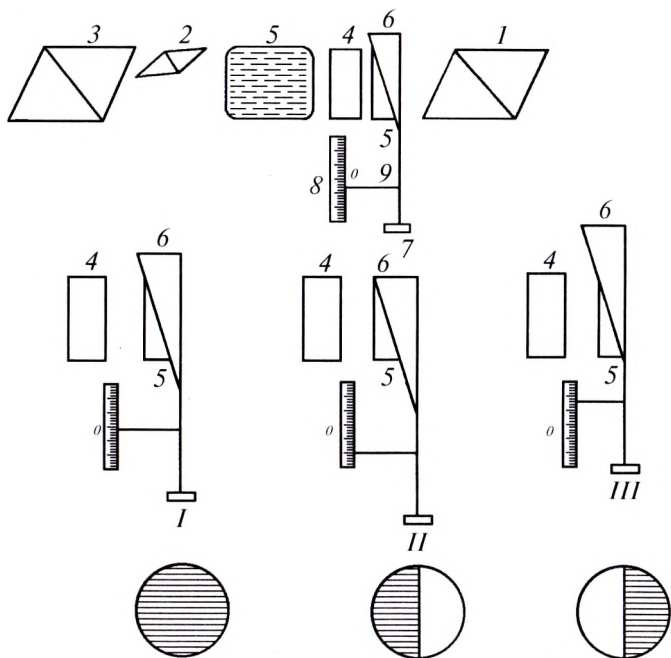
Shakar va kraxmal-patoka ishlab chiqarilishida saxarimetrlar, deb nomlanadigan maxsus polarimetrlar keng ishlatiladi. Ular eritmalardagi shakar konsentratsiyasini yuqori aniqlik bilan aniqlash imkonini beradi. Hozirgi paytda ishlatilayotgan CY-1, CY-2 va CY-3 saxarimetrlari deyarli bir xil optik sxemaga ega (2.13-rasm).

Saxarimetr optik sxemasini o'ziga xos xususiyati shundaki, analizator (1) qo'shimcha nikol (2) bilan ta'minlangan polarizator (3) ga nisbatan yarimqorong'ilashtirilgan holatda joylashtirilgan va harakatsiz mahkamlangan. Tadqiqot etilayotgan eritma solingan trubka asbobga joylashtirilmagan holda (saxarimetrni nol holati) fotometrik maydonning ikkala yarmi bir xil qorong'ilashtirilgan.

Kompensatsion qurilma o'ngga buruvchi tekis parallel kvars (4) plastinkasi va chapga buruvchi ikkita klinlardan iborat. Bu klinlarni biri (5) harakatsiz mahkamlangan bo'lib, ikkinchisi (6) harakatchan va mikrometrik vint (7) buralganida birinchisiga nisbatan harakatlanadi.

I holatda chapga buruvchi klinlarni umumiy qalinligi o'ngga buruvchi plastinka qalinligiga teng. Bu holda plastinka va klinlar orqali o'tgan polarizatsiyalangan yorug'likni polarizatsiya tekisligi o'ngga ham, chapga ham og'maydi.

Agar asbobga optik faol modda eritmasi solingan trubka joylashtirilsa, u holda moddaning xususiyati va konsentratsiyasiga bog'liq holda yorug'likni polarizatsiya tekisligi ma'lum burchakka o'ngga yoki chapga buriladi. Bu esa fotometrik maydonning ikkala



2.13-rasm. Saxarimetrni optik sxemasi:

1 — analizator; 2 — qoʻshimcha nikol; 3 — polarizator; 4 — oʻngga buruvchi kvarsli kvars plastinkasi; 5 — harakatsiz chapga buruvchi kvarsli klin; 6 — harakatlanuvchi chapga buruvchi kvarsli klin; 7 — mikrometrik vint; 8 — shkala; 9 — koʻrsatkich.

yarmini qorongʻilashtirilganligi oʻzgarishiga olib keladi. Agar modda (masalan, shakar) polarizatsiya tekisligini oʻngga burusa, u holda fotometrik maydonning teng qorongʻilashtirilganligini taʼminlash uchun klinlarni chapga buruvchanligini oshirish lozim. Bunga harakatchan klinni klinlar (chapga buruvchi) umumiy qalinligining oʻngga buruvchi kvars qalinligiga nisbatan ustunligi taʼminlangunicha siljitish bilan erishiladi (II holat). Chapga buruvchi modda tadqiqot qilinganda, harakatchan klin teskari tomonga siljiladi (III holat). Hisob polarizatsiya tekisligini burish burchaklarida darajalangan shkala (8) boʻyicha olib boriladi. Koʻrsatkich (9) mikrometrik vint buralganida harakatlanadi.

Polarizatsiya tekisligini burilish burchagini klin harakatlanishi boʻyicha oʻlchash analizatorni aylanishi boʻyicha hisoblashga nisbatan aniqroq amalga oshirilishi mumkin. Saxarimetr shakar boʻyicha darajalangan chiziqli shkalaga ega. Bu shkaladagi  $100^\circ$  polarimetri 34,62 aylana graduslariga mos keladi. Saxarimetrning



chiziqli shkalasi polarimetrni aylana graduslariga aylantirilishi mumkin: polarimetrni  $1^\circ$  aylana shkalasi saxarimetrning  $2,883^\circ$  chiziqli shkalasiga mos keladi yoki saxarimetrni  $1^\circ$  chiziqli shkalasi polarimetrning  $0,3468^\circ$  aylana shkalasiga teng.

Agar  $20^\circ\text{C}$  haroratda 100 ml.da 26 g kimyoviy toza, mutlaq quruq shakar mavjud bo'lgan eritma uzunligi 200 mm bo'lgan trubkaga joylashtirilib polarizatsiya qilinsa, saxarimetr  $100^\circ$  ni ko'rsatadi. Demak, chiziqli shkalani bir bo'linmasi (shartli  $1^\circ$ ) 100 ml.da 0,26 g shakar mavjud bo'lgan eritmaga mos keladi.

26,00 g namuna o'lchami normal namuna o'lchami va eritma uchun mo'ljallangan uzunligi 200 mm.li polarimetrik trubka normal trubka deyiladi.

Saxarimetrdan foydalana turib, shakarli mahsulotlardagi shakar foizini aniqlash mumkin. Buning uchun mahsulotni normal namuna o'lchami tortib olinadi va 100 ml.li o'lchov kolbasida eritma tayyorlanadi (harorati  $20^\circ\text{C}$  bo'lgan distillangan suv yordamida belgisigacha yetkaziladi). Uzunligi 200 mm.li trubka ishlatilganda saxarimetr shkalasi tadqiqot qilinayotgan mahsulotdagi shakar foizini ko'rsatadi.

Saxarimetr katta — asosiy va kichik nonius shkalaga ega. Asosiy shkalaning bir bo'linmasi  $1^\circ$  ga mos keladi. Nonius shkalasi eritma konsentratsiyasini  $0,1^\circ$  aniqlikkacha aniqlash imkonini beradi.

Saxarimetrlar natriy alangasini monoxromatik yorug'ligini talab qilmaydi va oddiy yorug'likda ishlashi mumkin. Bunday imkoniyat, ko'rinadigan spektr qismini barcha to'lqin uzunliklarida o'ngga buruvchi shakar va chapga buruvchi kvarts polarizatsiya tekisligining burish burchaklari o'zaro tengligi va qarama-qarshi ekanligi bilan tushuntiriladi. Demak, agar klinlar qandaydir to'lqin uzunligidagi yorug'lik uchun polarizatsiya tekisligini burish burchagini kompensatsiyalash holatida o'rnatilgan bo'lsa, u boshqa to'lqin uzunliklariga mos keluvchi nurlar uchun ham kompensatsiyalangan bo'ladi. Natijada, aylanma dispersiya, ya'ni polarizatsiya tekisligini burish burchagini yorug'lik to'lqin uzunligiga bog'liqligi nolga yetkaziladi va ko'rish maydoni bo'yalmay qolaveradi.

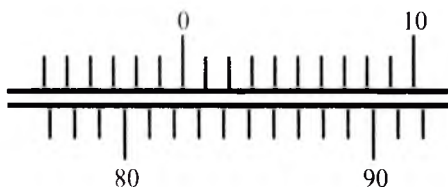
*Saxarimetrda ishni bajarish tartibi.* Ishni boshlashdan oldin asbobning nol holati tekshirilishi kerak. Buning uchun hisoblash lupasiga qarab, dastak yordamida harakatchan shkalani noli noniusni (yuqorida joylashgan harakatlanmaydigan shkala) noli bilan birlashtirilishi zarur. Bu holatda ko'rish trubasining ikkala yarmi bir xil yorishgan bo'lishi lozim.

Shundan so'ng toza yuvilgan va quritilgan yoki tadqiqot qilina-yotgan eritma bilan chayilgan trubkaga voronka orqali tadqiqot qilinayotgan eritma uni yuqori meniski trubka gardishiga yetgunicha quyiladi. Eritmaning harorati  $20^{\circ}\text{C}$  bo'lishi kerak. Eritmadagi havo pufakchalarining yuqoriga ko'tarilishi uchun birmuncha vaqt kutiladi. Havo pufakchalarini yuqoriga ko'tarilishini tezlashtirish uchun trubka devorlariga barmoqlar bilan yengilgina urish mumkin. Keyin trubka qoplagich shishasi bilan bekitiladi. Shisha ostida havo pufakchalari qolmaganligini kuzata turib, gayka buraladi. Qoplagich shishlari tashqaridan yaxshi artiladi va asbobni polarizator va analizatori o'rtasidagi kameraga joylashtiriladi.

Ko'rish maydonining ikkala yarmini yorishganligi asbobni nol holati tekshirilganligi kabi o'rnatiladi. Shundan so'ng ko'rsatishlar asosiy shkala bo'yicha  $1^{\circ}$  aniqlik bilan, nonius yordamida esa  $0,1^{\circ}$  aniqlik bilan qayd qilinadi. Natijani qayd qilish oldidan kompensatorning topilgan holatini izlanayotganga mos kelishi tekshirilishi kerak. Bu maqsadda zo'rg'a seziladigan harakatlar bilan dastak avval bir tomonga va keyin ikkinchi tomonga burilishi kerak. Bunda ko'rish maydonining har ikki yarmi yorishganligi sezilarli darajada o'zgarishi kerak. Bir xil yorishganlik qayta o'rnatiladi va natija qayd qilinadi. Natijalar lupa yordamida hisoblanadi. Butun graduslar harakatchan shkala bo'yicha (shkalaning nolidan noniusning noligacha), o'nlik ulushlar esa nonius bo'yicha (noniusning nolidan boshlab, uning shkalaning qandaydir bo'linmasi bilan mos keluvchi bo'linmasigacha) hisoblanadi.

2.14-rasmda  $82,7^{\circ}$  ga mos keluvchi shkala va nonius holatlari tasvirlangan.

Hisoblash dastakni har gal nol holatiga qaytara turib, kamida uch marta amalga oshiriladi va o'rta arifmetik qiymat hisoblanadi. Saxarimetr chiziqli shkalasi  $1^{\circ}$ , uzunligi 200 ml bo'lgan trubka ishlatilganda, 100 ml eritmada mavjud bo'lgan 0,26 g shakarga mos kelishini bilgan holda tadqiqot qilinayotgan eritmadagi shakar miqdorini hisoblash mumkin. 2.14-rasmda qayd qilingan asbob ko'rsatishi uchun quyidagini (100 ml eritmada g.da) tashkil qiladi:  $82,7 \times 0,26 = 21,5$ .



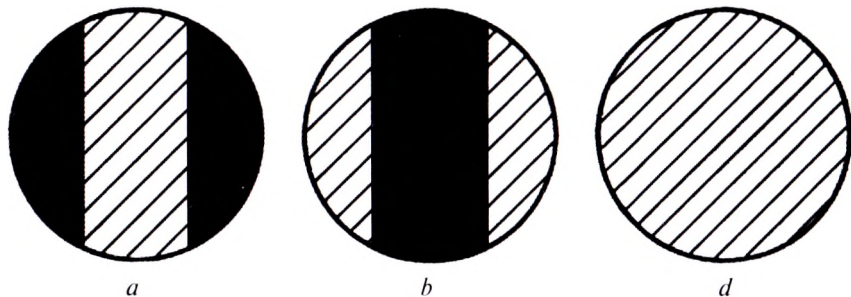
2.14-rasm. Klin kompensatsiyali saxarimetrning shkalasi.

Ba'zi polarimetrlar modellarida (aylanma polarimetr, ko'chma polarimetr) boshqa optik sxemalar ishlatiladi.

*Aylanma polarimetr.* Aylanma polarimetr burish burchagining  $\pm 360^\circ$  chegaralarida aniqlash imkonini beradi. Bu asbobda polarizator va analizator sifatida gerpatitli plyonkalar ishlatilgan. Svetofiltr va polaroid xususiyatlari shunday uyg'unlashganki, polarizatoridan o'tgan yorug'likni eng yuqori intensivligi, natriy spektridagi  $D$  sariq liniyalar to'lqin uzunligiga teng bo'lgan nurlarga mos keladi. Bu esa oddiy yorug'lik manbalaridan foydalanib ishlash imkonini yaratadi. Svetofiltr mavjud bo'lmaganida ko'rish maydoni aylanma dispersiya sababli kamalak ranglariga bo'yalishi mumkin edi.

Polarizatsiyalangan yorug'lik yo'lida kvars plastinkali diafragma o'rnatilgan bo'lib, u orqali yorug'lik dastasini faqat o'rta qismidagi nurlar o'tadi. Bu plastinka polarizatoridan chiqqan yorug'lik polarizatsiya tekisligini  $5-70^\circ$  ga burish imkonini yaratadi. Natijada, polarizator va analizatorni o'zaro kesishgan holatida, ko'rish trubasida ko'rinadigan fotometrik maydonning faqat o'ng va chap qismlari qorong'ilashtirilgan bo'ladi (2.15-rasm, *a*).

Asbob analizatorining burish orqali fotometrik maydonning o'rta qismidagi yorishganlikni birmuncha kuchsizlantirish va bir vaqtning o'zida chetki qismlari yorishganligini kuchaytirish mumkin. Natijada, ko'rish maydonning bir xil qorong'ilashtirilganligini (2.15-rasm, *d*) ta'minlovchi analizator holati topilishi mumkin. Asbobni bir xil qorong'ilashtirilgan bunday holati, dastlab tadqiqot qilinayotgan eritma solingan trubka yoki suv to'ldirilgan trubka bilan qayd qilinadi (nol nuqta). Asbobga optik faol modda bilan to'ldirilgan trubkani joylashtirilishi bir xil qorong'ilashtirilgan holatni buzilishiga olib keladi. Maydonning bir xil qorong'ilashtirilgan holatini tiklash uchun analizatorni bu moddani



2.15-rasm. Aylanma polarimetrda fotometrik maydonning ko'rinishi.

polarizatsiya tekisligini burish burchagiga teng bo'lgan burchakka burishni talab qiladi. Bu burchak kattaligi  $360^\circ$  li aylanma shkalani bo'linmalari bo'yicha hisoblanishi mumkin. Noniusning mavjud bo'lishi burchaklarni  $0,05^\circ$  aniqlik bilan hisoblash imkonini beradi.

$10^\circ$  dan kata bo'lgan burish burchaklarini o'lchashda polarizatsion dispersiya va fotometrik maydon bo'yalishini oldini olish maqsadida monoxromatik yorug'lik manbayidan foydalanish kerak bo'ladi.

*Ko'chma polarimetr.* Ko'chma polarimetr П-161М (2.16-rasm) aylanma polarimetrni modifikatsiyasi hisoblanib, cheklangan ( $\pm 20^\circ$ ) o'lchash chegaralariga ega. Bu asbobda fotometrik maydonni uch qismga bo'linishi, aylanma polarimetrlardagi kabi polarizatorni markaziga nisbatan simmetrik holatda o'rnatilgan kvarsli plastinka yordamida ta'minlanadi. Ushbu polarimetrni polarizator va analizatori himoya shishalari o'rtasida o'rnatilgan polaroid plyonkasidan tayyorlangan.

Asbob bilan ishlash paytida, analizatorni o'ng yoki chapga burish (yorug'likni polarizatsiya tekisligini burish burchagi ishoriga muvofiq) orqali fotometrik maydonning bir xil qorong'ilashtirilishiga erishiladi va shkala bo'yicha burish burchagi hisoblanadi.

П-161М da nonius bo'yicha burchakni hisoblash xatoligi  $0,1^\circ$  ni tashkil qiladi.

### 2.3. Refraktometriya asoslari

Refraktometrik tahlil moddalarning sindirish koeffitsiyentini aniqlashga asoslangan. Bu ko'rsatkich qiymatiga ko'ra, moddalarning eritmalardagi miqdori baholanishi mumkin. Ushbu usul yog'lar, tomat mahsulotlari, murabbo, jem, sut va sut mahsulotlari va boshqa oziq-ovqat mahsulotlarini tadqiqot etishda keng qo'lla-



2.16-rasm. П-161М rusumli laboratoriya polarimetri.

niladi. Ushbu usul shirin suzmali mahsulotlarni, quyultirilgan sutni nazorat qilishda, sut va sut mahsulotlaridagi laktoza miqdorini aniqlashda ishlatiladi. Shuningdek, ushbu usul yordamida pazardalik mahsulotlari, taomlar va yarimtayyor mahsulotlardagi yog' miqdori, sirop, ichimlik va jelelardagi quruq moddalar miqdori ham aniqlanadi. Refraktometrik usul tahlilning oddiyligi, yuqori aniqligi, juda kam miqdordagi modda sarfini talab etishi va tahlil uchun kam vaqt talab qilinishi sababli oziq-ovqat mahsulotlari sifatini tadqiq etishda keng foydalanilmoqda.

### 2.3.1. Sindirish ko'rsatkichi

Yorug'lik nurining bir muhitdan ikkinchisiga o'tishida, uning boshlang'ich yo'nalishidan chetlanishi yorug'likning bu ikki muhitdagi tarqalish tezliklari o'rtasidagi farq oshishi bilan oshadi. Ma'lumki, yorug'likni eng katta tarqalish tezligi vakuumda kuzatiladi va sekundiga  $3 \cdot 10^8$  metrni tashkil qiladi. Vakuum optik zichligi eng kam muhit hisoblanadi.

Berilgan tiniq muhit (modda) uchun absolut sindirish ko'rsatkichi yorug'likni vakuumdagi tarqalish tezligi  $v_B$  ni uning bu muhit (modda)dagi tarqalish tezligi  $v_c$  ga nisbatidir:

$$N = \frac{v_B}{v_c}$$

Yorug'likni vakuumdagi tezligi uni havodagi tezligiga nisbatan 1,00027 marta katta, demak:

$$N_{\text{havvo}} = \frac{v_B}{v_v} = 1,00027.$$

Xohlagan ikki muhit (I va II) uchun, agar yorug'lik optik zichligi kichik bo'lgan muhitdan (I muhit) optik zichligi katta bo'lgan muhitga (II muhit) o'tishida, II muhitdagi nurni sinishi nisbiy sindirish ko'rsatkichi  $n_{\text{nis}}$  bilan tavsiflanadi:

$$n_{\text{nis}} = \frac{v_I}{v_{II}}$$

bu yerda,  $v_I$  va  $v_{II}$  — yorug'likni tegishlicha I va II muhitlardagi tarqalish tezligi.

Amaliyotda absolut koeffitsiyentiga yaqin bo'lgan nisbiy sindirish ko'rsatkichlari, ya'ni nurni havo va tadqiq etilayotgan muhitdagi tarqalish tezliklari o'zaro nisbati ishlatiladi. Yorug'likni havodagi tarqalish tezligi uni vakuumdagi tezligidan atigi 0,03 % ga kam va havoning 0° dagi absolut sindirish ko'rsatkichi 1,0000293 ga teng.

Qattiq va suyuq jism sindirish ko'rsatkichlari haqida gapirilganda, ularni havoga nisbatan olingan nisbiy sindirish ko'rsatkichlari nazarda tutiladi. Bu kattaliklar  $n$  bilan belgilanadi va sindirish ko'rsatkichlari deyiladi.

Yuqoridagi tengliklardan  $N$  va  $n$  kattaliklari o'rtasida quyidagi bog'liqlik mavjudligi kelib chiqadi:

$$N = n \cdot 1,00027.$$

*Refraksiya* — bu nurni bir muhitdan zichroq yoki siyrak ikkinchi muhitga o'tishida kuzatiladigan sinishi yoki nurni yo'nalishini o'zgarishidir. Tushayotgan va sinayotgan nurlar hamma vaqt bir tekislikda yotadi (2.17-rasm).

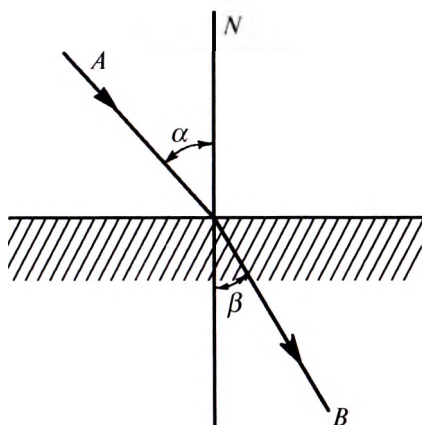
*Sindirish ko'rsatkichi yoki koeffitsiyenti  $n$*  bu tushish burchagi  $\alpha$  sinusini uning sinish burchagi  $\beta$  sinusiga nisbatidir:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}.$$

Ushbu nisbat shu ikki optik bir jinsli muhitlar uchun o'zgarmas kattalik bo'lib, yorug'likning ikkala muhitdagi tarqalish tezliklari nisbatiga teng:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}.$$

$N > 1$  ekanligi hisobga olinsa,  $\angle \alpha > \angle \beta$  ekanligi ma'lum bo'ladi.



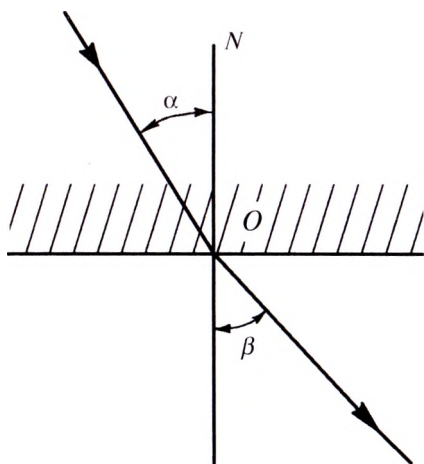
2.17-rasm. Nurning ikki muhit chegarasida sinishi.

Nurni havodan ikkinchi zichroq muhitga o'tishida sinish burchagi tushish burchagiga nisbatan doimo mayda bo'ladi. Nurni zich muhitdan, zichligi kamroq bo'lgan ikkinchi muhitga o'tishida esa sinish burchagi tushish burchagidan kattaroq bo'ladi (2.18-rasm). Bunda:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{1}{n}$$

Sindirish ko'rsatkichi ushbu modda uchun o'zgarimas kattalik bo'lib, u modda tabiati, zichligi, kelib tushayotgan yorug'lik to'lqin uzunligi, harorat va bosimga bog'liq.

Modda tabiati uni molekularini yorug'lik ta'sirida deformatsiyalanishi darajasini — polarizatsiyalanish darajasini belgilaydi. Polarizatsiyalanish qanchalik intensiv bo'lsa, yorug'likni sinishi ham shunchalik kuchli bo'ladi. Modda zichligini o'zgarishi sindirish ko'rsatkichi kattaligiga sezilarli akslanadi. Zichlikning oshishi bosim oshishini (ayniqsa, gaz muhitlarida) yoki moddaning bir allotropik modifikatsiyadan ikkinchisiga o'tishida qattiq jismni qayta kristallizatsiyalanish natijasi bo'lishi mumkin va bu holat sindirish ko'rsatkichini oshishiga olib keladi. Suyuqlik va qattiq jismlarni siqiluvchanligi juda mayda bo'lganligi sababli, ularning sindirish ko'rsatkichi bosimga bog'liq emas. Atmosfera bosimini o'zgarishi bu holda amaliy jihatdan hech qanday ta'sir qilmaydi.



2.18-rasm. Nurning muhitdan zichligi kamroq muhitga o'tishida sinishi.

Eritmalar bilan ishlashda sindirish ko'rsatkichi va eritmadagi moddaning foiz miqdori o'rtasida hamma vaqt ham to'g'ri bog'liqlik mavjud emasligini hisobga olish kerak bo'ladi. Shuning uchun sindirish ko'rsatkichi bo'yicha eritmadagi modda konsentratsiyasi haqida xulosa qilish faqat bu kattaliklar o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalovchi egri chiziqlar mavjud bo'lgan hollarda mumkin. Ko'pgina hollarda sindirish ko'rsatkichi bo'yicha erit-

madagi modda miqdorini aniqlash imkoniyati yoʻq, chunki konsentratsiyaning ancha oʻzgarishida ham sindirish koʻrsatkichi juda kam oʻzgaradi (masalan, metil spirti eritmali uchun). Eritmada ikki modda mavjud boʻlsa, bu holda faqat sindirish koʻrsatkichi boʻyicha tizim tarkibi haqida fikr yuritish mumkin emas. Bunday sharoitda qandaydir boshqa fizik-kimyoviy kattaliklarni (masalan, qaynash yoki erish harorati, solishtirma ogʻirlik va boshq.) qoʻshimcha bilish talab qilinadi.

Haroratni gaz va suyuq jismlar sindirish koʻrsatkichi qiymatlariga taʼsiri ularning hajmiy kengayish koeffitsiyenti kattaligi bilan bogʻliq. Barcha gazsimon va suyuq jismlarni hajmi isitilganda oshadi, zichligi kamayadi, natijada sindirish koʻrsatkichi ham kamayadi. Bu holda hamma vaqt ham haroratning oshishi sindirish koʻrsatkichi kamayishiga olib kelmaydi. Bunda asosiy omil modda polarizatsiyalanish darajasini harorat oshishi bilan oshishi hisoblanadi. Sindirish koʻrsatkichining haroratga bunday bogʻliqligini hisobga olgan holda refraktometrik oʻlchashlar  $20^{\circ}\text{C}$  haroratda amalga oshiriladi. Haroratning  $20^{\circ}\text{C}$  dan cheklanishida tegishli harorat tuzatishlari kiritiladi.

Sindirish koʻrsatkichining yorugʻlik toʻlqin uzunligiga bogʻliqligi dispersiya (lotin. *disperses* — sochilganlik) deb nomlanadi. Elektronlar, yorugʻlik toʻlqinining moddaga taʼsiri bilan bogʻliq boʻlgan majburiy tebranishlari atom va molekulalarni polarizatsiyalanishi sababchisi boʻlib, yorugʻlikning sinishiga olib keladi. Yorugʻlikning toʻlqin uzunligi va sinishi oʻrtasidagi munosabat shundayki, tushayotgan toʻlqin uzunligi qanchalik kichik boʻlsa, sinish shunchalik katta boʻladi. Shuning uchun ham turli toʻlqin uzunlikdagi nurlar turlicha sinadi. Koʻrinadigan yorugʻlik uchun eng katta sindirish koeffitsiyenti binafsha nurlarga (toʻlqin uzunliklari intervali 397—424 nm), eng kichigi esa qizil nurlarga (toʻlqin uzunliklari intervali 640—723 nm) mos keladi. Shu sababli turli toʻlqin uzunligidagi nurlardan iborat boʻlgan oddiy yorugʻlik boshqa muhitga kiritilsa, u bir necha monoxromatik (oddiy) nurlar hosil qilib ajraladi. Natijada, rangli kamalak tasmasi hosil boʻladi. Buning oldini olish uchun oʻlchashlarda monoxromatik yorugʻlikdan foydalanish zarur boʻladi.

Sindirish koʻrsatkichlarini jadval qiymatlari koʻp hollarda natriy spektrini sariq chizigʻi ( $D$  chiziq) uchun keltiriladi va  $n_D$  bilan belgilanadi. Bu liniyaga mos keluvchi toʻlqin uzunligi  $\lambda_D = 589$  nm. Bundan tashqari, sindirish koʻrsatkichi ularni kelib tushayotgan yorugʻlikning qanday toʻlqin uzunligiga mos kelishiga koʻra, boshqa indekslar bilan ham belgilanishi mumkin. Masalan:



$n_c$  — vodorodning qizil chiziqlariga mos keladi,  $C$  chizig'i ( $\lambda=656$  nm);

$n_B$  — vodorodni ko'k chizig'iga mos keladi,  $B$  chizig'i ( $\lambda=486$  nm);

$n_G$  — vodorodning binafsha chizig'iga mos keladi,  $G$  chizig'i ( $\lambda=434$  nm).

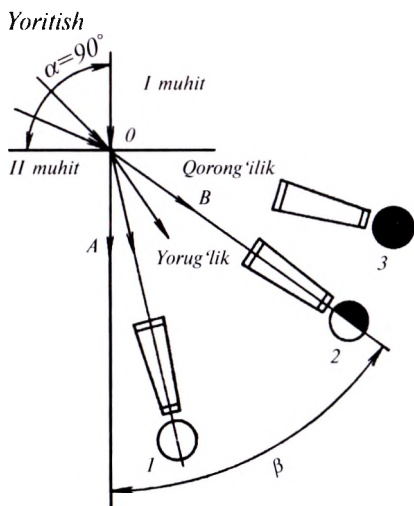
### 2.3.2. Sindirish ko'rsatkichini aniqlash

Qandaydir ikki tiniq muhitlar I va II chegarasidagi nur sinishini ko'rib chiqamiz (2.19-rasm). Shartli ravishda II muhit I muhitga nisbatan katta sindiruvchanlik xususiyatiga ega, deb qabul qilamiz.

Agar I va II muhitlar sindirish ko'rsatkichini tegishlicha  $n_I$  va  $n_{II}$  bilan belgilasak, unda  $n_{II} > n_I$ . I muhit vakuum va havo bo'lmasa, unda yorug'lik nurini tushish burchagi sinusini uni sinish burchagiga nisbati nisbiy sindirish ko'rsatkichi  $n_{nis}$  kattaligini ifodalaydi.  $n_{nis}$  kattaligi, shuningdek, ko'rib chiqilayotgan muhitlar sindirish ko'rsatkichlari nisbati sifatida ham aniqlanishi mumkin:

$$n_{nis} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_{II}}{n_I}$$

Tushish burchagi  $\alpha$  ning oshishi sinish burchagi  $\beta$  ning oshishi bilan kechadi, ammo sinish burchagi  $\beta$  tushish burchagi  $\alpha$  dan kichik bo'lib qolaveradi. Tushish burchagi  $90^\circ$  ga yetganda, sinish burchagi  $90^\circ$  dan kichik bo'lgan qandaydir chegaraviy kattalikka erishadi.



Bu holda tushayotgan nur ikki muhit chegarasi bo'ylab siljiydi. Agar burchak  $\alpha=90^\circ$  bo'lsa, u holda  $\sin \alpha=1$ . Demak, ifoda:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_{II}}{n_I}$$

quyidagicha yozilishi mumkin:

$$\frac{1}{\sin \beta} = \frac{n_{II}}{n_I}$$

2.19-rasm. Chegaraviy sinish burchagi kattaligini o'lchash sxemasi.

u holda,  $n_I = n_{II} \cdot \sin \beta$ .

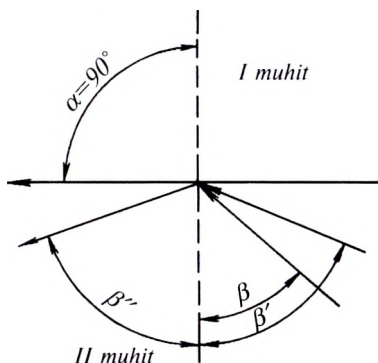
Faraz qilamiz, I muhit sindirish ko'rsatkichi ( $n_I$ ) aniqlanadigan muhit, II muhit esa sindirish ko'rsatkichi ( $n_{II}$ ) ma'lum bo'lgan optik shishadan tayyorlangan muhit bo'lsin. Yuqorida keltirib chiqarilgan ifodadan shu ayon bo'ldiki,  $n_I$  ni aniqlash uchun  $\beta$  burchak kattaligini o'lchash kifoya ekan.

2.19-rasmdan ko'rinib turibdiki, tushish burchagini  $0^\circ$  dan  $90^\circ$  gacha o'zgartirishda, singan nurlar  $OA$  va  $OV$  nurlar bilan chegaralangan yorug'lik dastasi chegarasidan chiqmaydi.  $OV$  nurdan keyin fazo joylashgan yorug'lik nurlariga ega emas va  $OV$  nur yorug'lik va qorong'ilik chegarasi hisoblanadi.  $OV$  nur muhit chegarasiga tushirilgan perpendikular bilan *chegaraviy sinish burchagi*  $\beta$  ga teng bo'lgan burchak hosil qiladi va chegaraviy nur, deb nomlanadi.

Singan nurlar yo'lida siljiydigan ko'rish trubasi, uni mumkin bo'lgan har bir holatidagi optik o'qi biron-bir singan nurlar yo'nalishiga mos keladigan tarzda o'rnatilgan bo'lsin. U holda ko'rish trubasini I-holatida trubani ko'rish maydonining yoritilgan, 3-holatida esa to'liq qorong'ilashtirilgan bo'ladi. Oraliq 2-holatda ko'rish trubasini optik o'qi yorug'lik va qorong'ilik chegarasi hisoblanmish  $OV$  nur bilan mos keladi va ko'rish maydonining yarmi yorishgan, yarmi esa qorong'ilashgan bo'ladi. Bu holda muhitlar chegarasiga tushirilgan preperdikular va trubaning optik o'qi o'rtasidagi burchak aynan axtarilayotgan  $\beta$  burchak hisoblanib, u trubaning maxsus shkala noliga nisbatan oson o'lchanishi mumkin.

Ma'lumki, sindirish ko'rsatkichi  $n_{II}$  ga ega bo'lgan sinuvchi muhit II da  $\beta$  burchak kattaligi izlanayotgan sindirish ko'rsatkichi  $n_I$ , ya'ni tadqiq etilayotgan muhit I tabiati bilan belgilanadi.

Tushuvchi va singan nurlar qaytuvchan hisoblanadi. Ko'proq sindiruvchi II muhitdan kamroq sindiruvchi I muhitga yo'naltirilgan nurni tushish burchagini  $\beta$  gacha oshira turib, singan nurni normalga nisbatan  $90^\circ$  burchak hosil qilgan holatiga erishish mumkin (2.20-rasm). Bunda singan nur go'yoki ikki muhit chegarasida siljiydi. Tushish burchagining yanada ko'proq oshishi sari singan nur muhit chegarasidan umuman chiqmaydi va chegara yuzasidan to'liq akslanadi. II muhitdan  $\beta$  burchakdan kattaroq  $\beta'$  bur-



2.20-rasm. To'liq ichki akslanish.

chak ostida yo'naltirilgan nurni sinishi kuzatilmaydi va uni shu muhitni o'ziga  $\beta'$  burchak ostida to'liq akslanishi sodir bo'ladi. Akslanish qonuniyatlariga binoan  $\beta'$  burchagi  $\beta$  burchagiga teng. Bu hodisa *to'liq ichki akslanish*, deb nomlanadi.

Singan nurning ikki muhit chegarasida siljishini ta'minlovchi nurni  $\beta$  tushish burchagi *chegaraviy tushish burchagi* deyiladi.

Shunday qilib, yuqorida bayon etilgan sindirish ko'rsatkichini aniqlash prinsipi chegaraviy burchaklar kattaligini o'lchashga (chegaraviy burchak usuli) asoslangan.

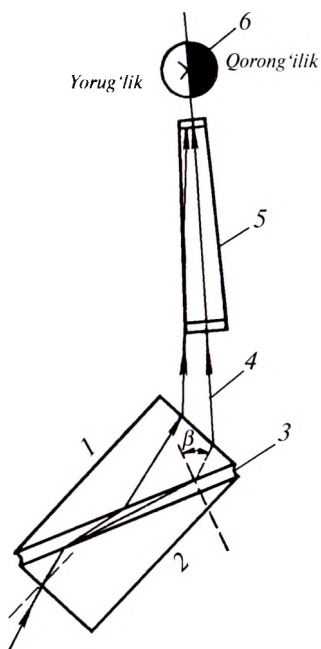
### 2.3.3. Refraktometrlar

Suyuq moddalar va eritmalar sindirish ko'rsatkichini aniqlashga mo'ljallangan asboblarda *refraktometrlar* deyiladi. Ushbu asboblarning ikki asosiy turlari mavjud, ya'ni Abbe turidagi refraktometrlar va Pulfrich turidagi refraktometrlar.

Har ikki turdagi refraktometrlardagi o'lchash chegaraviy sindirish burchagi kattaligini aniqlashga asoslangan.

Abbe turidagi refraktometrlarga RLU (universal laboratoriya refraktometri), IRF-22, RPL-3 (oziq-ovqat laboratoriya refraktometri), RP (ko'chma refraktometr), RP «Karat-MT», IRF-457, IRF-460, IRF-464 va boshqalar tegishli.

Abbe refraktometrlarini asosiy qismi o'lchov (1) va yorituvchi (2) prizmalardan iborat bo'lgan prizmalik blok hisoblanadi (2.21-rasm). Tadqiq etilayotgan suyuqlikning yupqa qatlami (3) bir-biriga zich qisilgan har ikki prizmaning gipotenuza tomoni o'rtasida joylashgan bo'ladi. Yorituvchi prizmani gipotenuza tomoni g'adir-budur bo'lib, undan tadqiqot etilayotgan suyuqlik qatlamiga kiruvchi nurlarning sochilishini ta'minlaydi. Shuning uchun yorug'lik nurlari suyuqlik qatlamiga turli yo'nalishlarda kirib boradi. Ammo, suyuqlikni bunday yoritib, tushish



2.21-rasm. Abbe refraktometrini prinsipial sxemasi:

- 1 — o'lchov prizma; 2 — yorituvchi prizma; 3 — mahsulot qatlami; 4 — chegaraviy nur; 5 — ko'rish trubkasi; 6 — ko'rish maydoni.

burchagi aniq  $90^\circ$  bo'lgan nurlarni olish mumkin emas. Suyuqlik qatlamini unchalik katta bo'lmagan qalinligini e'tiborga olgan holda, xususan, texnikaviy o'lchashlarda bu holat hisobga olinmasligi mumkin.

Tushish burchagi to'g'ri chiziqqa eng yaqin bo'lgan chegaraviy nur bilan ko'rish trubkasi (5) dagi ko'rish maydoni (6) yorug' va qorong'i qismlarga bo'linadi.

Abbe turidagi universal refraktometr (RLU) 1,3—1,7 diapazondagi sindirish koeffitsiyentlarini aniqlash imkonini beradi va turli mahsulotlarni tadqiq etishda ishlatilishi mumkin.

*Asbobda o'lchash quyidagicha amalga oshiriladi.* Prizmalar ularni tutashish yuzasi gorizontal holatni egallagunicha aylantiriladi. Yuqori prizma ochilib, pastki prizma yuzasiga 2—3 tomchi tadqiq etilayotgan mahsulot joylashtiriladi va yuqori prizma bilan qisiladi. Prizmalar, chegaraviy nur ko'rish trubasini optik o'qi bilan birlashgunicha, yorishganlik va qorong'ilik chegarasi esa trubada ko'rinadigan ikki to'g'ri chiziqlarni kesishuv nuqtasi bilan tutashgunicha buriladi.

Oq yorug'likni o'lchov prizmasidan o'tishida uni ajralishi (dispersiya) sodir bo'ladi. Buning natijasida yorug'lik va qorong'ilik chegarasi noaniq, kamalakli tasma ko'rinishida bo'ladi. Bu esa refraktometr shkalasi bo'yicha hisob olib borilishini qiyinlashtiradi. Buning oldini olish maqsadida refraktometrlar yorug'lik dispersiyasini yo'qotuvchi maxsus qurilma — kompensatorlar bilan ta'minlanadi. Kompensatorlar turli shisha navlaridan tayyorlangan ikki yoki uchta prizma yoki linzalar to'plamidan iborat bo'lib, unda spektrni turli ranglari bir-biriga shunday qo'shiladiki, natijada yorug'lik va qorong'ilik chegarasi aniqlashadi.

Kompensatordagi prizmalar optik tavsiflari shunday tanlanganki, bu prizmaga natriy spektridagi sariq chiziqlar —  $D$  chiziqlar o'z yo'nalishini o'zgartirmasdan kiradi va chiqadi. Vodород spektridagi ko'k va qizil nurlar esa ( $C$  va  $F$  chiziqlar) prizmani ma'lum holatida bu yo'nalishdan o'zaro teng, ishorasi bo'yicha teskari bo'lgan ma'lum burchaklarga og'adi. Ularni qo'shish natijasida dispersiya nolga keltiriladi. Shunday qilib, o'lchov prizmasidan chiqayotgan nurlar kompensatordan o'tgach, bitta oq nurga to'planadi. Bu esa ko'rish maydonini yorug' va qorong'i qismlari o'rtasidagi aniq chegara olinishini ta'minlaydi. Prizmadan chiqayotgan nurlar yo'nalishi  $D$  nurlariga mos keladi. Yoritish uchun monoxromatik nur ishlatilmaganligiga qaramasdan, o'lchangan

sindirish ko'rsatkichi ma'lum to'liq uzunligi  $n_D$  ga mos keladi. Kompensatorni kerakli holati maxsus maxovikchani aylantirish bilan ta'minlanadi.

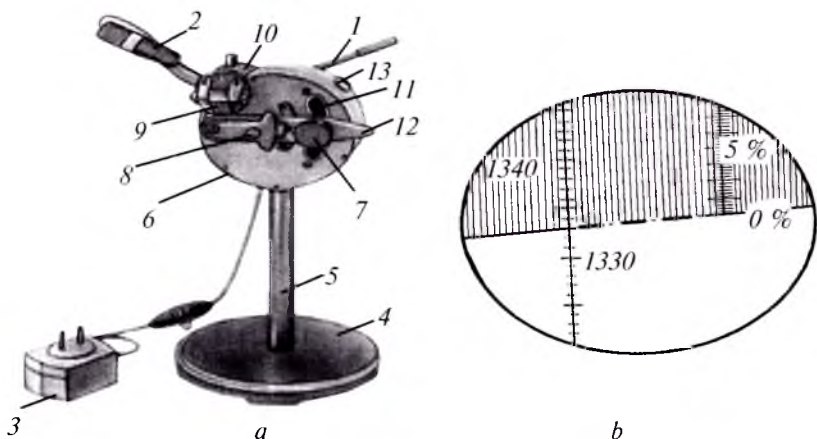
O'lchash  $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$  haroratda o'tkaziladi. O'zgarmas haroratni saqlash uchun prizmani metall tutqichiga trubka orqali suv o'tkaziladi va nazorat termometri o'rnatiladi.

O'lchash oldidan refraktometrni «nol» nuqtasi tekshiriladi. Asbobning to'g'ri sozlanganligi distillangan suv bo'yicha tekshiriladi. To'g'ri sozlangan asbobda,  $20^\circ\text{C}$  haroratda ko'rish maydonchasing qora va yorug' qismlaridagi chegara chizig'i shkalani «nol» bo'linmasi bilan mos kelishi kerak. Ko'rsatishlar harakatlanmaydigan shkala bo'yicha lupa orqali 0,0001 aniqlikda qayd qilinadi. Natijada, maydonning yorug' qismidan qorong'i qismiga, so'ngra qorong'i qismidan yorug' qismiga o'tilishida kamida 3 marotaba qayd qilinadi. Yakuniy natija sifatida barcha qayd etishlarni o'rta arifmetik qiymati qabul qilinadi.

**IRF-22 refraktometri** ham suyuq, ham qattiq jismlar sindirish ko'rsatkichlarini (1,3—1,7 intervalda) o'lchash imkonini beradi. Ushbu refraktometrda qator o'zgartirishlar uni foydalanishga qulay va u bilan ishlashni yengillashtiradi. Bu refraktometrda maxsus optik tizim ko'rish trubasida sindirish ko'rsatkichlari shkalasini va o'lchashda yorug'lik hamda qorong'ilik chegarasi tutashtiriladigan chiziqlar kesishuvini birgalikda ko'rish imkonini beradi. Bu asbobda sindirish ko'rsatkichlari kattaligini o'lchash aniqligi ( $\pm 1-2 \cdot 10^{-4}$ ) RLU refraktometri bilan bir xil.

**RPL-3 (2.22-rasm) refraktometri** boshqa turdagi refraktometrlardan farqli ravishda ikkita shkalaga ega. Ulardan biri sindirish ko'rsatkichlarini 1,330—1,540 chegaralarida ko'rsatsa, ikkinchisi esa shakarni suvli eritmalaridagi foizda ifodalangan miqdorni (0—95 % gacha) ko'rsatadi. Shuning uchun bu refraktometrlar saxarimetrlar deb ham nomlanadi. Bu asbobni o'lchov prizmasi harakatsiz va boshqa asboblarga nisbatan sindirish ko'rsatkichi mayda bo'lgan materialdan tayyorlangan, bu esa sindirish ko'rsatkichlarini tor chegarada o'lchash imkonini beradi.

Asbobdagi prizmalar ichi bo'sh metall gardishlarga joylashtirilgan va ularga rezinali trubkalar yordamida kerakli haroratdagi suv berilishi mumkin. Harorat termometr yordamida nazorat qilinadi. Yorug'lik prizma gardishida joylashgan tuynuk orqali harakatchan oyna yordamida yo'naltiriladi. Yoritish uchun oddiy oq yorug'lik ishlatilishi sababli, dispersiya (kamalakli tasma)



2.22-rasm. RPL-3 refraktometri:

*a* — umumiy koʻrinishi: 1 — termometr; 2 — yoritgich; 3 — transformator; 4 — asos; 5 — kolonka; 6 — korpus; 7 — okular; 8 — kompensator vinti; 9 — pastki prizmal kamera; 10 — yuqori prizmal kamera; 11 — shkala; 12 — dastak; 13 — yustrovka kaliti tirqishi; *b* — refraktometrning koʻrish maydoni.

kompensator yordamida yoʻqotiladi. Kompensator richagi okular richagi bilan bir oʻqda joylashgan. Okularni buraluvchan boshchasi yordamida koʻrish qobiliyatiga, mos ravishda, fokus masofasi rostlanadi. Bunda shkaladagi raqam va boʻlinmalarning aniq tasviriga erishiladi. Asbob okulari harakatchan boʻlib, prizmalarga nisbatan aylanadi.

Asbob koʻrsatishlari okularda koʻrinadigan punktir chizigʻi koʻrinishidagi vizir yordamida yozib boriladi. Bunda okular dashtagini yuqoriga yoki pastga harakatlantira turib, vizir chizigʻini yorugʻlik-qorongʻilik chegarasi bilan tutashishiga erishiladi va bu chegara oʻtayotgan shkala koʻrsatishlari qayd qilinadi.

*Ishni bajarish tartibi.* Ishni boshlashdan oldin normal suyuqlik yoki distillangan suv yordamida refraktometr koʻrsatishlari tekshiriladi. Soʻngra prizmalar quruq holigacha artilgach, shisha tayqcha yordamida pastki prizмага bir necha tomchi tadqiqot etilayotgan suyuqlik joylashtiriladi. Pastki prizma yuqoridagi prizma bilan yopiladi va okularga qaray turib, yuqorida koʻrsatilganidek, asbob koʻrsatishlari qayd qilinadi. Yorugʻlik-qorongʻilik chegarasining aniq koʻrinishiga kompensator dashtagini burab turib erishiladi. Shkala koʻrsatishlari qayd qilingach, okular joyidan qoʻz gʻatiladi va qayta rostlanadi. Shunday yoʻl bilan kamida uch marta

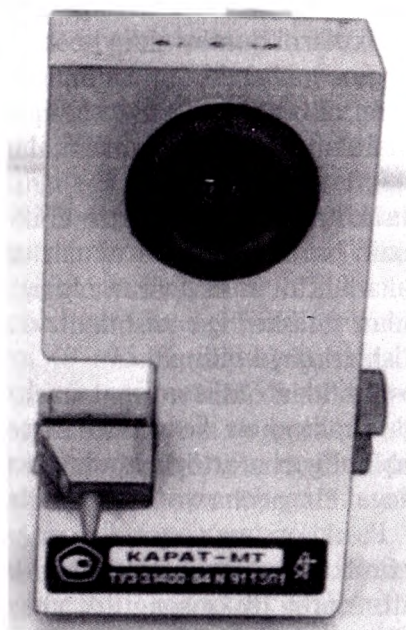
hisob o'tkaziladi. Yakuniy natija barcha o'tkazilgan hisoblarni o'rta arifmetik qiymati hisoblanadi. Aniqlash jarayonida termometr ko'rsatishlarini kuzatib borish zarur.

Agar harorat 20°C dan yuqori yoki past bo'lsa, harorat tuzatishlari kiritiladi yoki prizmalar harorati aniq 20°C da saqlanishi kerak.

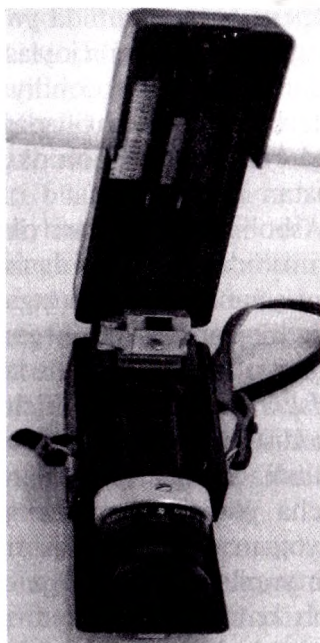
Hozirgi paytda dala va korxonada sharoitida foydalanishga mo'ljallangan har xil turdagi refraktometrlar ishlab chiqilgan. Bular qatoriga «Kapat—MT», IRF-460 va IRF-464 ko'chma refraktometrlari tegishli.

«Kapat—MT» ko'chma refraktometri (2.23-rasm) suyuq va qattiq jismlar sindirish ko'rsatishini ( $n_D = 1,3 \div 1,5$ )  $\pm 2 \cdot 10^{-4}$  aniqlik bilan o'lchashga mo'ljallangan. Asbobning o'lchamlari 83x70x143 mm va massasi esa 700 grammdan yuqori emas.

IRF-460 va IRF-464 refraktometrlari (2.24-rasm) sochuvchi suyuq muhitlar sindirish ko'rsatkichini o'lchashga mo'ljallangan. IRF-464 refraktometr «Kapat—MT» refraktometriga monand texnik ko'rsatkichlarga ega bo'lib, sutdagi oqsil miqdori foizining BELOK shkalasida asbobni sut va zardob bo'yicha ko'rsatishlari



2.23-rasm. «Kapat—MT» rusumli ko'chma refraktometr.



2.24-rasm. IRF-464 rusumli ko'chma refraktometr.

ayirmasi bo'yicha aniqlash uchun ishlatilishi mumkin. Bu asboblarning prizmalı bloki ko'rish trubasini oxirida qattiq mahkamlangan. Hisob ko'rish trubasida kuzatiladigan to'liq ichki akslanish chegarasida olib boriladi.

Abbe refraktometrlariga pretsizion (aniq o'lchaydigan) refraktometrlar ham tegishli. Ushbu refraktometrlarning RPL-1 va RPL-2 rusumli modellari ma'lum. Pretsizion refraktometrlarning yuqori aniqligi mustahkam termostatlash va tadqiq etilayotgan namunaning kimyoviy va fizikaviy o'zgarishi oldini olish evaziga ta'minlanadi.

Pretsizion refraktometrlar Abbe refraktometrlari turiga mansub bo'lib, ularda oddiy mexanik burchak o'lchash moslamasi mavjud emas. Yorug'lik va qorong'ilikni chegara chizig'i holati shartli teng o'lchovli shkala bo'linmalariga ko'ra aniqlanadi. Asbob nisbatan yuqori kattalashtirishga ega bo'lgan ko'rish trubasi bilan ta'minlangan bo'lib, u o'lchov prizmasi bilan harakatsiz holatda ulanadi. RPL-2 da prizma ko'rish trubasi o'qiga nisbatan 90° burchak ostida joylashgan. Pretsizion refraktometrlardagi bu konstruktiv o'zgarishlar sindirish ko'rsatkichlari kattaligini faqat tor intervalda (1,33—1,38) o'tkaziladigan o'lchash aniqligini oshirish imkonini beradi.

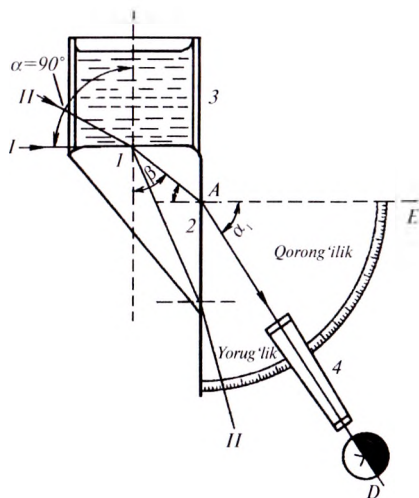
Pretsizion refraktometrlar eritmalardagi quruq moddalar konsentratsiyasini (30 % gacha) aniqlashda ishlatiladi. Refraktometr shkalasi 102 ta shartli bo'linmalarga bo'lingan. Refraktometr ko'rsatishlari maxsus jadvallarga ko'ra, quruq moddalar foiziga aylantiriladi.

Ishni boshlash oldidan asbob nol holatiga o'rnatiladi. Buning uchun pastki prizmaning o'rtasiga shisha tayoqcha yordamida 1—2 tomchi distillangan suv tomiziladi. Yorituvchi prizma joylashgan kamera o'lchov prizmasi joylashtirilgan kamera bilan zich tutashtiriladi, yorituvchi prizmani to'sig'i ochiladi, okulardan kuzata turib hisoblash barabani nolga o'rnatiladi. Kamalakli bo'yalyish kompensator halqasini aylantira turib yo'qotiladi. Nolga o'rnatilgan asbobda ko'rish maydonining yoritilgan va qorong'i qismlari o'rtasidagi aniq chegara shkalaning nol bo'limi orqali o'tishi kerak. So'ngra refraktometrni quruq va toza o'lchov prizmasiga 1—2 tomchi tadqiq etilayotgan suyuqlik tomiziladi va yorug'lik-qorong'ilik chegarasini shkaladagi holati kuzatiladi. Shkala bo'yicha olingan hisob butun birlik sifatida yozib olinadi va unga hisoblash barabanini ko'rsatish chizig'i qarshisidagi bo'linmalar soni o'nlik ulush sifatida qo'shiladi.



*Pulfrix turidagi refraktometrlar.* Pulfrix turidagi refraktometrlar sxemasi 2.25-rasmda keltirilgan. Ushbu asboblarda prizmati blok mavjud emas. O'lovch prizmasini kirish 1 va chiqish 2 tomonlari o'rtasidagi burchak  $90^\circ$  ga teng. Prizmani kirish tomonining chetki qismlariga shunday ishlov berilganki, uni yuzasi doira shakliga ega. Bu chetki qismga tadqiq qilinayotgan suyuqlik solinadigan silindrik stakan joylashtiriladi va yelimlanadi. Kirish tomonini aylana ko'rinishidagi chetki qismlari silindrik stakanni yelimlanadigan joyini uning ishchi yuzasidan pastroqda joylashtirish imkonini beradi. Shuning uchun suyuqlik va prizma chegarasi bo'ylab yo'naltirilgan nur (1) yelim qatlami bilan uchrashmaydi va demak, uni buzib ko'rsatilishi oldi olinadi. Bu nurni tushish burchagi aniq  $90^\circ$  ga teng bo'lganligi sababli, burchak kattaligi hamma vaqt chegaraviy sindirish burchagiga mos keladi. Bu holat ushbu asboblarning yuqori aniqligini ( $1-2 \pm 10^{-5}$ ) belgilaydi va ulardan aniq o'lchashlarda foydalanish imkonini yaratadi.

Pulfrix tipidagi refraktometrlarda Abbe refraktometrlaridan farqli ravishda monoxromatik manbalar ishlatiladi. Asbobni ko'rish trubasi (4), uni ko'rish maydonida ko'rinadigan chiziqlar keshuvi monoxromatik yorug'likni yaqqol chegarasi bilan bir-



2.25-rasm. Pulfrix refraktometrining sxemasi:

- 1 — yo'naltirilgan nur; 2 — o'lovch prizmasi; 3 — silindrik stakan;
- 4 — ko'rish trubkasi.

lashishini ta'minlagan holda o'rnatiladi. 2.25-rasmdan ko'rinib turibdiki, trubani bunday holati uni optik o'qini prizma-havo chegarasida singan chegaraviy nur bilan mos kelishiga to'g'ri keladi.

Bu turdagi IRF-23 refraktometri almashtiriladigan prizmalar bilan ta'minlangan bo'lib, ularning har biri ma'lum chegaradagi sindirish ko'rsatkichlarini aniqlashga mo'ljallangan. Asbob ba'zi kuchli sindiruvchi moddalar sindirish ko'rsatkichini aniqlash imkonini beradi, chunki uning yuqori o'lchash chegarasi yuqorida ko'rib chiqilgan asboblarga nisbatan ancha yuqori (1,9).

Refraktometr sindirish ko'rsatkichini asbobda o'lchangan  $\alpha$  burchakka ko'ra, topish imkonini beruvchi jadvallar (har bir prizma uchun alohida) bilan ta'minlangan. 2.25-rasmdan ko'rinib turibdiki, burchagi havoda singan chegaraviy  $AD$  nur va prizmani chiqish tomoniga tushirilgan perpendikular bilan hosil qilingan. Agar o'lchov prizmasi sindirish ko'rsatkichini  $N$  bilan belgilasak, u holda tadqiq etilayotgan suyuqlikni sindirish ko'rsatkichi  $n$  quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$n = \sqrt{N^2 - \sin^2 \alpha} .$$

## 2.4. Fotokolorimetriya asoslari

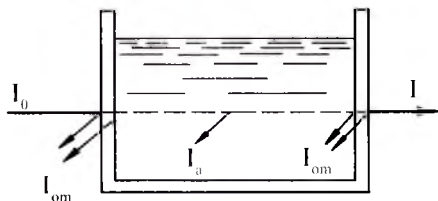
Fotokolorimetrik tahlilning asosiy vazifasi eritmadagi modda miqdorini aniqlash hisoblanadi. Fotokolorimetrik tahlil uslubi tadqiqot etilayotgan modda tomonidan monoxromatik yorug'likni tanlanma yutilishiga asoslangan.

### 2.4.1. Bo'yalgan birikmalar eritmalarining asosiy optik xususiyatlari

$I_0$  intensivlikka ega bo'lgan oq yorug'lik dastasini eritma bilan to'ldirilgan shisha idish orqali o'tishida (2.26-rasm) boshlang'ich yorug'lik oqimi intensivligini pasayishi sodir bo'ladi va idishdan chiqayotgan yorug'lik dastasi  $I < I_0$  intensivlikka ega bo'ladi. Yorug'lik oqimini kuchsizlanishi qisman uni shisha havo va shisha-eritma chegarasida akslanishi ( $I_{om}$ ), eritmada muallaq zarrachalarni mavjud bo'lishi keltirib chiqaradigan yorug'likni qisman sochilishi ( $I_p$ ) va asosiysi yorug'lik energiyasini eritma tomonidan yutilishi (absorbsiyasi) ( $I_a$ ) bilan bog'liq bo'ladi. Shunday qilib, yorug'likni eritma orqali o'tishini quyidagi tenglama bilan ifodalash mumkin:

$$I_0 = I_a + I_{om} + I_p + I .$$

Turli eritmalar tomonidan yorug'lik yutilishini taqqoslab o'rganishda bir xil kyuvetalardan foydalaniladi. Ular uchun yorug'lik oqimining akslangan qismi intensivligi o'zgarmas va kichik bo'lib, uni



2.26-rasm. Shisha idishga joylashtirilgan eritmadan yorug'lik o'tishi.

hisobga olmaslik mumkin. Bundan tashqari, yetarlicha toza boshlang'ich moddalar eritmasi bilan ishlashda, yorug'likni sochilishi natijasidagi yo'qotilishi ham unchalik katta emas. Shuning uchun yuqoridagi tenglamani quyidagi oddiy ko'rinishda yozish mumkin:

$$I_0 = I + I_a.$$

Kelib tushayotgan ( $I_0$ ) va eritma orqali o'tgan yorug'lik oqimi intensivligini ( $I$ ) bevosita o'lchash mumkin. Yorug'lik oqimining eritma tomonidan yutilishi darajasi oq yorug'likni tashkil etuvchi turli to'lqin uzunligidagi yorug'lik oqimlari uchun bir xil emas. Buning natijasida chiqayotgan yorug'lik ko'p hollarda bo'yalgan bo'ladi. Ko'z tomonidan qabul qilinadigan eritma rangini kelib tushayotgan yorug'lik, dastasini eritma orqali yutilmay o'tgan qismi belgilaydi. Eritmaning yutiladigan rangini yutiladigan nurlanish rangiga qo'shimcha sifatida hisoblash qabul qilingan. Masalan, spektrni sariq-yashil qismini ( $\lambda=560-570$  nm) eritma kuzatuvchi uchun binafsha rangga bo'yalgan bo'ladi. Eritma rangining yorug'lik spektrini yutilgan qismiga bog'liqligi 2.3-jadvalda keltirilgan.

2.3-jadval

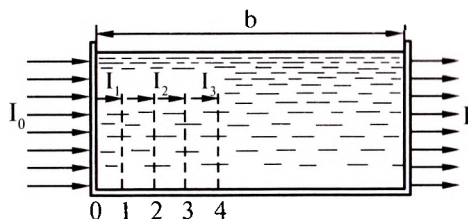
### Eritma rangining yutilgan spektr qismiga bog'liqligi

Yutilgan qismining spektr diapazoni, nm	Yorug'likning yutilgan qismi rangi	Eritmani tuyuladigan rangi (qo'shimcha rang)
400—450	binafsha	sarg'ish-yashil
450—480	ko'k	sariq
480—490	yashil-ko'k	pushti
490—500	ko'k-yashil	qizil
500—560	yashil	alvon
560—575	sarg'ish-yashil	binafsha
575—590	sariq	ko'k
590—625	pushti	yashil-ko'k
625—750	qizil	ko'k-yashil

Shunday qilib, bo'yalgan birikmalar eritmalarining kalorimetriyadagi asosiy optik tavsiflari bo'yalish intensivligi va eritma rangi hisoblanadi.

*Kalorimetriyani asosiy qonuni.* Kalorimetriyada bo'yalish intensivligi optik zichlik kattaligi  $D$  bilan ifodalanadi. Ushbu kattalik ahamiyatini quyidagi mulohazalarda tushunib olish mumkin.

Faraz qilaylik, bo'yalgan eritma kyuvetaga  $b$  birlikdagi qalinlikda qo'yilgan bo'lsin. Umumiy yutadigan qatlamni fikran  $b$  uchastkalarga bo'lamiz va eritma orqali o'tayotgan yorug'lik oqimi intensivligining o'zgarishini kuzatamiz (2.27-rasm). Kyu-



2.27-rasm. Kalorimetriyani asosiy qonunini keltirib chiqarish sxemasi.

vetaga kirayotgan yorug'lik oqimi intensivligini  $I_0$  ga teng deb qabul qilamiz (yoritish uchun ma'lum to'lqin uzunligiga ega bo'lgan yorug'lik, ya'ni monoxromatik nurdan foydalanilyapti, deb taxmin qilinyapti). Yorug'lik birinchi uchastkani o'tganda, uning intensivligi  $n$  marotaba kamayadi va quyidagiga teng bo'ladi:

$$I_1 = \frac{I_0}{n},$$

bu yerda,  $n > 1$ .

Eritmaning ikkinchi qatlamiga endi intensivligi  $I_1$  bo'lgan yorug'lik oqimi kiradi. Bu yorug'lik oqimi ikkinchi qatlamni o'tgach, uning intensivligi ham  $n$  marotaba kamayadi va  $I_2 = \frac{I_1}{n}$  ga

teng bo'ladi.  $I_1 = \frac{I_0}{n}$  ekanligi hisobga olinsa, unda  $I_2 = \frac{I_0}{n^2}$ .

Eritmaning uchinchi qatlamiga intensivligi  $I_2$  bo'lgan yorug'lik oqimi kiradi va uchinchi qatlamni o'tgach, uni intensivligi  $I_3 = \frac{I_2}{n}$  ga

teng bo'ladi, ya'ni  $I_3 = \frac{I_0}{n^3}$ . Shunday qilib, yorug'lik oqimi qatlam qalinligi  $b$  bo'lgan eritma orqali o'tgach kyuvetadan  $I_b = I$  intensivlik bilan chiqadi:

$$I = \frac{I_0}{n^b},$$

Bu tenglamadan quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{I_0}{I} = n^b,$$

Bu tenglamani logarifmlasak, quyidagini hosil qilamiz:

$$\ell g \frac{I_0}{I} = D = \ell g n^b = b \ell g n,$$

bu yerda,  $b$  — yutuvchi qatlam qalinligi;  $\ell g n$  — ma'lum to'liqin uzunligidagi yorug'likning o'tishida ushbu eritma uchun o'zgar-mas bo'lgan kattalik;  $\ell g \frac{I_0}{I}$  — eritmaning optik zichligi deyiladi va  $D$  harfi bilan belgilanadi.

Quyida ba'zi optik tavsiflarni keltiramiz. Eritma orqali o'tgan yorug'lik intensivligini kelib tushayotgan yorug'lik intensivligiga bo'lgan nisbati  $I/I_0 = T$  eritmaning tiniqligi yoki o'tkazuvchanligi

deyiladi. Tiniqlikka teskari bo'lgan kattalik  $\frac{1}{T} = \frac{I_0}{I}$  tiniqmaslik yoki eritmani yutuvchanligi deyiladi. Eritmaning yutuvchanlik xususiyati bu u tomonidan yutilgan yorug'lik intensivligini kelib tushayotgan yorug'lik intensivligiga nisbatidir, ya'ni  $\frac{I_0}{I}$ .

Yuqorida keltirilgan oxirgi tenglama Buger-Lambert qonunini aks ettiradi va uni quyidagicha ta'riflash mumkin. Berilgan moddaning bir xil qalinlikdagi qatlamlari bir xil sharoitlarda unga kelib tushayotgan yorug'lik oqimining ma'lum bir qismini yutadi yoki moddaning optik zichligi yutilayotgan qatlam qalinligiga to'g'ri proporsional.

Qonun mohiyatini aniq misolda ko'rib chiqamiz. Moddaga kiruvchi yorug'lik oqimi intensivligi  $I_0$  100 shartli birliklarga teng bo'lsin va moddani bir qatlamini o'tishida yorug'lik oqimi 2 ma-rotaba kuchsizlansin, ya'ni  $n=2$  deb faraz qilamiz. Unda:

$$I_1 = \frac{I_0}{n} = \frac{100}{2} = 50; I_2 = \frac{I_0}{n^2} = \frac{100}{4} = 25; I_3 = \frac{I_0}{n^3} = \frac{100}{8} = 12,5; I_4 = \frac{I_0}{10} = 6,25.$$

Bu bog'liqlikni grafik tasviri 2.28-rasmda keltirilgan. Optik zichlikni yutayotgan qatlam qalinligiga bog'liqligi koordinata bo-shidan o'tuvchi to'g'ri chiziq bilan yoziladi.

Ber tomonidan yorug'likning gaz va eritmalar orqali o'tishida yorug'likni yutilish darajasi yorug'lik oqimi yo'lida uchraydigan birlik hajmdagi zarrachalar soniga bog'liqligi, ya'ni yorug'likning yutilishi modda konsentratsiyasiga bog'liq ekanligi aniqlangan:

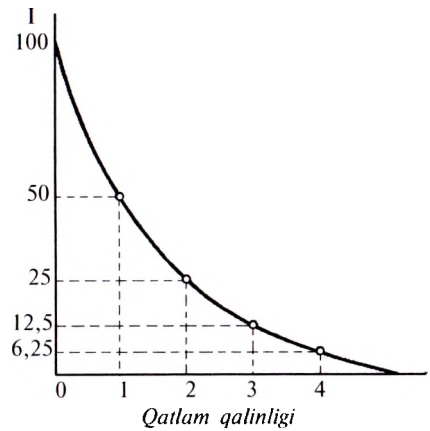
$$D = \ell g \frac{I_0}{I} = \varepsilon \cdot b \cdot c,$$

bu yerda,  $\varepsilon$  — yutilish koef-fitsiyenti (ma'lum to'lqin uzun-ligidagi yorug'likni o'tishida shu eritma moddalari uchun o'zgarmas kattalik);  $b$  — qat-lam qalinligi;  $c$  — modda konsentratsiyasi.

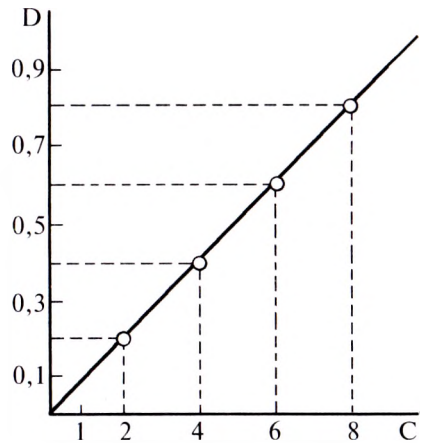
Optik zichlikning eritma-dagi modda konsentratsiyasi va yutuvchi qatlam qalinligiga bunday bog'liqligi Buger-Lambert-Ber qonuni (kalori-metriyani asosiy qonuni) deb nomlanadi. Bu qonunni qu-yidagicha ta'riflash mumkin: eritmaning optik zichligi bir xil sharoitlarda modda konsentratsiyasi va yutuvchi qatlam qalinligiga proporsional.

Ko'p hollarda optik zichlikni eritmadagi modda konsen-tratsiyasiga bog'liqligini grafikaviy ifodalash qabul qilingan (bunda absissa o'qida konsentratsiya qiymatlari, ordinata o'qida esa tegishli optik zichlik katta-liklari qo'yiladi). Bunda ka-lorimetriyani asosiy qonuniga ko'ra (doimiy qatlam qa-lin-ligi  $D=k \cdot c$ , chunki  $\varepsilon b=k$ ) ko-ordinata boshidan o'tuvchi to'g'ri chiziq hosil qilinadi (2.29-rasm).

*Molyar yutilish koefitsiyenti.* Yuqorida keltirilgan Buger-Lambert-Ber qonunidagi  $C$  konsentratsiya 1 litrdagi gramm-mollar sonida va qatlam qalin-ligi  $b$  sm.da ifodalansa,  $\varepsilon$  kat-taligini molyar yutilish koef-fitsiyenti deb nomlash va  $\varepsilon_m$  bi-lan belgilash qabul qilingan.



2.28-rasm. Chiqayotgan yorug'lik oqimi intensivligini yutuvchi qatlam qalinligiga bog'liqligi.



2.29-rasm. Optik zichlikni bo'yalgan modda konsentratsiyasiga bog'liqligi. Ber qonuni.

Molyar yutilish koeffitsiyentining son qiymati 1 sm yutuvchi qatlam qalinligidagi va 1 litrda 1 gramm-mol konsentratsiyaga ega bo'lgan eritmani optik zichligiga teng. Molyar yutilish koeffitsiyenti ma'lum to'liqin uzunligidagi yorug'likni o'tishida modda konsentratsiyasiga bog'liq emas. Molyar yutilishi koeffitsiyentining kattaligi turli birikmalar eritmaları uchun turlicha bo'lib, birdan bir necha mingni tashkil etadi. Shuning uchun molyar yutilish koeffitsiyenti kalorimetrik reaksiyalarni sezgirlik o'lchovi hisoblanadi. Molyar yutilish koeffitsiyenti kattaligi qanchalik katta bo'lsa, kalorimetrik aniqlashni sezgirligi ham shunchalik yuqori bo'ladi. Masalan, temir rodanidi uchun  $\epsilon_m = 1000$ , misni ammiak bilan kompleksi uchun esa  $\epsilon_m = 500$ .

Molyar koeffitsiyentining berilgan konsentratsiyadagi eritma optik zichligini o'lchash natijalariga ko'ra hisoblash mumkin. Yuqorida keltirilgan tenglamadan quyidagini topamiz:

$$\epsilon_m = \frac{D}{c \cdot b}$$

*Eritmaning rangi.* Eritmalarning rangi ular tomonidan ko'rinadigan yorug'lik spektri ba'zi uchastkalarida bir xil yutilmasligi bilan bog'liq ekanligi yuqorida ta'kidlangan edi.

Bo'yalgan eritmaları rang bo'yicha tavsiflash uchun yorug'lik yutilish egri chiziqlari yoki yutilish spektrlari (absorbsiya spektrlari)dan foydalaniladi. Yorug'lik yutilish egri chiziqlarini olish uchun o'tayotgan yorug'likning turli to'liqin uzunliklari uchun bo'yalgan eritmaları optik zichliklarini o'lchash lozim. Shundan so'ng, eritma optik zichligining tushayotgan yorug'lik to'liqin uzunligiga (nanometrlarda) bog'liqligi grafigi tuziladi.

Yorug'lik yutilishini eng yuqori qiymatlari ko'pgina bo'yalgan birikmalar uchun, spektrni ko'rinadigan qismida (masalan, permanganat kaliy eritmasi uchun), ba'zilar uchun ultrabinafsha sohalarida (masalan, xromat va kaliy bixromat eritmaları uchun) joylashgan bo'ladi. Yorug'lik yutilishining eng yuqori qiymatlariga (maksimumi) mos keluvchi to'liqin uzunligini  $\lambda_{maks}$  bilan belgilash qabul qilingan. Masalan, permanganat kaliy uchun  $\lambda_{maks} = 525$  nm, kaliy xromat uchun  $\lambda_{maks} = 380$  nm, bixromat kaliy uchun  $\lambda_{maks} = 350$  nm.

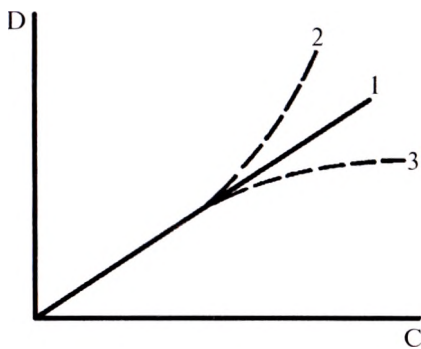
Yorug'lik yutilishi egri chiziqlari analitik o'lchashlar uchun (kalorimetrik aniqlashni sezgirligi va aniqliligini oshirish) optimal to'liqin uzunliklarini tanlash imkonini beradi. Aniqlash sezgirligi o'lchash o'tkazilayotgan yorug'likning spektral tarkibiga yuqori

darajada bog'liq bo'ladi. Ushbu eritmani molyar yutilish koeffitsiyenti kelib tushayotgan yorug'likni to'liq uzunligiga bog'liq ekanligi yuqorida ta'kidlangan edi. Shunday qilib, molyar yutilish koeffitsiyentini eng yuqori kattaligi, demak, aniqlashni eng yuqori sezgirligi yorug'lik yutilishining maksimumiga mos keladi.

*Buger-Lambert-Ber qonunidan chetlanishlar.* Kalorimetrik aniqlashlarda, ko'p hollarda, avval bo'yalish intensivligi o'lchaniadi, so'ngra qonunning matematik ifodasidan foydalanilgan holda modda konsentratsiyasi hisoblanadi.

Ammo kalorimetriya asosiy qonuni kalorimetrik aniqlashlarning fizik tomonini, ya'ni yorug'lik yutilishini bo'yalgan modda konsentratsiyasi va yutuvchi qatlam qalinligiga bog'liqligini aks ettiradi.  $D = \epsilon \cdot c \cdot b$  tenglamani keltirib chiqarishda, bo'yalgan zarrachalar eritmani suyultirishda o'zgarmay qoladi, ya'ni ular erituvchi molekulalari va tahlil etilayotgan suyuqlikda mavjud bo'lgan boshqa modda ionlari bilan o'zaro ta'sir qilmaydi, deb taxmin qilingan. Real aniqlash sharoitlarida ba'zi bo'yalgan moddalar suyultirilganda yoki begona moddalar ta'sirida rangsiz (yoki boshqacha bo'yalgan) o'zaro ta'sir moddalarini hosil qilib parchalanadi. Buning natijasida eritmaning konsentratsiyasi va optik zichligi o'rtasidagi to'g'ri proporsionallik buziladi. Bunday buzilishlar Buger-Lambert-Ber qonunidan chetlanish, deb nomlanadi.

Asosiy qonundan chetlanishlar grafikdagi eksperimental chiziqni to'g'ri chiziqqa nisbatan yuqori yoki past joylashishiga ko'ra, musbat yoki manfiy, deb nomlanadi (2.30-rasm). Kalorimetriyaning asosiy qonunidan chetlanish sabablarini bo'yalgan moddaning kimyoviy xususiyatlari va bo'yalish intensivligini o'lchash sharoitlari keltirib chiqaradi. Konsentratsiya va optik zichlik o'rtasidagi to'g'ri proporsionallikning buzilishi miqdor jihatdan Lambert-Ber qonunidan nisbiy chetlanish kattaligi bilan tavsiflanadi. Bo'yalishning nisbiy kuchsizlanishi bo'yalish intensivligi va aniqlanadigan moddaning umumiy konsentratsiyasi o'rtasidagi to'g'ri



2.30-rasm. Ber qonunidan (1) chetlanish:

2 — musbat; 3 — manfiy.



proporsionallikdan chetlanish o'Ichovi hisoblanadi va  $\Delta$  bilan belgilanadi. Bo'yalishni nisbiy kuchsizlanishi  $\Delta$  eritmani suyultirishda uning optik zichligi umumiy kuchsizlanishini ( $D_n$ ) boshlang'ich eritma optik zichligi ( $D_l$ ) ga nisbatidir:

$$\Delta = \frac{D_l - D_n}{D_l}$$

Lambert-Ber qonunidan chetlanishni aniqlash uchun  $b$  qatlam qalinligidagi konsentratsiyasi boshlang'ich eritmaning optik zichligi ( $D_l$ ) ni o'lchash kerak. So'ngra boshlang'ich eritma  $n$  marotaba suyultiriladi va endi qatlam qalinligi  $nb$  bo'lgan  $c_2 = c'_n/n$  konsentratsiyali eritmaning optik zichligi  $D_n$  yana o'lchanadi. Agar suyultirishda bo'yalgan kompleks dissotsilanishining sezilarli oshishi ro'y bermasa, u holda  $D_n = D_l$ ,  $\Delta = 0$ . Bu holat Buger-Lambert-Ber qonunidan chetlanish yo'qligini ko'rsatadi.

#### 2.4.2. Bo'yalish intensivligini aniqlash usullari

Kalorimetrik tahlilda eritmaning bo'yalish intensivligi tarkibida shu moddalar ma'lum konsentratsiyada mavjud bo'lgan eritma (standart eritmalar) bo'yalishi bilan taqqoslash vositasida aniqlanadi. Tahlil etilayotgan va standart birikmalar orqali o'tayotgan yorug'lik oqimlari intensivligini miqdoriy baholash uchun maxsus asboblardan ishlatilishi talab qilinadi. Ishlatiladigan asboblarni ikki turga bo'lish mumkin:

a) bevosita taqqoslash asboblari: probirkalar, silindrlar, kolbalar, komparatorlar, kalorimetrlar. Ushbu guruh asboblari yordamida tahlil etilayotgan va standart eritmalarini bo'yalish intensivliklarini bevosita taqqoslash amalga oshiriladi;

b) fotometrlar — eritmalar orqali o'tgan yorug'lik oqimlarini absolut va nisbiy intensivliklarini taqqoslashga asoslangan asboblardan. Bu asboblardan o'lchash jarayonida tadqiq qilinayotgan va standart eritmalar bevosita taqqoslanishini talab qilmaydi.

Fotometrlardan o'z o'rnida vizual va fotoelektrik bo'lishi mumkin. Yutilishning monoxromatik yorug'likda o'lchash moslamasiga ega bo'lgan fotometrlardan spektrofotometrlardan, deb nomlanadi.

Vizual kalorimetrlardan va fotometrlardan olinayotgan o'lchash natijalarining ishonchliligi, birinchi navbatda, asboblarning to'g'ri o'rnatilishi (yustirovka qilinishi) va ishlatilishi bilan ta'minlanadi.

To'g'ri natijalar olishda kyuveta tozaligi ham katta ahamiyatga ega. Kyuvetalar ishlatilmayotgan holatida doimo toza bo'lishi kerak. Shuning uchun o'lchashlar yakunlangach, ular yaxshi yuviladi. O'lchashlar boshlanguniga qadar, kyuveta oz miqdordagi tadqiqot qilinayotgan eritma bilan chayilishi va so'ngra shu eritma bilan to'ldirilishi lozim. Kyuveta tashqi yuzasiga tushib qolgan tomchilar ehtiyotkorlik bilan filtr qog'ozi yordamida olib tashlanishi kerak.

Kalorimetrik o'lchashlarning vizual usullari, ulardagi aniqlash aniqliligi kuzatuvchining shaxsiy ko'rish qobiliyatiga bog'liq bo'lganligi sababli, subyektiv deb nomlanadi. Masalan, hamma ham rang va tuslarni yaqqol farqlay olmaydi (daltonizm). Bundan tashqari, vizual asboblarda uzoq vaqt davomida uzluksiz ishlash ko'zni toliqtirgani bois ommaviy tahlillarda bo'yalishni taqqoslash noaniq bo'lib qoladi. Shuning uchun hozirgi vaqtda vizual usullar kam ishlatiladi. Ularning o'rnini yorug'lik oqimlari intensivliklarini fotoelektrik o'lchash usullari egallamoqda.

*Fotoeffekt va fotoelementlar.* Bo'yalish intensivliklarini fotoelektrik o'lchash usullari fotoelementlarni ishlatilishi bilan bog'liq. Bo'yalishni vizual taqqoslash asboblaridan farqli ravishda, fotoelektrokolorimetrlarda yorug'lik oqimini qabul qiluvchi asbob fotoelement hisoblanadi.

Fotoelement shunday asbobki, unda yorug'lik energiyasi elektrik energiyaga aylantiriladi. Fotoelementlar kalorimetrik o'lchashning spektrini, nafaqat, ko'rinadigan sohasida, shuningdek, ultrabinafsha va infraqizil sohalarida amalga oshirish imkonini beradi. Fotoelektrik fotometrlar yordamida yorug'lik oqimlarini o'lchash yanada aniq bo'lib, kuzatuvchini ko'rish xususiyatlariga bog'liq emas.

Fotoelementlarda yorug'lik energiyasini elektr energiyasiga aylanishi fotoeffekt hodisasi bilan bog'liq. Fotoeffekt bu yorug'lik energiyasi ta'sirida turli moddalar atomlaridan elektronlarni uzilishidir. Tashqi fotoelektrik fotoeffekt — bu metallarni yorug'lik ta'sirida elektronlar chiqarish qobiliyatidir. Izolator yoki yarimotkazgich hisoblangan moddalar yoritilganda, elektronlar modda yuzasini tark etmaydi, ammo atomlardan uzilishi va modda ichida harakatlanishi uchun yetarli energiya olishadi. Izolator va o'tkazgichlar o'tkazuvchanligini ularning yoritilishida oshishi ichki fotoelektrik fotoeffekt deyiladi.

Fotoeffektning asosiy qonuniyatlari A. Eynshteyn va A.G. Stoletov tomonidan tushuntirilgan.

Kalorimetriyada yorug'lik oqimlari intensivliklarini o'lchashda ikki turdagi fotoelementlar ishlatiladi:

- tashqi fotoeffektga asoslangan (vakuumli fotoelementlar);
- to'suvchi qatlamdagi fotoeffektga asoslangan («ventilli» fotoelementlar).

Tashqi fotoeffektga asoslangan fotoelementlar. Tashqi fotoeffektga asoslangan fotoelementlar ikki asosiy guruhlariga bo'linadi:

- 1) vakuumli;
- 2) gaz to'ldirilgan.

*To'suvchi qatlamli fotoelementlar (fotodiodlar).* Nur energiyasi ba'zi yarimo'tkazgichlarga tushganida, ichki fotoeffekt hodisasi kuzatiladi. U nurlanayotgan jism qarshiligining kamayishida namoyon bo'ladi. Ichki fotoeffektning fizikaviy mohiyati shundaki, yorug'lik kvantlari energiyasi ta'sirida yarimo'tkazgich kristall panjarasidagi ba'zi atomlar bilan bog'langan elektronlarni ozod bo'lishi va ularni o'tkazuvchanlik elektronlariga aylanishi sodir bo'ladi.

Ichki fotoeffektida elektronlar moddani tark etmaydi, balki uni ichida harakatlanadi. Ichki fotoeffekt yorug'likni modda ichiga yetarlicha kirganida paydo bo'ladi.

Yarimo'tkazgichlarni ichki fotoeffektga moyilligi to'suvchi qatlamli fotoelementlarni — fotodiodlarni yaratilishida foydalanilgan. Fotodiodlar fotoelektrik kalorimetrlarni tayyorlashda keng ishlatiladi.

Fotodiod yarimo'tkazgichli diod bo'lib, uni teskari toki  $p-n$  o'tishni yoritilganligiga bog'liq.  $r-n$  o'tish yoki elektron-teshikli o'tish bu ikki turli o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarimo'tkazgichlar chegarasidagi sohadir. Fotodiod shunday tayyorlanadiki, uni  $p-n$  o'tishi bir tomondan shishali tuynukka qaratilgan bo'lib, u orqali yorug'lik tushadi.  $p-n$  o'tishni ikkinchi o'tishi yorug'lik ta'siridan himoyalangan bo'ladi.

Fotodiodlar sxemada tashqi energiya manbasi bilan (fotodiodli rejim) va usiz ulanishi mumkin. Fotodiodli rejimda ta'minlash manbayini kuchlanishi fotoelementga teskari yo'nalishda beriladi. Agar fotodiod yoritilmasa, zanjirda unchalik katta bo'lmagan teskari (qorong'ilik) tok (10—20 mka germaniyli fotodiodlar uchun, 1—2 mka kremniyli diodlar uchun) o'tadi.

Fotodiod yoritilganda qo‘shimcha elektronlar va teshiklar soni hosil bo‘ladi. Buning natijasida noasosiy zaryadlarni (elektronlarni  $p$  sohadan  $n$  sohaga va teshiklar teskari yo‘nalishda) o‘tishi oshadi. Bu zanjirda tok oshishiga olib keladi.

Ventili rejimda yorug‘lik oqimi ta‘sirida fotodiodda elektr yurituvchi kuch hosil bo‘ladi. Elektron-teshikli o‘tish va unga yondosh yarimo‘tkazgich uchastkalarini yoritilishida ular o‘rtasida elektr yurituvchi kuchni hosil bo‘lishi fotogalvanik effekt, deb nomlanadi.

Fotodiodlarni integral sezgirligi diod fototokini kelib tushayotgan yorug‘lik oqimi intensivligiga bo‘lgan nisbatidir. Fotoelektroklorimetrlar uchun integral sezgirligi 300 ma/lm.dan kam bo‘lmagan fotoelementlar ishlatiladi.

Fotodiodlarni **yorug‘lik xarakteristikasi** undagi o‘zgarmas kuchlanishda fotodiod tokini yorug‘lik oqimi kattaligiga bog‘liqligini aks ettiradi:  $U_D = const$  bo‘lganda,  $i_\phi = \phi(I)$ . Fotodiodni yorug‘lik xarakteristikasi yorug‘lik oqimining keng diapazonida chiziqli bo‘ladi.

Fotodiodni spektral xarakteristikasi uning spektral sezgirligi unga kelib tushayotgan yorug‘lik to‘lqin uzunligiga bog‘liqligini ko‘rsatadi. Ko‘pgina fotodiodlarni eng katta sezgirligi to‘lqin uzunligi 540—560 nm bo‘lgan yorug‘likka mos keladi.

### 2.4.3. Fotoelektrik kalorimetrlarning asosiy turlari

Fotoelementlarni kalorimetriyada ishlatilishi paydo bo‘layotgan fototok kattaligini ma‘lum chegaralarda fotoelementga tushayotgan yorug‘lik oqimi intensivligiga chiziqli bog‘lanishiga asoslangan. Agar  $I_0$  doimiy intensivlikdagi yorug‘lik oqimi yo‘lida bo‘yalgan eritma solingan kyuveta joylashtirilsa, unda yorug‘lik oqimi kyuveta orqali o‘tgach  $I$  intensivlikka ega bo‘ladi. Bunda  $I$  intensivlikdagi yorug‘lik oqimi  $I_0$  intensivlikdagi boshlang‘ich yorug‘lik oqimiga nisbatan kuchsiz fototok hosil qiladi. Modda konsentratsiyasi qanchalik yuqori bo‘lsa,  $I$  shunchalik kichik va mayda kattalikdagi fototok hosil qilinadi. Bu holda boshlang‘ich yorug‘lik oqimini yutilishi bo‘yicha Buger-Lambert-Ber qonunidan foydalanib, eritmadagi bo‘yalgan modda konsentratsiyasini hisoblash mumkin:

$$D = \lg \frac{I_0}{I} = \varepsilon \cdot c \cdot b.$$

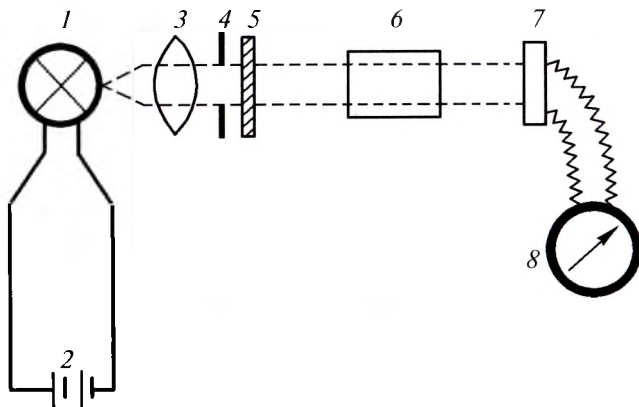
Bunda  $I_0$  o'rnida fotoelementni taqqoslash eritmasi orqali o'tgan yorug'lik oqimi bilan yoritilganda hosil bo'lgan tok kuchi,  $I$  o'rnida esa bo'yalgan eritma orqali o'tgan yorug'lik oqimi hosil qilgan tok kuchi qabul qilinadi, chunki Stoletov qonuniga ko'ra  $i=k \cdot I$ .

Fotoelektroklorimetrler o'lchashda ishlatiladigan fotoelementlar soniga ko'ra, ikki guruhga bo'linadi:

a) bitta fotoelementli fotoklorimetrler (bir nurli yoki bir yelkali asboblar);

b) ikki fotoelementli fotoklorimetrler (ikki nurli yoki ikki yelkali).

*Bir fotoelementli fotoklorimetrler.* Bir fotoelementli oddiy fotoelektroklorimetrler sxemasi 2.31-rasmda keltirilgan. Bu qurilmada yorug'lik manbai (1) sifatida akkumulator batareyasidan (2) ta'minlanadigan 6 yoki 12 voltli cho'g'lanish yoritgichi ishlatilgan. Kondensator linzasi (3) yorug'lik nurlari oqimini diafragma (4) orqali svetofiltr (5) va eritma solingan kyuveta (6) orqali fotoelement (7) ga yo'naltiradi. Selenli fotoelement fototoki 50—120 bo'linmali shkalaga ega bo'lgan sezgir galvonometr (8) bilan o'lchanadi. Bunday fotoklorimetrlardan foydalanilganda yorug'lik oqimini bo'yalgan eritma orqali o'tishida galvonometr strelkasining burilishi bevosita qayd qilinadi. Yorug'lik oqimining kyuveta devorlarida akslanishi va erituvchi tomonidan yutilishi sababli yo'qotilishini hisobga olish uchun o'lchash nol eritmaga nis-



2.31-rasm. To'g'ri ta'sirli fotoklorimetrni prinsipial sxemasi:

1 — yoritgich; 2 — batareya; 3 — kondensator linzasi; 4 — diafragma; 5 — svetofiltr;  
6 — eritma quyilgan kyuveta; 7 — fotoelement; 8 — galvanometr.

batan quyidagi tartibda amalga oshiriladi. Kyuvetaga taqqoslash eritmasi quyiladi va galvanometr strelkasini og'ishi ( $n$  bo'linmalar) aniqlanadi. So'ngra kyuvetaga tahlil qilinayotgan eritma quyiladi va yana galvanometr ko'rsatishi ( $n_1$ ) aniqlanadi. Agar  $I_0$  kelib tushayotgan yorug'lik oqimi intensivligi,  $I_1$  uning nol eritma chiqishidagi intensivligi,  $I_2$  yorug'lik oqimining bo'yalgan eritma solingan kyuvetadan chiqishidagi intensivligi bo'lsa, unda nol eritma kyuveta optik zichligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\ell g \frac{I_0}{I_1} = \ell g I_0 - \ell g I_1 = \varepsilon' \cdot b,$$

bu yerda,  $\varepsilon'$  — nol eritmaning yutilish koeffitsiyenti.

Eritma solingan kyuvetani optik zichligi:

$$\ell g \frac{I_0}{I_2} = \ell g I_0 - \ell g I_2 = \varepsilon' \cdot b + \varepsilon'' \cdot c \cdot b,$$

bu yerda,  $\varepsilon''$  — bo'yalgan eritmaning yutilish koeffitsiyenti;  $c$  — eritma konsentratsiyasi.

Birinchi tenglamani ikkinchisidan ayirsak, quyidagi hosil qilinadi:

$$\ell g I_1 - \ell g I_2 = \varepsilon'' \cdot c \cdot b.$$

Galvanometr strelkasining og'ishi kyuvetalardan chiqayotgan yorug'lik oqimlari intensivliklariga proporsional, ya'ni  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n}{n_1}$ .

Bundan:

$$\ell g I_1 - \ell g I_2 = \ell g n - \ell g n_1.$$

Tenglamalarni taqqoslab, quyidagi xulosaga kelamiz:

$$\ell g n - \ell g n_1 = \varepsilon'' \cdot c \cdot b.$$

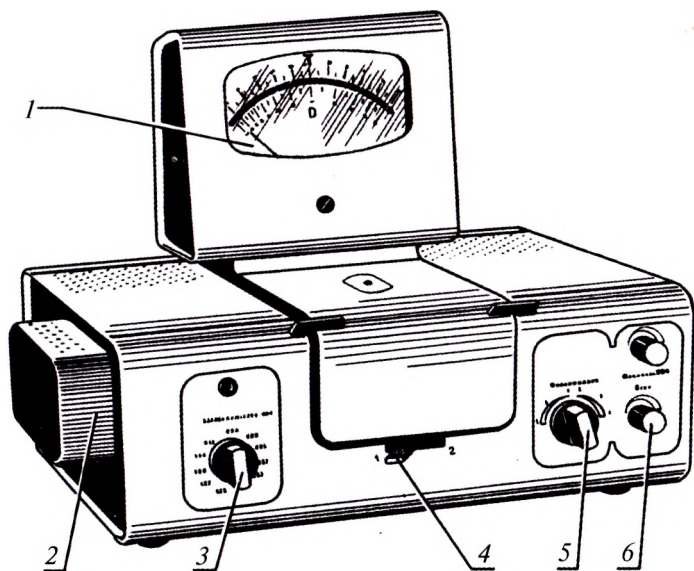
Shunday qilib,  $n$  va  $n_1$  qiymatlarni bilgan holda eritma optik zichligini  $D = \ell g \frac{n}{n_1} = \varepsilon'' \cdot c \cdot b$  hisoblash mumkin. Bunday fotokal-

lorimetrlardan foydalanilganda  $\ell g \frac{n}{n_1}$  ning modda konsentratsiyasiga bog'liqligini aks ettiruvchi kalibrlangan grafik tuziladi. Eritma Lambert-Ber qonuniga bo'ysungan holatlarda bu bog'liqlik chiziqli

bo'ladi. Birlik aniqlashlarda grafikni tuzish shart emas, standart va tadqiq etilayotgan eritmalarini o'lchash ma'lumotlari asosida modda konsentratsiyasi aniqlanadi.

Bu asboblarda olinadigan aniqlik unchalik katta emas va quyidagilarga bog'liq: 1) fotoelement sifati; 2) yoritish rejimini doimiyliigi. Ishonchli natijalarni yoritgich cho'g'lanish rejimi doimiy saqlanganidagina olish mumkin. Shuning uchun bunday asboblarda akkumulatorlar toki bilan yoki elektr tarmog'idan stabilizator orqali ta'minlanadi; 3) galvanometr ko'rsatishlarini takrorlanishi va uni shkalasini teng o'lchovliligiga bog'liqligi.

Bir fotoelementli fotokalorimetrlar guruhiga KΦK-2 rusumli fotoelektrik konsentratsion kalorimetr (2.32-rasm) ham tegishli. Kalorimetr sveto filtrlar yordamida ajratiladigan 315—980 nm to'lqin uzunliklardagi ba'zi diapazon uchastkalarida suyuqlikli eritmalarini o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini va optik zichligini o'lchashga, shuningdek, darajalangan grafiklar tuzish usuli bilan eritmalaridagi modda konsentratsiyasini aniqlashga mo'ljallangan.



2.32-rasm. KΦK-2 fotoelektrokolorimetri:

1 — mikroampermetr; 2 — yoritgich qopqog'i; 3 — sveto filtrlarni yorug'lik dastasiga kiritish tutqichi; 4 — kyuvetalarni yorug'lik dastasiga joylashtirish tutqichi; 5 — fotoqabulqilgichlarni ulash tutqichi; 6 — asbob ko'rsatishini 100 bo'linmasiga qo'pol va aniq o'rnatish tutqichi.

Kalorimetr, shuningdek, o'tuvchi yorug'likda emulsiya va kolloid eritmalarni o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini ham o'lchash imkoniyatiga ega. Kalorimetrda o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini o'lchash chegarasi 100 dan 1 % gacha (optik zichlik 0 dan 2 gacha). Nurlanish manbayi sifatida KGM 6,3-15 rusumli mayda o'lchamli galogen yoritgichi ishlatilgan.

Asbobda nurlanish energiyasini qabul qilgich sifatida 315—540 nm spektral diapazonda ishlash uchun F-26 rusumli tashqi fotoeffektli fotoelement va 590—980 nm spektral diapazonda ishlash uchun FD-24K rusumli fotodiod ishlatilgan. O'lchash natijalari 100 bo'linmali shkalaga ega bo'lgan M907 rusumli mikroampermetr yoki shkalasi o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti (T) va optik zichlik (D) qiymatlarida darajalangan M907-10 rusumli mikroampermetr ishlatiladi. Asbob ishchi tomonlari o'lchami 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50 mm bo'lgan to'g'ri burchakli kyuvetalar bilan ta'minlanadi. Asbobda 315—980 nm spektral diapazondagi spektral intervallarni ajratish uchun diskda joylashtirilgan 11 ta svetofiltrlar mavjud. Asbobni ta'minlash 220±22 V kuchlanishli chastotasi 50/60±0,5 Gs bo'lgan o'zgaruvchan tok tarmog'idan amalga oshiriladi. Kalorimetrning massasi 12 kg.

Asbobda o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini aniqlash uchun fotoelementlarga navbatma-navbat to'liq va tadqiq etilayotgan suyuqlik orqali o'tgan yorug'lik oqimlari yo'naltirilib, bu oqimlar nisbati aniqlanadi. Yorug'lik oqimlari nisbati tadqiq etilayotgan eritmaning o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti hisoblanadi:

$$T = \frac{I}{I_0} \cdot 100\%.$$

Kalorimetrda bu nisbat quyidagicha aniqlanadi. Dastlab, yorug'lik oqimiga erituvchi yoki nazorat eritmasi quyilgan kyuveta joylashtiriladi. Kalorimetrning sezgirligini o'zgartira turib, o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti shkalasi ko'rsatishi  $n_1$  100 bo'linmaga yetkaziladi. Shunday qilib, to'liq yorug'lik oqimi  $I_0$  shartli ravishda 100 % qabul qilinadi. So'ngra yorug'lik oqimiga tahlil etilayotgan suyuqlik solingan kyuveta joylashtiriladi. Kalorimetrni o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti shkalasi bo'yicha qayd qilingan hisob  $n_2$   $I$  ga mos keladi. Demak, tahlil etilayotgan suyuqlikning (foizlarda ifodalangan) o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti  $n_2$  ga teng bo'ladi, ya'ni:

$$T \% = n_2.$$

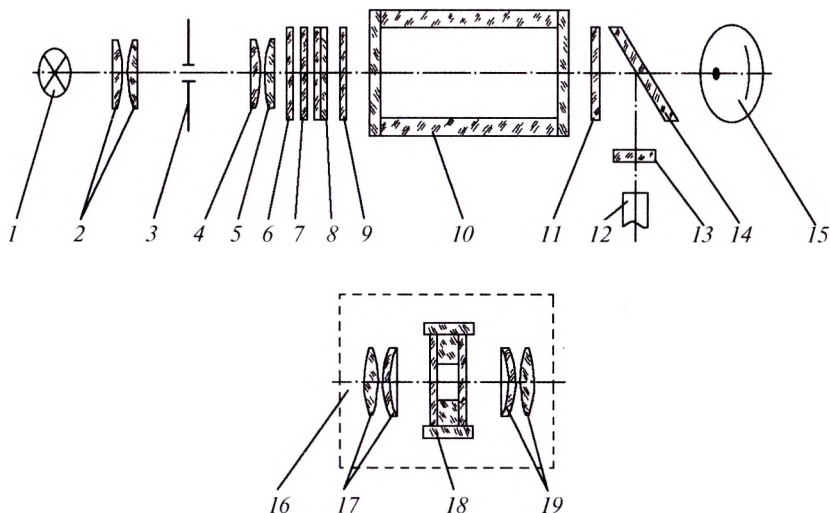


Optik zichlik  $D$  quyidagicha aniqlanadi:

$$D = \ell g \frac{I}{I_1} = -\ell g \frac{T}{100} = 2 - \ell g T.$$

Fotokalorimetrni optik sxemasi 2.33-rasmda keltirilgan.

Yoritgich (1) ni cho'g'lanish tolasi kondensator (2) bilan diafragma (3) tekisligida tasvirlanadi. Bu tasvir obyektivlar (4, 5) bilan 10 marta kattalashtirilib, undan 300 mm masofada joylashgan tekislikka o'tkaziladi. Tadqiqot etilayotgan suyuqlik solingan kyuveta (10) yorug'lik oqimiga ikkita himoya shishalari (9, 11) o'rtasida kiritiladi. Lampani uzluksiz spektridan tor spektr uchastkalarini ajratib olish uchun rangli svetofiltrlar (8) xizmat qiladi. Spektrning ko'rinadigan qismida (400—490 nm) ishlashda yorug'lik oqimiga issiqlikdan himoya qiluvchi svetofiltr (6) kiritiladi. Yorug'lik oqimini 400—540 nm spektral diapazonda ishlash paytida kuchsizlantirish uchun svetofiltrlar (7) nazarda tutilgan. Fotoqabulqilgichlar (12) spektrning turli sohalarida ishlaydi. Plastinka (15) yorug'lik oqimini ikkiga bo'ladi: 10 % yorug'lik oqimi FD-24K fotodiodi (12) ga va 90 % yorug'lik oqimi esa F-26 fotoelementiga yo'naltiriladi. Turli svetofiltrlar bilan ishlashda FD-24K fotodiodidan olinayotgan fotoklarni tenglashtirish maqsadida uni old qismida SZS-16 filtr o'rnatilgan.



2.33-rasm. KFK-2 fotoelektrik kalorimetrning optik sxemasi.

Kichik hajmli kyuvetalar (16) bilan ishlashda, kyuveta bo'linmasida mikrotahlil pristavkasi (18) o'rnatiladi. Linza (17) yorug'lik dastasini mikrokyuveta yoki probirka o'rnatilgan joyda kichraytirs, linza (19) esa yorug'lik dastasini boshlang'ich diametrigacha tiklaydi.

Kalorimetr o'zaro mexanik ulangan optik va ta'minlash blok-laridan iborat. Asbobning optik bloki quyidagilardan iborat:

- yoritgich;
- gardishli optika;
- svetofiltrlar;
- kyuveta bo'linmasi;
- kyuveta tutqichi;
- o'zgarmas tok kuchaytirgichi va roslash elementlariga ega bo'lgan fotometrik qurilma;
- qayd qiluvchi asbob.

Ta'minlash blokida to'g'rilagichli kuchlanish stabilizatori va transformator joylashgan. КФК-2 fotokalorimetrida o'lchashlarni amalga oshirishda quyidagi operatsiyalar tartibiga rioya qilish kerak:

1. Kalorimetr o'lchash boshlanishidan 15 minut oldin elektr tarmog'iga ulanishi kerak. Asbobni isitish paytida kyuveta bo'limi ochiq bo'lishi lozim.

2. O'lchash turiga mos rangli svetofiltrni kiritish.

3. Kalorimetrni minimal sezgirliги o'rnatiladi. Buning uchun «sezgirlik» dastagi «1» holatda, «100 ga qo'pol sozlash» dastagi esa oxirgi chap holatiga o'rnatiladi.

4. O'lchash oldidan va fo'oqabulqilgichlarni qayta ulashda, kyuveta bo'limi ochiq holatida, kalorimetrni strelkasi o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti  $T$  shkalasi bo'yicha «0»ga o'rnatilganligini tekshirish. Strelkaning nol holatidan chetlanishida u nolga potensiometr «0» yordamida keltiriladi.

5. Yorug'lik oqimiga erituvchi yoki nazorat eritmasi solingan kyuveta joylashtiriladi.

6. Kyuveta bo'limi qopqog'i yopiladi.

7. «Sezgirlik», «100 ga qo'pol sozlash» va «100 ga aniq sozlash» dastagi yordamida kalorimetrni shkalasida 100 hisobi o'rnatiladi.

8. Dastag yordamida erituvchi solingan kyuveta tadqiq etilayotgan eritma quyilgan kyuveta bilan almashtiriladi.

9. Kalorimetrning tegishli shkalalari bo'yicha o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti  $T$  foizlarda yoki optik zichlik  $D$  qayd qilinadi.

10. O'lchash 3—5 marta o'tkaziladi va o'lchangan kattalikning yakuniy natijasi olingan qiymatlarni o'rta arifmetik qiymati sifatida aniqlanadi.

Eritmadagi modda konsentratsiyasini aniqlash uchun quyidagi ish tartibiga rioya qilinishi kerak:

- svetofiltrni tanlash;
- kyuvetani tanlash;
- ushbu modda uchun darajalangan egri chiziqni tuzish;
- tadqiq etilayotgan eritmaning optik zichligini aniqlash va eritmadagi modda konsentratsiyasini aniqlash.

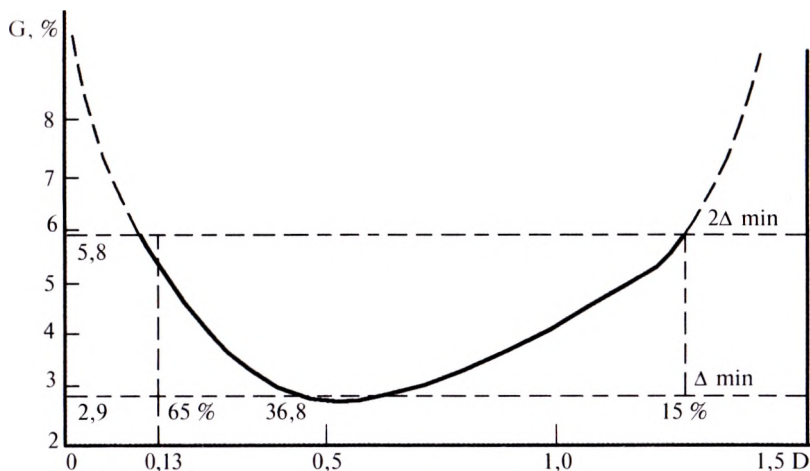
Svetofiltrni tanlash uchun kyuvetaga eritma quyiladi va barcha svetofiltrlar uchun optik zichlik aniqlanadi. Olingan natijalar bo'yicha gorizontal o'qda svetofiltrlarni maksimal o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlarini, vertikal o'qda esa eritmani tegishli optik zichliklari qiymatlarini belgilab egri chiziq tuziladi. Quyidagi shartlar bajariladigan egri chiziq uchastkasi belgilanadi:

- optik zichlik maksimal qiymatlarga ega;
- egri chiziq gorizontal o'qqa deyarli parallel, ya'ni optik zichlik to'lqin uzunligiga bog'liq emas.

Tadqiq etilayotgan suyuqlik spektral egri chizig'ini yuqorida ta'kidlangan shartlariga mos keluvchi to'lqin uzunligidagi svetofiltr kalorimetrda ishlash uchun tanlab olinadi. Agar bu shartlar bir necha svetofiltrlar uchun bajarilsa, u holda ular o'rtasidan kalorimetr sezgirligi baland bo'lgan svetofiltr tanlanadi.

Eritma konsentratsiyasini aniqlashning nisbiy xatoligi kalorimetr shkalasini turli uchastkalarida turlicha bo'lishi va optik zichlikni  $D=0,434$  qiymatida minimal bo'lishi ham nazariy, ham eksperimental isbotlangan. 2.34-rasmda eritma konsentratsiyasini aniqlashda nisbiy xatolikning o'lchanayotgan optik zichlik kattaligiga bog'liqligi ko'rsatilgan. Minimal xato  $\Delta_{\min}=2,9\%$  optik zichlikni 0,3—0,7 chegaralarida kuzatiladi. Kichik va katta optik zichliklarni o'lchashda o'lchash xatoligi oshadi. Masalan,  $D$  ni o'lchangan 0,1 va 1,3 qiymatlari  $2\Delta_{\min}$ , ya'ni 5,8% xatolik bilan kechadi. Shuning uchun kalorimetrda ishlashda kyuvetalarni tegishli tanlash yo'li bilan ko'rsatilgan optik zichlik qiymatlari yaqinida ishlash tavsiya qilinadi.

Kyuvetalarni dastlabki tanlash vizual amalga oshiriladi. Agar eritma intensiv bo'yalgan bo'lsa, kichik ishchi uzunlikdagi kyuvetalardan foydalaniladi. Kuchsiz bo'yalgan eritmalar uchun katta ishchi uzunlikdagi kyuvetalar tavsiya qilinadi. Shunday dastlabki



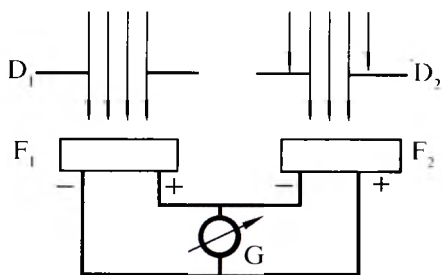
2.34-rasm. O'lchash nisbiy xatoligining ( $\sigma$ , %) optik zichlik kattaligiga bog'liqligi.

tanlangan kyuvetaga eritma quyiladi va shu eritmaga mos keluvchi svetofiltr bilan optik zichlik aniqlanadi. Agar o'lchangan optik zichlik qiymatlari 0,3—0,5 ni tashkil etsa, chu kyuveta ushbu eritma bilan ishlash uchun tanlanadi. Agar o'lchangan optik zichlik kattaligi 0,5—0,6 dan katta bo'lsa, ishchi uzunligi kichik kyuveta, agar optik zichlik kattaligi 0,3—0,2 bo'lsa, katta ishchi uzunlikdagi kyuvetani olish kerak.

Darajalangan egri chiziq tuzish uchun tadqiq etilayotgan eritmadagi modda konsentratsiyasini mumkin bo'lgan o'zgarishlarini qamrab oluvchi ushbu moddaning ma'lum konsentratsiyali qator eritmalari tayyorlanadi. Barcha eritmalarning optik zichliklari o'lchanadi va gorizontal o'qda ma'lum konsentratsiyalarni, vertikal o'qda esa optik zichlik qiymatlarini joylashtirib, darajalangan egri chiziq tuziladi.

Tadqiq etilayotgan eritmalardagi moddani noma'lum konsentratsiyasi darajalangan egri chiziq bo'yicha aniqlanadi. Buning uchun eritma darajalangan egri chiziq tuzishda ishlatilgan kyuvetaga quyiladi, o'sha svetofiltrdan foydalangan holda eritmaning optik zichligi aniqlanadi. So'ngra darajalangan egri chiziq bo'yicha o'lchangan optik zichlik qiymatiga mos keluvchi konsentratsiya topiladi.

*Ikki fotoelementli fotoelektrokolorimetrlar.* Kalorimetrik tahlil maqsadlarida ikkita fotoelementlar bilan ta'minlangan fotoelektrik kolorimetrlar keng tarqalgan. Ushbu asboblarning konstruksiyasi asosida



2.35-rasm. Optik kompensatsiyali asboblarda fotoelementlarni ulash sxemasi.

yorug'lik oqimi bir xil ikkita  $F_1$  va  $F_2$  fotoelementlarga beriladi. Fotoelementlarda paydo bo'layotgan toklar nol galvanometr  $G$  ni ramkasi bo'ylab, bir-biriga qarama-qarshi yo'nalishda o'tadi. Fotoelementlar bir xil yoritilganida, ularda paydo bo'layotgan fototoklar ham kattaligi bo'yicha bir xil va yo'nalishi bo'yicha qarama-qarshi bo'ladi. Tabiiyki, bu holda galvanometr strelkasini noldan chetlanishi kuzatilmaydi, chunki toklarning kompensatsiyalanishi sodir bo'ladi. Agar fotoelementlar yoritilganligi bir xil bo'lmasa, toklarni kompensatsiyalanishi ham sodir bo'lmaydi va galvanometr strelkasi noldan chetlanadi.  $D_1$  va  $D_2$  diafragmalarning ochilishini o'zgartira turib, har ikki fotoelementga tushayotgan yorug'lik oqimlarini tenglashtirish mumkin. Galvanometr strelkasining nolga qaytishi yorug'lik oqimlari tenglashganidan dalolat beradi.

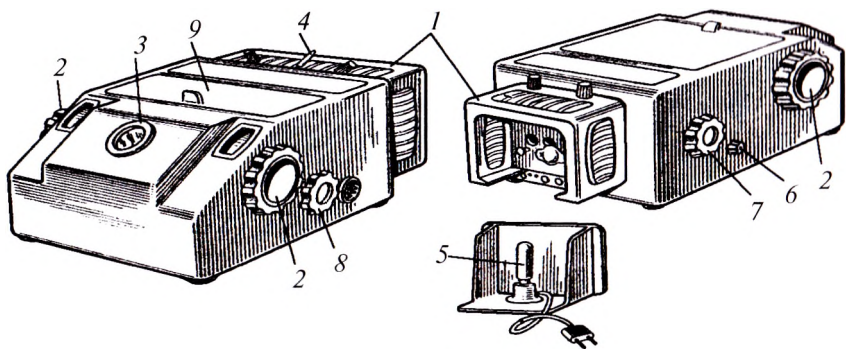
Optik kompensatsiyalash prinsipi bo'yicha FEK-M, FEK-N-54, FEK-56M (2.36-rasm) va boshqa fotoelektrokolorimetrlar qurilgan.

Fotoelektrokolorimetr FEK-N-54 yetarlicha aniq, ixcham va foydalanishga qulay asbob hisoblanadi. Asbob bo'yalgan eritmalar, emulsiya va kolloid eritmalar konsentratsiyalarini etalon va tahlil qilinayotgan eritmalar orqali o'tayotgan ikki yorug'lik oqimini taqqoslash yo'li bilan aniqlashga mo'ljallangan.

Fotoelektrokolorimetr FEK-N-54 asbobida nur energiyasini qabul qilish uchun ikkita surma-seziyli SIV-3 tashqi fotoeffektli fotoelementlar ishlatilgan. Fotoelementlar differensial sxema bo'yicha kuchaytirgich orqali galvanometrqa ulangan. Asbob ishchi masofasi 1 dan 50 mm.gacha bo'lgan 4 ta bir xil kyuvetalar nabori bilan ta'minlangan. Yoritish manbayi sifatida SI-98 cho'g'lanish yoritgichi ishlatilgan. Asbobning og'irligi ta'minot qurilmasi bilan birgalikda 35 kg.

ikkita yorug'lik dastalari intensivliklarini o'zgaruvchan tirqishli diafragma yordamida tenglashtirish prinsipi, ya'ni diafragmaning ochilishini o'zgartirish yo'li bilan ikki yorug'lik oqimini optik kompensatsiyalash prinsipi yotadi.

Optik kompensatsiyalash prinsipida (2.35-rasm) bir xil intensivlikdagi ikki



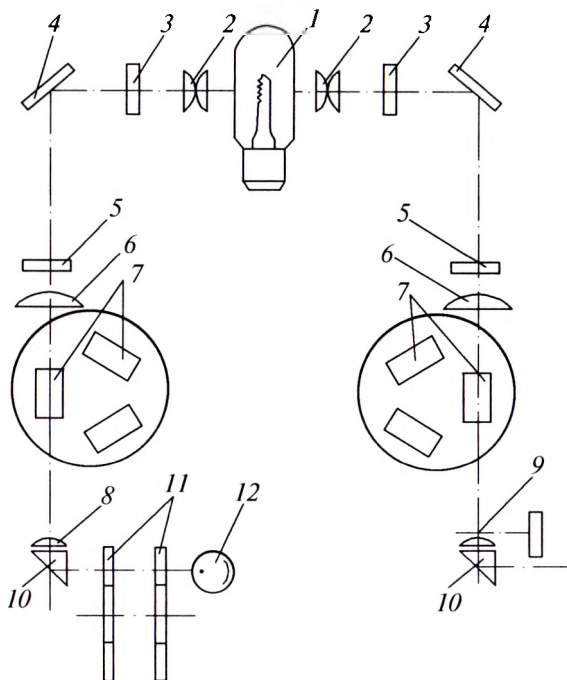
2.36-rasm. FEK-56M rusumli fotoelektrokolorimetrning umumiy ko'rinishi:

- 1 — yoritgich moslamasi; 2 — o'lchov diafragmasining hisob barabanlari;  
 3 — indikator lampasining ko'rish derazachasi; 4 — pardachalarni qayta ulash dastagi;  
 5 — cho'g'lanish yoritgichi joylashtirilgan panel; 6 — elektrik nolni o'rnatish dastagi; 7 — svetofiltrlarni qo'shish dastagi; 8 — o'ng yorug'lik oqimidagi kyuvetalarni siljitish dastagi; 9 — asbob qopqog'i.

Fotokolorimetr ikki alohida qismdan (asbob va ta'minlash qurilmasi) iborat bo'lib, ular yorituvchi yoritgich kuchlanishi va fotoelementlar elektr tizimini stabillashga xizmat qiladi. Fotokolorimetrning optik sxemasi 2.37-rasmda tasvirlangan.

Yorug'lik oqimi cho'g'lanish yoritgichidan kondensator va issiqlikdan himoyalash shishalari (issiqlik nurlarini yutish uchun) orqali aks ettiruvchi ko'zgularga tushadi. Akslangan yorug'lik oqimlari svetofiltr, eritma solingan kyuveta, linza, prizma orqali differensial sxema bo'yicha ulangan fotoelementlarga tushadi. Fototoklar o'zaro teng bo'lganda, galvanometr strelkasi nolda to'xtaydi. Chapdagi yorug'lik oqimi qo'shimcha ravishda uni bir tekis kuchsizlantirish imkonini beruvchi neytral klinlar orqali o'tadi. Kompensatsiyalovchi klinlarning biri qo'pol, ikkinchi esa aniq sozlash uchun xizmat qiladi.

O'ngdagi yorug'lik oqimi tirqishli diafragma orqali o'tadi. Tirqishli diafragma ikkita hisob barabani bilan bog'langan bo'lib, ular aylanganida diafragma o'z kengligini o'zgartiradi. Bu holda o'ng fotoelementga tushayotgan nurlanish oqimi kattaligi ham o'zgaradi. Hisob barabanlari bitta o'qda joylashgan bo'lib, ularni har biri ikkita shkalaga ega. Qora shkala yorug'lik o'tkazish koeffitsiyenti shkalasi, ikkinchi qizil shkala esa optik zichlik shkalasi hisoblanadi. Chap barabandagi yorug'lik o'tkazish shkalasi 0 dan 100 % gacha darajalangan bo'lib, 100 % yorug'lik o'tkazuvchanlik



2.37-rasm. FEK-N-54 fotokalorimetrning optik sxemasi:

- 1 — yoritish lampasi; 2 — kondensor; 3 — issiqlikdan himoyalash shishasi; 4 — koʻzgu;  
 5 — svetofiltr; 6, 8 — linzalar; 7 — kyuvetalar; 9 — tirqishli oʻlchov diafragmasi;  
 10 — prizmalar; 11 — neytral klinlar; 12 — fotoelementlar.

diafragmani toʻliq ochilganligiga, 0 % esa uni toʻliq yopilganligiga mos keladi. Qizil shkala boʻyicha 0 dan 2,5 gacha boʻlgan optik zichlik birliklarini oʻlchash mumkin.

Oʻng barabandagi shkala shunday joylashtirilganki, yorugʻlik oʻtkazuvchanlik shkalasi boʻyicha 100 % diafragmaning minimal ochilishiga, 30 % esa uning maksimal ochilishiga mos keladi. Oʻng barabanning qizil shkalasi 0 dan 0,52 gacha boʻlgan optik zichlik qiymatlarini oʻlchash imkoniyatiga ega. Oʻng barabanning yorugʻlik oʻtkazuvchanlik shkalasi 0,3—0,52 gacha boʻlgan sohalarda chap baraban shkalasiga nisbatan yuqori aniqlikni beradi.

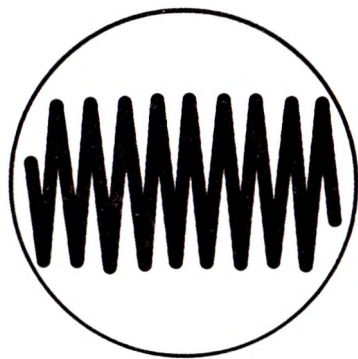
Galvanometr sezgirligini oʻzgartirish uchun asbobni chap yon tomonidagi rostlagich xizmat qiladi. Rostlagich minimal, oʻrta va maksimal sezgirlikka ega boʻlgan uch holatga ega. Galvanometr strelkasini nolga oʻrnatish uchun asbobni oʻng yon tomonida joylashgan va potensimetr dvijogi bilan bogʻlangan dastakdan foydalaniladi.

Asbob ikkita diskka o'rnatilgan II ta svetofiltrlar bilan ta'minlangan. Bir svetofiltrdan boshqasiga o'tish uchun asbobning old devorida joylashgan dastak ishlatiladi. Ta'minlash qurilmasi kuchlanish stabilizatori, transformator, tok to'g'rilagichidan iborat bo'lib, asbob bilan ko'p o'tkazgichli kabel yordamida ulanadi.

*Ishni bajarish tartibi.* O'ng kyuvetatutqichiga tadqiq etilayotgan eritma solingan kyuveta, chapdaxisiga esa erituvchi solingan kyuveta joylashtiriladi. Bunda tirqishli diafragma to'liq ochilgan, chap baraban esa yorug'lik o'tkazish qora shkalasi bo'yicha 100 % bo'linmasiga o'rnatilgan bo'lishi kerak. Tadqiq qilinayotgan eritma tomonidan yorug'lik yutilishi sababli, o'ng tomondagi fotoelementning yoritilganligi chap tomondaxisiga nisbatan past bo'ladi va galvanometr strelkasi nol holatidan qo'zg'aladi. Fototoklarni tenglashtirish uchun chap yorug'lik oqimiga neytral klinlar kiritiladi va u galvanometr strelkasi nol holatiga o'rnatilmagunicha kuchsizlantiriladi. So'ngra o'ng yorug'lik oqimidagi kyuveta erituvchi solingan kyuvetaga almashtiriladi. Bunda fototoklar tengligi buziladi. Hisob barabanlarini aylantirish bilan tirqish kengligi kamaytiriladi va o'ng fotoelementga berilayotgan yorug'lik oqimi kattaligi kuchsizlantiriladi.

O'lchov barabanlari shkalasi bo'yicha o'tkazuvchanlik koefitsiyenti kattaligi yoki tahlil etilayotgan eritmaning optik zichligi qayd etiladi. Asbobda mavjud bo'lgan svetofiltrlar kalorimetrik tahlil aniqligini oshirish imkonini beradi. Svetofiltrni tanlash yuqorida ko'rsatilganidek, tahlil etilayotgan suyuqlik uchun tuzilgan spektral egri chiziq asosida amalga oshiriladi. Bundan tashqari, asboblarda to'plamidagi tegishli kyuvetalarni tanlash yo'li bilan o'lchashning eng kichik nisbiy xatoligini ta'minlovchi 0,2—0,8 optik zichlik intervalida ishlash lozim.

O'lchashni boshlash oldidan yoritgichni to'g'ri o'rnatilganligiga ishonch hosil qilish kerak. Buning uchun kyuvetalar qoshidagi linzalar oldiga (2.38-rasm) papiros qog'ozi joylashtiriladi. Yoritgich to'g'ri o'rnatilganida papiros qog'ozi spiral



2.38-rasm. Yoritgich spiral tolasi­ning linzadagi tasviri.



tolaning aniq tasviri kuzatiladi. O'lchashlar boshlangunga qadar, galvanometr strelkasining nol holati va elektrik nol tekshirilishi kerak. Galvanometrning nol holati asbob tashqi devorida joylashgan dastak yordamida amalga oshiriladi. Elektrik nol fotoelementlar 20 minut davomida yoritilgandan keyin o'rnatiladi. Tekshirish paytida yorug'lik dastalari to'siladi, galvanometr sezgirliigi ikkinchi holatga o'rnatiladi va asbobning o'ng devorida joylashgan potensiometr dastagini burab, galvanometr strelkasining nol holatiga siljilinishi ta'minlanadi.

Asbobda o'lchashni ikki usul yordamida amalga oshirish mumkin. Birinchi usul ikkinchisiga nisbatan keng diapazonda va past aniqlikda o'lchash olib borilishini ta'minlaydi.

### *Birinchi o'lchash usuli*

1. O'ng yorug'lik oqimiga tadqiq etilayotgan eritma kyuvetasi va chap yorug'lik oqimiga esa erituvchi solingan kyuveta joylashtiriladi.

2. Chap barabandagi fotometrik klinlar yordamida galvanometr ko'rsatkichlari nolga keltiriladi.

3. O'ng yorug'lik oqimiga erituvchi solingan kyuveta joylashtiriladi.

4. O'lchov barabanlarini aylantirish orqali galvanometr strelkasi yana nolga keltiriladi.

5. Optik zichlik kattaligi chap baraban bo'yicha qayd qilinadi.

### *Ikkinchi o'lchash usuli*

1. Har ikki yorug'lik oqimiga erituvchi solingan kyuveta joylashtiriladi.

2. Fotometrik klinlar yordamida galvanometr strelkasi nolga keltiriladi.

3. O'ng yorug'lik oqimiga tadqiq etilayotgan eritma solingan kyuveta joylashtiriladi.

4. O'lchov barabanlarini aylantirish orqali galvanometr strelkasi nolga keltiriladi.

5. O'lchash natijasi o'ng baraban bo'yicha qayd qilinadi.

Ushbu turdagi fotokolorimetrda eritmadagi modda konsentratsiyasini aniqlash uchun yuqorida ko'rsatilgan tartibda darajalangan egri chiziq chizilishi kerak va u bo'yicha konsentratsiya aniqlanadi.

## 2.5. Oziq-ovqat mahsulotlarini tadqiq etishning spektral usullari

### 2.5.1. Absorbsion spektroskopiya

Zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullari o'rtasida spektroskopiya keng tarqalmoqdaki, u mahsulotni muhim xususiyatlari haqida eng to'liq ma'lumot olinishini ta'minlaydi.

Spektral tahlil turli organik birikmalari, shuningdek, konsentratsiyasi  $10^{-2}$ — $10^{-6}$  mol bo'lgan mineral elementlarni aniqlashda foydalaniladi. Spektroskopiyaning shartli ravishda emission va absorbsionga bo'lishi mumkin.

**Emission spektroskopiya** moddalarning nurlanish xususiyatlarini tadqiq qiladi. Energiya chiqarilishi atomlarning dastlabki termik yoki energetik qo'zg'atilishi bilan bog'liq bo'lib, bunda energiya yutilganda elektronlar asosiy darajadan yana yuqori energetik darajaga o'tishadi.

**Absorbsion spektroskopiya** moddalarning yutuvchanlik xususiyatlarini tadqiq qiladi. Bunda tahlil etilayotgan namuna ma'lum chastotalar diapazoniga ega bo'lgan elektromagnit nurlanish manbasi va spektrofotometr o'rtasida joylashtiriladi. Spektrometr namuna orqali o'tgan yorug'lik intensivligini berilgan to'lqin uzunligidagi boshlang'ich nurlanish manbasi bilan taqqoslab o'lchaydi.

Oziq-ovqat mahsulotlari xususiyatlarini tadqiq etishda shisha optikali ko'rinadigan (200—400 nm), kvarts optikali ultrabinafsha (400—900 nm) va infraqizil (2—15 mkm) sohalar katta ahamiyatga ega.

Nurlanishni moddalar bilan o'zaro ta'sir mexanizmi turli sohalarda o'zaro farqlanib turishiga qaramasdan, barcha hollarda molekular tomonidan ma'lum miqdordagi energiya yutilishi ro'y beradi.

Yorug'lik yutilganda atom yoki molekula ichki energiyasi normal  $E_0$  darajadan yanada yuqori  $E_1$  gacha sakrab oshadi. Yutilgan energiya kattaligi yorug'lik chastotasiga proporsionaldir:

$$E_1 - E_0 = h\nu,$$

bu yerda,  $h$  — universal Plank doimiyligi ( $6,624 \cdot 10^{-27} \text{ erg} / \text{sek}$ );  $\nu$  — tushayotgan yorug'lik chastotasi,  $Gs$ .

Chastota  $\nu$  va to'lqin uzunligi  $\lambda$  quyidagi munosabat bilan bog'langan:

$$v = \frac{c}{\lambda},$$

bu yerda,  $c$  — yorug‘lik tezligi ( $2,998 \cdot 10^{10} \text{ sm / sek}$ ).

Har bir moddalar (molekula) guruhleri uchun unchalik katta bo‘lmagan energiya bilan farqlanib turuvchi tebranishli va aylanishli holatlar xos bo‘lib, shu sababli molekular guruhi spektrni turli sohalarida energiya yutishi yoki ajratishi mumkin. Ammo turli molekularidagi funksional guruhlar hamma vaqt ham o‘zaro mos keluvchi to‘lqin uzunliklarida yutilishlar bermaydi. Bu har bir guruh moddalarini yutilish to‘lqin uzunliklari o‘tish energiyasiga bog‘liqligi bilan, turli molekularidagi elektron o‘tishlar esa ular atrofida bir xil qimmatli emasligi sababli, energetik xarakteristikalari bo‘yicha farqlanishi bilan tushuntiriladi. Ko‘rinadigan va ultrabinafsha sohalardagi yutilishlar elektronlarni qo‘zg‘alishi bilan bog‘liq, shuning uchun ularning spektrlari molekular tuzilishi haqida chegaralangan ma‘lumot beradi. Infraqizil sohadagi yutilish molekular tebranishlar bilan bog‘liq bo‘lib, ularga mos keluvchi spektrlar birikmalarning tuzilishi haqida ko‘p ma‘lumotga ega.

Spektrofotometrlar namunalar yorug‘lik yutuvchanligini spektral tarkibi bo‘yicha tor yorug‘lik dastalarida (monoxromatik yorug‘lik) o‘lchash imkonini yaratadi. Spektrofotometrlar oq yorug‘likni uzluksiz spektrga ajratish, bu spektrdan monoxromatik (ajratiladigan spektr tasma kengligi 1—20 nm) deb hisoblash mumkin bo‘lgan tor to‘lqin uzunliklardagi yorug‘lik dastasini ajratib olish, izolatsiya qilingan yorug‘lik dastasini tahlil etilayotgan eritma orqali o‘tkazish va bu dasta intensivligini yuqori aniqlik bilan o‘lchash imkonini beradi. Eritmada bo‘yalgan modda tomonidan yorug‘likni yutilishi uni nol eritma yutilishi bilan taqqoslab o‘lchanadi. Fotoelektrik spektrofotometrlarda ikki asosiy asbob mavjud. Bular monoxromatik yorug‘lik oqimini olish uchun mo‘ljallangan monoxromator va yorug‘lik intensivligini o‘lchashga mo‘ljallangan fotoelektrik fotometr hisoblanadi.

Monoxromator yorug‘lik manbai, oq yorug‘likni spektrga ajratuvchi dispergirlash qurilmasi va eritmaga berilayotgan yorug‘lik dastasi to‘lqin uzunliklari interval kattaligini rostlaydigan qurilmadan iborat.

Yorug‘lik manbai sifatida volfram ipli cho‘g‘lanish lampasi foydalaniladiki, uni nurlanish to‘lqin uzunliklari 350—2000 nm.ni

tashkil qiladi. Bu yorug'lik manbai ko'pgina analitik maqsadlarda yaroqli, chunki spektrni yaqin ultrabinafsha, ko'rinadigan, shuningdek, yaqin infraqizil sohalarida o'lchashni amalga oshirish imkonini beradi. Spektrni 210—400 nm bo'lgan ultrabinafsha sohalaridagi o'lchashlar uchun razryadli vodorod (yoki deyteriyli) lampalardan foydalaniladi. Yorug'lik manbayining barcha spektral sohalarida uzluksiz spektr berishi muhim bo'lib, bu holda dispersiv g'irash qurilmasi yordamida spektrni xohlagan qismini ajratib olish mumkin bo'ladi.

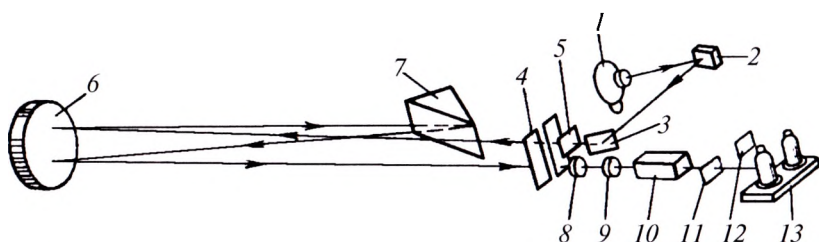
Yorug'likni spektrga ajratish uchun shishali va kvarsli prizmalar, shuningdek, difraksion panjaralar ishlatiladi. Prizmalar yuqori dispersiya va katta yorug'lik kuchiga ega. Kvarsli prizmalar spektrni ultrabinafsha sohalarida ishlash imkonini beradi.

Spektrofotometrni muhim qismi tirqish hisoblanib, uning yordamida yorug'lik oqimi intensivligini rostdash mumkin. U qanchalik kichik ochilgan bo'lsa, u orqali shuncha kam yorug'lik o'tadi va tirqish o'tkazayotgan yorug'lik dastasi to'liq uzunliklari intervali shuncha tor bo'ladi.

Fotoelektrik fotometr fotoelementlar, o'zgaras tok kuchaytirgichi va shkalasi optik zichlik va yorug'lik o'tkazuvchanlik foizlarida darajalangan kompensatsiya qurilmasidan (potensiometr) iborat.

Spektrofotometrik ishlar uchun eng aniq va sezgir optik asbob, kvarsli spektrofotometr CΦ-4 hisoblanib, u eritmalar va qattiq moddalar yutilish spektrlarini 220—1100 nm to'liq uzunliklardagi diapazonda tushirish imkonini beradi. Asbobning optik sxemasi 2.39-rasmda tasvirlangan.

Yorug'lik manba (1) dan (cho'g'lanish lampasi yoki razryadli vodorod lampasi) ko'zguli kondensor (2) va tekis ko'zgu (3)



2.39-rasm. Spektrofotometr CΦ-4 ning optik sxemasi:

- 1 — yorug'lik manbai; 2 — kondensor; 3 — ko'zgu; 4 — tirqish; 5 — kvarsli plastinka; 6 — obyektiv; 7 — prizma; 8 — linza; 9 — svetofiltr; 10 — kyuveta; 11 — kvarsli shisha; 12 — pardacha; 13 — fotoelementlar.

bilan tirqishni kirish qismiga yo'naltiriladi. Tirqish ko'zguli obyektiv (4) ni fokusida joylashgan bo'lib, kvarsli plastina (5) bilan himoyalangan. Tirqishdan o'tgan yorug'lik ko'zguli obyektiv (6) ga tushadi va kvarsli prizma (7) ga yo'naltiriladi. Prizma oq yorug'lik dastasini spektrga ajratadi, prizma tomonlarini biri kumush bilan qoplanganligi sababli uni yana obyektiv (6) ga yo'naltiradi. Obyektiv prizmani minimal chetlanish holatiga to'g'ri keluvchi nurlarni monoxromator (4) ni chiqish tirqishida to'playdi. Ko'zgu (6) aylantirilganda, chiqish tirqishiga turli to'lqin uzunlikdagi nurlar yo'naltiriladi. Monoxromatik yorug'lik dastasi kvarsli linza (8), sochilgan nurlarni qisman yutuvchi svetofiltr (9) ni o'tib kyuveta (10) ga kelib tushadi. Kyuveta orqali o'tgan yorug'lik, pardacha (12) ni ochiq holatida, kvarsli plastina (11) orqali almashtiriladigan fotoelement (13) katodiga kelib tushadi. Bunda hosil bo'lgan fototok yuklamaga qarshiligida kattaligi fotoelementga kelib tushayotgan yorug'lik energiyasiga proporsional bo'lgan kuchlanish tushishini yaratadi. Fototokni bevosita o'lchash imkoni yo'qligi tufayli, u kuchaytiriladi. Potensialni kompensatsiyalash uchun sanoq potensiometridan kattaligi bo'yicha teng, ishorasi bo'yicha yuklama qarshiligidagi kuchlanish tushishiga teskari bo'lgan potensial kuchaytirgich kirishiga beriladi. Kuchaytirgich chiqishidagi kompensatsiya ko'rsatuvchisi shartli «0» belgisiga ega bo'lgan milliampermetr hisoblanadi.

200 dan 1100 nm.gacha bo'lgan barcha diapazondagi optimal spektral intervallarni ta'minlash uchun asbob surma-seziyli va kislorod-seziyli fotoelementlar bilan ta'minlangan. Surma-seziyli fotoelement 220—650 nm spektr sohalarida, kislorod-seziyli fotoelement esa 600—1100 nm spektr sohalarida ishlash uchun foydalaniladi.

Spektrofotometr CΦ-4A ning asosiy xarakteristikalari CΦ-4 ga monand bo'lib, uni elektr toki bilan ta'minlash to'liq tarmoqdan amalga oshiriladi. Spektrofotometr CΦ-5 ning yuqoridagi asboblardan farqi shundaki, dispergirlash prizmasi kvarsdan emas, balki maxsus TΦ-1 optik shishadan tayyorlangan. Shisha birmuncha darajada ultrabinafsha nurlarni yutishi sababli, eritmalarni yorug'lik o'tkazuvchanligini o'lchash CΦ-5 da 380 dan 1100 nm.gacha bo'lgan spektr sohalarida amalga oshirilishi mumkin.

CΦ-2M va CΦ-10 spektrofotometrlari o'lchash natijalarini avtomatik qayd qiluvchi asboblar hisoblanadi. Asboblar o'ziyozar qurilma bilan ta'minlangan bo'lib, ularni perosi maxsus blankalarda optik zichlik qiymatlarini qayd qiladi.

Optik spektrlar sohasidagi yutilish spektroskopiyasi asosida yutilish kattaligi va yutuvchi modda miqdori o'rtasidagi munosabatlarni o'rnatuvchi umumiy qonunlar yotadi.

Spektroskopiyani asosiy qonuni hisoblanmish Buger-Lambert-Ber qonunidagi koeffitsiyent konsentratsiya mollarda, qatlam qalinligi santimetrda ifodalanganida molyar yutilish koeffitsiyenti, deb nomlanishi ta'kidlangan edi. Bu doimiy kattalik tushayotgan yorug'lik to'liq uzunligiga, eritma haroratiga, erigan modda tabiatiga bog'liq bo'lib, tahlil etilayotgan modda molyar eritmasining bir santimetr qalinlikka ega bo'lgan kyuvetadagi yorug'lik yutuvchanligiga mos keladi. Koeffitsiyent maksimal yutilishga mos keluvchi to'liq uzunligida eng katta qiymatga ega bo'ladi. Shuning uchun miqdoriy spektral tahlilni eng yuqori aniqlik va sezgirlik bilan o'tkazishda optik zichlikni o'lchash yorug'likning yutilishi maksimal bo'lgan spektr sohalarida amalga oshirilishi maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Molyar yutilish koeffitsiyenti berilgan to'liq uzunlikdagi yorug'likni o'tishida modda konsentratsiyasiga bog'liq emas. Molyar yutilish koeffitsiyentining qiymati turli birikmalar uchun keng chegaralarda o'zgaradi. Molyar yutilish koeffitsiyenti spektral tahlilni sezgirlik o'lchovi hisoblanadi. Koeffitsiyent qiymati qanchalik katta bo'lsa, aniqlash sezgirligi ham shunchalik yuqori bo'ladi. Shuning uchun to'liq uzunligini to'g'ri tanlash to'g'ridan to'g'ri sezgirlikni belgilaydi va quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanadi:

$$C_{min} = \frac{D_{min}}{E_{maks} \cdot \ell_{maks}}$$

Fotometrlash uchun spektr uchastkasini to'g'ri tanlash spektral tahlilda muhim ahamiyatga ega. Yutilish egri chizig'i shakli turli xarakterga ega bo'lishi mumkin. Ba'zi moddalar aniq maksimum va minimumlarsiz uzluksiz yutilishlar beradi. Bu holda yutilish koeffitsiyenti to'liq uzunligiga deyarli bog'liq bo'lmaydi. Ko'pgina organik birikmalar aniq maksimum va minimum zonalariga ega bo'lgan tanlanma yutilishga ega. Spektr shakli molekulalar tarkibi va atomlarni organik molekulalardagi bog'lanish xarakteri (oddiy, qo'sh, uchbog'lar) bilan belgilanadi. Bu bog'lar elektronlari turli energiyaga ega va turli to'liq uzunlikdagi nurlanishlar bilan qo'zg'atiladi. 200—800 nm sohalarda yutilishni keltirib chiqaruvchi guruhlar *xromofor* guruhlar, deb nomlanadi va ular bittadan kam bo'lmagan karrali bog'larga ( $C=C$ ,  $C\equiv C$ ,  $C=O$ ,  $C\equiv N$ ,  $N=O$ ,  $N=N$ ,

$C=S$ ,  $S=O$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  va boshq.) ega. Karrali bog'larni qo'zg'atish energiyasi oddiy bog'larni qo'zg'atish energiyasiga nisbatan ancha kichik. Yutilish spektrlarining xarakteri tahlil etilayotgan birikmada ana shunday karrali bog'larni mavjud bo'lishi bilan belgilanadi. Molekulada qo'shbog'larni to'planishi spektrni uzun to'lqin tomonga siljitishi (har bir qo'shbog' yutilish spektrini taxminan 30 nm siljitadi) ma'lum.

Ko'rinadigan va ultrabinafsha sohalarida tahlillar olib borishda kuchli suyultirilgan eritmalar bilan ish olib boriladiki, ularda erituvchi xususiyatlarini hisobga olmaslik mumkin emas. Erituvchilarga quyidagi talablar qo'yiladi: erituvchilar tadqiq etiladigan birikmalarni yutilish sohalarida o'z yutilishi tasmalariga ega bo'lmasligi kerak; birikmaning maksimum yutilishini siljitmasligi lozim; ishlashda chidamli bo'lishi va oson tozalanishi kerak.

200 nm.dan yuqori sohalarida erituvchilar sifatida uglevododlar, suv, spirt, efirlar ishlatilishi mumkin.

Absorbsion spektroskopiya oziq-ovqat mahsulotlarini tadqiq etishda keng qo'llaniladi: mahsulotlardagi yog'larni oksidlanganlik darajasini aniqlash; pektin moddalarni aniqlash; o'simlik mahsulotlaridagi fenol birikmalarni aniqlash; choy, kakao, qahvada kofeinni aniqlash; go'shtda qaytarilgan, oksidlangan va gidrooksidlangan mioglobin shaklini aniqlash.

Spektrofotometrik usul oziq-ovqat mahsulotlaridagi og'ir metallarni aniqlashda ham foydalaniladi. Ammo usul tahlilni uzoq davom etishi, ko'p operatsiyalarni o'tkazilishi, foydalaniladigan reaktivlarni ko'p miqdordaligi bilan farqlanib turadi. Yuqorida sanab o'tilgan tahlil usullari mahsulotlarda aniqlanishi nazarda tutilgan birikmalarni (yog'larni ikkilamchi oksidlanish mahsulotlari, pektin moddalari, fenollar) boshqa kimyoviy birikmalar bilan bo'yalgan kimyoviy birikmalar hosil qilishiga asoslangan. O'lchash natijalari ko'pincha bo'yalgan birikmalar eritmalarini nisbiy optik zichlik birliklarida ifodalanadi. Ba'zi tahlil usullarida moddalar miqdori oldindan tuzilgan darajalangan grafik asosida hisoblanadi.

### 2.5.2. Infraqizil spektroskopiya

Infraqizil (IQ) spektroskopiya oziq-ovqat mahsulotlarini miqdoriy va sifatliy tahlilini yangi fizikaviy usuli hisoblanadi. Bu usul organik moddalarni tuzilishi va tarkibi haqida yetarlicha to'liq informatsiya olinishiga imkon beradi. IQ nurlanish sut mahsulotlarini

yog'-kislotali tarkibini tadqiq etishda foydalaniladi, turli oziq-ovqat mahsulotlaridagi pestitsidlarni aniqlashda, oziqaviy bo'yoqlarni tahlil etishda, shuningdek, o'simlik va hayvon xomashyosi qayta ishlovi texnologik jarayonlarini nazorat qilishda keng qo'llaniladi.

Organik birikmalarni IQ spektri moddaning eng to'liq fizik xususiyatlari hisoblanadi. IQ spektr erish harorati, sindirish ko'rsatkichi yoki zichlikka nisbatan moddani aniq tavsiflaydi.

IQ nurlanish sohasi spektrni ko'rinadigan qismidan keyin joylashgan bo'lib, 0,8—2,5 mkm diapazondagi *yaqin, o'rta* (2,5—25 mkm) va *uzoqqa* (25 mkm.dan katta) bo'linadi.

Yorug'lik yutilishining jami sohalari uchun katta to'lqin uzunligiga katta energiya mos keladi. IQ spektroskopiya ham nurlanishni yutilishiga asoslangan. Yutilish spektrlari tadqiq qilinayotgan moddani tuzilishi bilan bog'langan. Modda molekulasini ma'lum energetik holatlarda joylashgan tegishli atomlar tizimi sifatida qarash mumkin. Molekula unga tushayotgan nurlanish spektridan faqat uning energetik holatini o'zgartira oladigan uzunlikdagi to'lqinlarni yutadi. Molekula tomonidan olingan energiya atomlarni elektron holatini o'zgartirish (bunda spektr ultrabinafsha va ko'rinadigan sohalarga tegishli bo'ladi) yoki aylanma va tebranishli energiyasini o'zgartirishga sarflanishi mumkin. Molekulalarni tebranma energiyasi, ikki turdagi tebranishlar: valentli va deformatsion tebranishlar bilan belgilanadi. Valentli tebranishlarda ikki atom o'rtasidagi masofa kamayishi yoki kattalashishi mumkin, ammo atomlar valentlik bog'lari o'qlarida saqlanaveradi. Deformatsion tebranishlarda atomlar valent bog'lari o'qidan chetlanadi. Deformatsion tebranishlar energiyasi valent tebranishlar energiyasiga nisbatan ancha kichik bo'lib, shu sababli deformatsion tebranishlar valentlilarga nisbatan katta uzunlikdagi to'lqinlarda kuzatiladi.

Alohida funksional guruhlarining tebranishlari IQ spektrni o'ta ma'lum sohalarida yutilishini yuzaga keltiradi. Bunday atomlar guruhlari yoki bog'larga ega bo'lgan turli molekulalarning yutilish spektrlarida bir necha bir xil chiziqlar mavjud bo'ladiki, ularni yutilish chastotalari *xarakteristik*, deb nomlanadi. Bunday xarakteristik chiziqlarning mavjudligi spektr bo'yicha molekulada turli guruhlar mavjudligini aniqlash va ularning tuzilishini belgilashga imkon beradi.

Xarakteristik chastotalarni aniqlash IQ spektroskopiyaning asosini tashkil qiladi. Hozirgi vaqtda, to'lqin soni va to'lqin uzunligi bo'yicha bosh chiziqlar joylashgan xarakteristik chastotalar va diagrammalarni qator jadvallari mavjud.



Moddalarni IQ spektrlari tadqiq qilinayotgan namuna fizikaviy holatiga, birikmalar konsentratsiyasiga bog'liq. Murakkab organik moddalarning toza suyuqliklarni yupqa qatlami ko'rinishida, eritilgan mahsulotni plastinalar o'rtasida sovutilgandan keyin yupqa plyonka ko'rinishida, namunani suyuqlik bilan ezgandan keyin pasta ko'rinishida va ishqoriy metall galogenidlari aralashmasi bilan presslangan tabletka ko'rinishida tadqiq qilish mumkin.

Organik birikmalar IQ spektrlarini o'rganishda ikki xarakteristik sohalar ajratiladi:  $800\text{--}1400\text{ sm}^{-1}$  sohasi va  $800\text{--}1400\text{ sm}^{-1}$  chegarasidan tashqari soha.  $800\text{--}1400\text{ sm}^{-1}$  sohalarda  $C\text{--}C$ ,  $C\text{--}N$ ,  $N\text{--}O$ ,  $C\text{--}O$  valent bog'lari va  $N\text{--}H$ ,  $O\text{--}H$ ,  $C\text{--}H$  deformatsion bog'lari namoyon bo'ladi. Bu sohada molekula tuzilishidagi unchalik katta bo'lmagan o'zgarishlar spektrni sezilarli o'zgarishlarini keltirib chiqaradi.  $800\text{--}1400\text{ sm}^{-1}$  soha chegarasidan tashqarida organik birikmalar spektrlari alohida bog'lar va atomlar guruhlariga mos keluvchi chiziqlarga (xarakteristik) ega bo'ladi. Bunday guruhlarining tebranishlari ular kirgan molekular tarkibiga bog'liq bo'lmaydi. Aynan tebranishli spektrlar namoyon bo'lgan bunday soha oziq-ovqat mahsulotlarini tadqiq etishda eng ko'p qo'llaniladi. Birikmalarining spektrlarini ma'lum modda spektri bilan taqqoslab, identifikatsiya qilish asosiy guruh organik birikmalari uchun xarakterli IQ spektrlari chiziqlari mavjud bo'lganda amalga oshirish mumkin. Shuning uchun oziq-ovqat mahsulotlarini IQ spektroskopiya usuli bilan tadqiq etishda funksional guruhlar yutilishlarini asosiy analitik chiziqlari ko'rsatilgan ma'lumotnomalar bilan ishlash kerak bo'ladi. IQ spektroskopiya usulini oziq-ovqat mahsulotlaridagi vitaminlarni ( $A$ ,  $K$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_6$ ,  $C$ , nikotin kislotasi, tokoferollar va karotin) aniqlashda ham qo'llash mumkin. IQ spektroskopiyani xromotografiya usuli bilan birgalikda qo'llash aromatik moddalar va qator organik birikmalarni tadqiq etishda foydalanilish mumkin.

### 2.5.3. Atom-absorbsion spektroskopiya

Mineral elementlarning fiziologik ahamiyati, ularning fermentativ jarayonlarga katalitik ta'siri borasidagi bilimlarni kengayishi alohida mineral elementlarni, jumladan, mikroelementlarni miqdoriy aniqlashning analitik usullarini ishlab chiqish va foydalanishga ehtiyoj tug'dirdi.

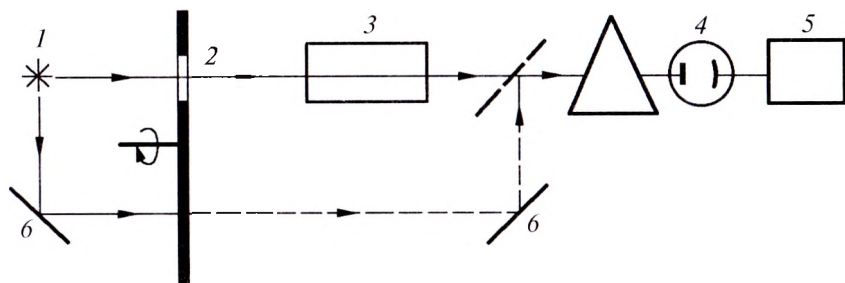
Ko'pgina kimyoviy usullar katta namunalar bilan ish ko'radi va ko'p vaqt sarfini talab qiladi. Fotokalorimetrik usullar va kompleksometriya ham o'zini sezgirligi, aniqligi va tahlil o'tkazish tezligi bo'yicha talablarga javob bermaydi. Bu talablarga spektral usullar, xususan, keng tarqalgan atom- absorbsion spektroskopiya eng to'liq javob beradi. Hozirda atom tizimlarida ro'y beradigan nurlanish va yutilish jarayonlarining bog'liqligi va fizikaviy mohiyati aniqlangan. Kvant nazariyasiga muvofiq  $E_i$  va  $E_k$  energiyaga ega bo'lgan  $i$  va  $k$  statsionar darajalar o'rtasida uch ko'rinishdagi o'tishlar kuzatiladi:

- spontan ravishda qo'zg'algan darajadan past energetik holatga nurlanishli o'tish ( $k \rightarrow i$ );
- chastotasi  $\nu_{ki}$  bo'lgan tashqi nurlanish ta'sirida majburiy ro'y beradigan quyidan yuqori energetik holatga yutilishli o'tish ( $i \rightarrow k$ );
- chiqarilgan nur chastotasiga mos chastotaga ega bo'lgan nurlanish ta'sirida majburiy (indutsiraviy) ro'y beradigan nurlanishli o'tish ( $k \rightarrow i$ ).

Uzoq vaqt davomida analitik kimyoda faqat spontan nurlanishli o'tishdan foydalanib kelindi.

Atom-absorbsion spektroskopiyada yutilishli jarayon foydalaniladiki, bunda atom tomonidan energiya yutilishi asosiy darajada ro'y beradi. Atom-absorbsiyasini qayd etishning oqilona usuli 1955-yili Uolsh tomonidan taklif qilingan va tahlil o'tkazish qurilmasini sxemasi tavsiya etilgan. Bunday oddiy qurilma sxemasi 2.40-rasmda keltirilgan.

Tahlil etilayotgan eritma aerosol ko'rinishida garelka alangasiga purkagich yordamida kiritiladi. Shundan so'ng elementning alangadagi nurlanishi (alangali fotometriyada) emas, balki standart



2.40-rasm. Ikki nurli atom-absorbsion spektrofotometr sxemasi:

1 — yorug'lik manbai; 2 — uzgich diski; 3 — alanga; 4 — fotoelektrik yorug'lik qabul qilgichi; 5 — qayd qilish elektron sxemasi; 6 — ko'zgu.

yorug'lik manbaya nurlanishini atomlar tomonidan yutilishi o'lchanadi. Buning uchun yutuvchi bug' qatlami tadqiq etilayotgan element yutilish chiziqlariga mos keluvchi to'lqin uzunlikdagi monoxromatik yorug'lik dastasi bilan yoritiladi. Namuna alangada atom bug'larini hosil qiladi. Aniqlanayotgan element atomlari tushayotgan yorug'likni ular konsentratsiyasiga to'g'ri proporsional tarzda yutadi.

Yorug'lik manbaya sifatida past bosimli gazorazryad lampalari taklif etilgan bo'lib, ular aniqlanayotgan elementni ingichka rezonans chizig'ini beradi. Spektral qism o'lchanayotgan element yutayotgan to'lqin uzunligini ajratish uchun mo'ljallangan prizma va difraksion panjaraga ega. Yorug'lik signali fotoko'paytirgichga kelib tushadi va galvanometrqa beriladi.

Signal spektrofotometrda avtomatik sanash qurilmasiga kelib tushadi, u esa natijalarni yutilish yoki optik zichlik birliklarida konsentratsiyani raqamli vizual qayd qilgichga beradi. Signal o'ziyozar patensiometr tomonidan qabul qilinishi mumkin.

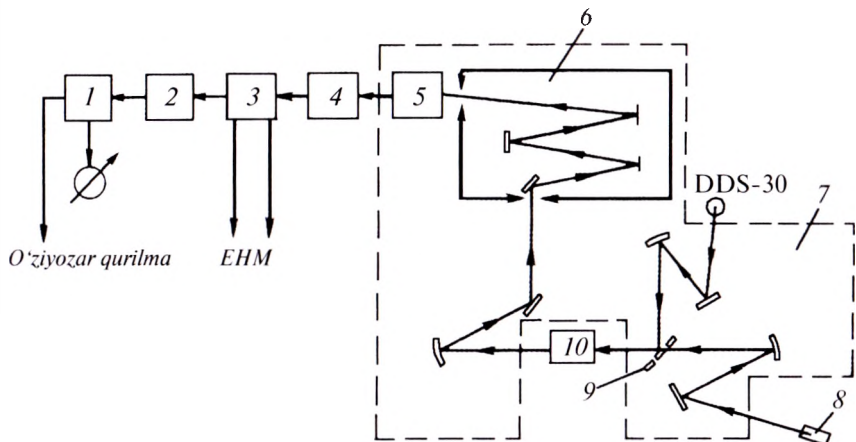
Atom-absorbsion spektroskopiyaning ustunligi shundaki, alangada aniqlanayotgan elementni yaqqol namoyon bo'lgan rezonans chizikli oddiy spektri olinadi. Bu esa turli elementlar rezonans chiziqlarining bir-birini qoplab ketishi oldini oladi va tadqiq etilayotgan mahsulot komponentlari o'zaro ta'sirini kamaytiradi. Bundan tashqari, absorbsion tahlilda tahlil sharoitlarini, xususan, alanga haroratini ta'siri kamaytirilgan.

Oziq-ovqat mahsulotlarining suyuq namunalariidagi elementlar konsentratsiyasini suyuq namunalarda aniqlash uchun C-115 atom-absorbsion spektrofotometri keng ishlatiladi. Uning ishi ma'lum element atomlari tomonidan yorug'lik yutilishi hodisasiga asoslangan. Spektrofotometr quyidagi ikki asosiy rejimning birida ishlaydi:

- atom-absorbsion tahlil, bu rejimda yorug'lik rezonans nurlanish manbayidan atom bug'lari qatlamini o'tadi va ular tomonidan yutiladi;
- emission tahlil, bunda nurlanish manbaya namuna atom bug'lari hisoblanib, ular purkalish davomida alangada qo'zg'atiladi va ulardan yorug'lik oqimi nurlanadi.

Oxirgi rejimda konsentratsiya o'lchovi spektral chizig'ining intensivligi hisoblanadi. Asbobni funksional sxemasi 2.41-rasmda keltirilgan.

Asbobning spektral diapazoni 190—860 nm. Yo'l qo'yiladigan xatoligi  $\pm 0,5$  nm. gacha. Ta'minlash 220 V, 50 Gs elektr tarmog'idan amalga oshiriladi, asbobning iste'mol quvvati esa 0,35 kV.A gacha. Asbobning o'lchamlari 1010x500x710 mm, og'irligi 140 kg.



2.41-rasm. C-115 spektrofotometrini funksional sxemasi:

- 1 — o'zgartirgich; 2 — logarifmator; 3 — ajratuvchi kuchaytirgich; 4 — dastlabki kuchaytirgich; 5 — fotoqabulqilgich; 6 — monoxromator; 7 — optik blok; 8 — spektral lamp; 9 — ko'zgu; 10 — amortizator.

Chet el spektrofotometrlaridan ultrabinafsha va ko'rinadigan yorug'likda tadqiqotlash uchun «Besman» firmasining (Avstriya) mikrokompyuterli DU asbobi ishlatiladi. Asbobni spektral diapazoni 140—900 nm, o'lchamlari 1150x670x470 mm. Spekrni infraqizil sohasida tadqiqotlash uchun «Besman» firmasini FT seriyadagi spektrofotometrlari va SPEN seriyadagi atom-absorbtsion spektrofotometrlaridan foydalanish mumkin. 360, 370, 400 modeldagi atom-absorbtsion spektrofotometrlar «Perkin-Elmer» firmasi (Angliya) tomonidan ishlab chiqariladi va 190—870 nm spektral diapazonga ega.

Ko'pgina oziq-ovqat mahsulotlarini tahlil qilish uchun ularning dastlabki quruq yoki nam usullarda kullantirish zarur bo'ladi. Bu usullar o'zining afzalliklari va kamchiliklariga ega. Nam kullantirishda namunani kuydirish uchun ishlatiladigan kislot bilan tahlil etilayotgan eritmaga qo'shimcha miqdorda mineral elementlar kiritiladiki, ular miqdoriy natijalarga ta'sir qiladi. Shuning uchun ko'pgina oziq-ovqat mahsulotlari uchun ehtiyotkorlik bilan o'tkaziladigan quruq kullantirishni qo'llash maqsadga muvofiqdir.

Namunalarni tahlilga tayyorlashda mikroelementlar organik erituvchilar yordamida ekstratsiya qilinadi. Organik erituvchilarni mikroelementlar konsentratsiyasi optimal chegaradan past bo'lganda ham qo'llash mumkin. Bundan tashqari, organik erituvchilar

suvli eritmalarga nisbatan atom-absorbtsion usul sezgirligini oshiradi. Shuning uchun darajalangan grafiklarni tuzishda etalon eritmalar organik erituvchilarda tayyorlanishi kerak.

Namunalarni tahlilga tayyorlashda aniqlanayotgan elementlar konsentratsiyasidan kelib chiqqan holda mahsulot namunasi miqdorini aniqlash zarur bo'лади. Optimal konsentratsiyalarni hisoblash uchun har bir element uchun «sezgirlik» atamasi ishlatiladi. Bu atama 1 % yutilish yaratadigan suvli eritmadagi element konsentratsiyasini ko'rsatadi va  $\frac{mkg}{ml}$  da ifodalanadi. Oziq-ovqat mahsulotlaridagi keng tarqalgan elementlarni aniqlash sezgirligi o'zgarib turadi va bu tahlil o'tkazish sharoitiga bog'liq (2.4-jadval).

Atom-absorbtsiyasi oziq-ovqat mahsulotlaridagi ko'p sonli metallarni aniqlash uchun foydalanilishi mumkin, ammo bu elementlarni tadqiq qilinayotgan eritmalaridagi konsentratsiyasi 1  $\frac{mkg}{ml}$  atrofida bo'lishi lozim. Bu elementlarga 2.4-jadvalda ko'rsatilganlardan tashqari kobalt, nikel, qo'rg'oshin, qalay, xrom, stronsiy, kadmiy va boshqalar ham tegishli.

2.4-jadval

#### Asosiy mineral elementlarni aniqlashdagi sezgirlik

Elementlar	To'lqin uzunligi, $\lambda$	Optimal ish chegaralari, $\frac{mkg}{ml}$	1 % absorbtsiyaga to'g'ri keladigan asbob sezgirligi	Aniqlash chegaralari, $\frac{mkg}{ml}$
<i>K</i>	7665	1—10	0,1	0,005
<i>Na</i>	5890	0,3—3	0,04	0,005
<i>Ca</i>	4227	1—10	0,1	0,01
<i>Mg</i>	2852	0,2—2	0,01	0,003
<i>Fe</i>	2483	2—20	0,15	0,02
<i>Cu</i>	3247	2—20	0,15	0,01
<i>Mn</i>	2795	2—20	0,1	0,005
<i>Zn</i>	2138	0,2—3	0,04	0,005

Turli mahsulotlar uchun tahlil etish metodikasi bir xil bo'lib, u rezonans chizig'ini tanlash, eritmalarini gorenka alangasiga kiritish va asbob ko'rsatishlarini tushirish kabi bosqichlarni qamrab oladi. Farqli tomonlari namunalarni tadqiqotga tayyorlash hisoblanadi.

## 2.5.4. Mass-spektroskopiya

Mass-spektroskopiya organik moddalarni zamonaviy fizik-tadqiqot etish usuli hisoblanadi.

Mass-spektrni olish uchun juda siyraklashtirilgan bug' (bosim  $10^{-5}$ — $10^{-7}$  mm) ko'rinishidagi moddaga energiyasi 50—100 ev bo'lgan elektronlar oqimi ta'sir ettiriladi. Bu holda boshlang'ich modda (molekular ionlar) massasiga teng bo'lgan musbat zaryadlangan ionlar, elektron kuch ta'sirida molekular ionlarni parchalanishi tufayli hosil bo'lgan parchalangan ionlar, shuningdek, qayta guruhlangan ionlar, manfiy ionlar va zaryadlanmagan parchalar hosil bo'ladi. Musbat zaryadlangan ionlar oqimi bir necha ming volt potensial yordamida tezlashtirilib, tirqish orqali magnit maydoniga yo'naltiriladi. Bu yerda ular ion massasi uning zaryadiga nisbati ( $m/e$ ) bilan belgilanadigan radius bo'yicha yoyiladi. Bu radius bo'yicha harakatlanayotgan ionlar chiqish tirqishiga kelib tushadi va detektor potensialini o'zgarishi bo'yicha (qancha ko'p ionlar kelib tushsa, potensial shunchalik kuchli o'zgaradi va spektr cho'qqisi shunchalik intensiv bo'ladi) qayd qilinadi. Maydon kuchlanishi yoki tezlashtiruvchi kuchlanish kattaligini o'zgartirish yo'li bilan turli  $m/e$  nisbatda paydo bo'layotgan barcha ionlar fiksatsiya qilinadi. Mass-spektr har bir birikma uchun xos bo'ladi.

Mass-spektr yordamida noma'lum moddalar tuzilishini, molekular massasini aniqlash, tadqiq qilinayotgan moddani ma'lum moddaga ko'ra, identifikatsiya qilish yoki ma'lum moddalar aralashmasining har bir modda uchun xos bo'lgan cho'qqilar intensivligi bo'yicha miqdoriy tahlil qilishni amalga oshirish mumkin.

## 2.5.5. Oziq-ovqat mahsulotlarini tadqiq qilishning luminessent usullari

Bu usullar moddalarni qo'zg'atuvchi omillar ta'sirida yorug'lik nurlantirish qobiliyatiga asoslangan.

**Luminessensiya**, bu — atom, ion, molekula va boshqa murakab moddalar zarrachalarini nurlanishi bo'lib, ularning qo'zg'atilgan holatdan normal holatiga qaytishida ulardagi elektronlarni o'tishi natijasida ro'y beradi. Modda luminessensiyalanishi uchun

unga ma'lum miqdorda tashqi energiya berilishi zarur. Modda zarrachalari energiyani yutib qo'zg'algan holatga o'tishadi va bu holatda ma'lum vaqt davomida bo'lishadi. Keyin ular qo'zg'atilgan energiyani ma'lum qismini luminessensiya kvantlari sifatida berib, tinch holatiga qaytadi.

Ultrabinafsha va ko'rinadigan chastotalar optik diapazonidagi yorug'lik nurlari ta'siri ostida paydo bo'ladigan nurlanish **fo-toluminessensiya** deb nomlanadi, u qo'zg'atilgan daraja ko'rinishi va unda bo'lishi vaqtiga ko'ra fluoressensiya va fosforessensiyaga bo'linadi.

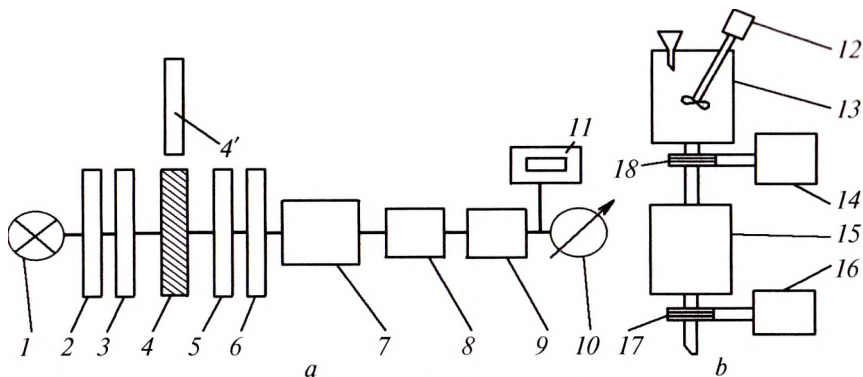
**Fluoressensiya** — moddaning mustaqil nurlanish ko'rinishi bo'lib, u faqat nurlantirish vaqtida davom etadi. Agar qo'zg'atilish manbayi o'chirib qo'yilsa, nurlanish ham shu zahoti to'xtaydi.

**Fosforessensiya** — moddaning mustaqil nurlanishi bo'lib, u qo'zg'atuvchi yorug'lik o'chirib qo'yilgandan keyin davom etadi.

Oziq-ovqat mahsulotlarini tadqiq etishda fluoressensiya hodi-sasi qo'llaniladi.

Luminessent tahlil (LT) yordamida tadqiq qilinayotgan namunada konsentratsiyasi  $10^{-11}$  g/g bo'lgan modda mavjudligini aniqlash mumkin. Sifatiy va miqdoriy LT oziq-ovqat mahsulotlaridagi ba'zi vitaminlarni aniqlashda, sutdagi oqsil va yog' miqdorini aniqlashda, go'sht va baliq yangiligini tadqiq etishda, sabzavot, mevalar buzilishini diagnostika qilishda va ovqatlanish mahsulotlaridagi konservantlar, dori preparatlari, kanserogen moddalar va pestitsidlarni aniqlashda foydalaniladi.

Sutdagi yog'larni aniqlash sut-yog' fazasini fluoroxromlashtirish yo'li bilan yaratiladigan ikkilamchi fluoressensiyaga asoslangan, chunki sut yog'i mustaqil fluoressensiyaga ega emas. Bo'yoq sifatida fosfin-3 gidroksloridni 0,05 % li eritmasi ishlatiladi, u qaynayotgan suvli hammomda 1 minut davomida isitilganda yog' sharchalarini tanlanma va hajmiy fluoroxromlashtiradi. Luminessensiya intensivligi yupqa qatlamda (1 mm) aniqlanadi. Sut va sut mahsulotlaridagi yog'ni fluorescent usulida aniqlashga mo'ljallangan ФЖМ-8 fluorometr (2.42-rasm) optik elektron o'lchash bloki va mahsulot namunasini fluoroxromlashtirish qurilmasidan iborat. Fluoroxromlashtirish qurilmasi aralashtirish qurilmasiga ega bo'lgan ikkita aralashtirish kamerasidan iborat. Qurilmaning kamerasida (13) tayyorlangan mahsulot, ishqor va fosfin-3 gidrokslorid aralashmasini avtomatik isitish,



2.42-rasm. ФЖМ-8 sut fluoressent yog' o'lchagichining blok sxemasi:

*a* — optik elektron o'lchash bloki; *b* — fluoroxromlashtirish qurilmasi; 1 — nurlanish manbai; 2, 3, 5, 6 — svetofiltrlar; 4 — kyuveta; 4' — etalon namunasi; 7 — dastlabki kuchaytirgich; 8 — kuchaytirgich; 9 — fotoelektrik ko'paytirgich; 10, 11 — ko'rsatkichli (raqamli) indikator; 12 — aralashtirgich; 13 — isitish kamerasi; 14, 16 — boshqaruv qurilmasi; 15 — sovitish kamerasi; 17, 18 — berkitish klapanlari.

kamera (15) da esa uni  $21 \pm 1^\circ\text{C}$  gacha sovitilishi amalga oshiriladi. Namunani fluoroxromlashtirish asbobida ishlov berish 60—95 sek davom etadi.

Optik elektron o'lchash bloki ko'rinadigan spektr sohasida qo'zg'atiladigan monoxromatorsiz fluorometr va fluoressensiya o'lchagichidan iborat.

Tadqiq qilinayotgan namunada fluoressensiyaning qo'zg'atish uchun 320—440 nm spektral sohadan foydalanish va fluoressensiyaning o'lchash uchun 520—580 nm spektral sohasini ajratish maqsadga muvofiqdir.

Yorug'lik oqimi nurlanish manbai (cho'g'lanish lampasi) (1) dan namunada 420 nm qo'zg'atish spektrini ajratuvchi o'zaro kesishgan (2) va (3) svetofiltrlar orqali o'lchanayotgan namuna joylashtirilgan shisha kyuveta (optik qalinligi 1 mm) (4) ga beriladi. Yorug'lik oqimining tor spektri ta'siri ostida kyuvetada joylashtirilgan namunada fluoressensiya hodisasi paydo bo'ladi. Luminessensiyaning talab qilinadigan spektr sohasi o'zaro kesishgan (3) va (6) svetofiltrlar tomonidan ajratiladi va ular 420 nm to'lqin uzunlikdagi yorug'lik oqimini ajratadi. Fluoressensiya intensivligi FEU-26 fotoelektron ko'paytirgichi (9) da o'lchanadi. Fotoko'paytirgichni tok signali dastlabki kuchaytirgich (7), kuchaytirgich (8) ga beriladi va ko'rsatkichli (10) yoki raqamli (11) indikatorlarda o'lchanadi.



## 2.6. Xromatografiya asoslari

### 2.6.1. Usulning mohiyati va turlari

Xromatografiya murakkab moddalar aralashmasini ajratish va tahlil etishning eng samarali hamda universal fizik-kimyoviy usuli hisoblanadi. Bu tahlil uslubi turli tadqiqot sohalari bilan bir qatorda, oziq-ovqat mahsulotlarining tarkibi va sifatini o'rganishda ham keng ishlatilmoqda. Aynan xromatografik uslublar oziq-ovqat mahsulotlarining kimyoviy tarkibi, oziqaviy to'laqonligini o'rganishda, saqlanuvchanligini bashorat qilishda, ularning hidi va xushbo'yiligini aniqlashda, ularga qo'shiladigan qo'shimchalarni aniqlashda, ulardagi zaharli kimyoviy moddalar qoldiq miqdorini o'rganishda chuqur tadqiqotlar olib borish imkoniyatini yaratadi.

Xromatografik uslub murakkab moddalar aralashmasini sorbsiya usublari yordamida dinamik sharoitlarda ajratish jarayoni hisoblanadi. Uslub asosida aralashma komponentlarini tanlangan sorbentda turlicha sorbsiya qilinishidan foydalanish g'oyasi yotadi. Bu usul 1903—1906-yillarda rus olimi M.S. Svet tomonidan kashf etilgan bo'lib, u adsorbsiya tamoyilidan xlorofilni tahlil etishda foydalangan.

Tekshirilayotgan moddalarni adsorblovchi material ustunida (kolonkada) turlicha yutilishi sababli rangli halqalar shaklida ajralganidan M.S. Svet bu usulni xromatografiya (yunon. *xromo* — bo'yoq, *grafo* — yozaman) deb atadi.

Xromatografiya ko'pgina ajratish usullarini qamrab oladi. Barcha xromatografik usullar moddani ikkita o'zaro aralashmaydigan fazalar o'rtasida taqsimlashga asoslangan. Fazalardan biri harakatsiz va u harakatchan ikkinchi faza tomonidan yuvib turiladi. Harakatsiz faza sifatida qattiq jismlar yoki suyuq liolar, harakatchan faza sifatida esa suyuqlik yoki gaz foydalaniladi. Demak, xromatografik usullar hamma vaqt tarkibida ajratiladigan moddalar mavjud bo'lgan gaz yoki suyuq fazani harakatsiz (turg'un) sorbent orqali filtrlanib harakatlanishi bilan bog'liq bo'ladi. Aynan aralashma komponentlarining turg'un va harakatchan fazalar o'rtasida turlicha taqsimlanishi sababli, ularning ajratilishi sodir bo'ladi.

Bu usul yuqori darajadagi aniqlik bilan qisqa vaqt davomida boshqa usullar yordamida bajarib bo'lmaydigan kimyoviy yaqin birikmalarning bo'lish imkoniyatini yaratganligi tufayli murakkab kimyoviy tarkibli oziq-ovqat mahsulotlarini baholashda katta ahamiyatga ega.

Harakatchan va harakatsiz fazalar turiga ko'ra, gaz xromatografiyasi (GX) va suyuqlikli xromatografiyaga (SX) bo'lish qabul qilingan. Gaz xromatografiyasiga harakatchan fazasi gaz, suyuqlik xromatografiyasiga esa harakatchan fazasi suyuqlik hisoblangan usullar tegishli. Xromatografik usullar har ikki fazani agregat holatiga bog'liq holda qattiq suyuqlikli (QSX), suyuqlik-suyuqlikli (SSX), gaz-adsorbsion (GAX) va gaz-suyuqlikli (GSX) bo'lishi mumkin. Ajratish mexanizmi asosini tashkil etuvchi jarayonlar tabiatiga ko'ra, ya'ni bo'linayotgan aralashma tarkibiy qismlari, harakatchan va turg'un fazalar o'rtasidagi o'zaro ta'sir turiga ko'ra, xromatografiyaning quyidagi asosiy variantlari farqlanadi: taqsimlovchi, adsorbsion, ion almash-tiruvchi, molekular elak (gel ichiga kiruvchi), affin (yaqinlik asosida), biospetsifik. Xromatografik usullarni ularda foydalaniladigan yordamchi vositalari turlari bo'yicha tasniflash ham keng tarqalgan. Bu holda qog'oz xromatografiyasi, yupqa qatlamli xromatografiya, kolonkali xromatografiya, gaz xromatografiyasi farqlanadi.

Xromatografik usullarni turli-tumanligi sababli, ularni tasniflash ancha murakkabdir. Ma'lum shartligiga qaramasdan 2.5-jadvalda keltirilgan tasnif xromatografik usullar variantlari o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash imkonini beradi.

2.5-jadval

### Xromatografiya turlari tasnifi

Xromatografiya turi	Amalga oshirish shakli
Suyuqlikli (harakatchan fazasi suyuqlik)	
Qattiq-suyuqlikli adsorbsion	kolonkali, yupqa qatlam
ion almash-tiruvchi	kolonkali, yupqa qatlam
molekular elak	kolonkali, yupqa qatlam
Suyuqlik-suyuqlikli taqsimlovchi	kolonkali, yupqa qatlam, qog'ozli
kompleks hosil qilinishidan foydalanuvchi	kolonkali, yupqa qatlamli
Gazli (harakatchan fazasi gaz)	
gaz-adsorbsion	kolonkali
gaz-suyuqlikli (taqsimlovchi)	kolonkali

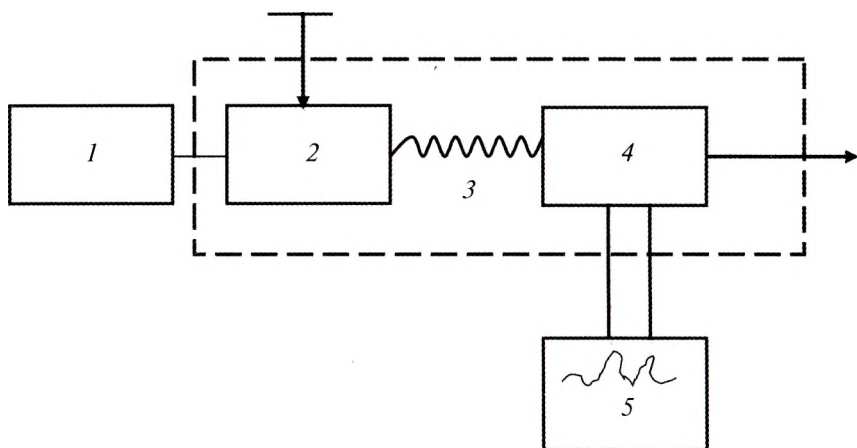
## 2.6.2. Gazli xromatografiya

Gazli xromatografiya turli organik va anorganik birikmalar aralashmalarini miqdor va sifat bo'yicha tahlil etish usuli hisoblanib, oziq-ovqat mahsulotlarini kompleks tahlil etishda qo'llanilishi kerak. Usul  $400-500^{\circ}\text{C}$  haroratda parchalanmasdan haydalish xususiyatiga ega bo'lgan gazlar, suyuq va qattiq moddalar uchun mo'ljallangan. GX yordamida pirolizga moyil uchuvchi hosilalarga aylantirilishi mumkin bo'lgan birikmalar tahlil etiladi.

GXda aralashmani ajralishi sorbent orqali o'tayotgan harakatchan gaz fazasi yordamida sodir bo'ladi. Eltuvchi gaz sifatida kolonka haroratida turg'un fazada adsorbsiya qilinmaydigan, erimaydigan va aralashmaning tarkibiy qismlari bilan reaksiyaga kirishmaydigan azot, geliy, argon kabi gazlar ishlatiladi.

Aralashma tarkibiy qismlarining ajralishi tahlil etilayotgan komponentlar gazsimon aralashmasini xromatografik kolonkadan qattiq jism yuzasi yoki harakatsiz suyuqlik bo'yicha harakatlantirishida turlicha adsorbsiya qilinishi (GAX) yoki eruvchanligiga (GSX) asoslangan.

Zamonaviy gazli xromatograf avtomatik asbob hisoblanib, uni ishlatuvchi xodimdan ko'p operatsiyalar bajarilishini talab qilmaydi. Gazli xromatografni prinsipial chizmasi 2.43-rasmda keltirilgan.



2.43-rasm. Gazli xromatograf sxemasi:

1 — gaz eltuvchi manba; 2 — bug'latgich; 3 — kolonka; 4 — detektor;  
5 — o'zi yozuvchi qurilma.

Gazli xromatografiyada namoyon bo'lish usuli qo'llaniladi. Tadqiqot etilayotgan namunani talab etiladigan miqdori maxsus mikroshpris yordamida olinib, dozator — bug'latgichni rezinali zichlashtiruvchisi orqali gaz-eltuvchi oqimiga kiritiladi. Dozator — bug'latgichda namunadagi eng yuqori qaynaydigan komponent haroratiga nisbatan 50—70°C yuqori harorat yaratilganligi suyuq aralashmani tez va to'liq bug'lanishini ta'minlaydi. Bug'langan namuna gaz oqimi bilan kolonkaga uzatiladi va kolonka bo'ylab harakatlanadi. Kolonkadagi harorat tadqiqot etilayotgan namunali bug' holatida saqlanishini ta'minlaydi.

Kolonka orqali o'tishida aralashma komponentlari kolonka ichi to'ldirilgan adsorbent tomonidan adsorbsiya qilinadi (GAX) yoki inert eltuvchi yuzasidagi harakatsiz suyuq fazada eriydi (GSX). Aralashma komponentlarini bir xil sorbsiya qilinmasligi yoki suyuq faza bilan turlicha o'zaro ta'siri tufayli, ularni kolonka bo'ylab turli tezlik bilan harakatlanishi sodir bo'ladi. Natijada sorbsiya qilinadigan yoki suyuq fazada yuqori eruvchanlikka ega bo'lgan komponent molekullari o'z harakatlanishida orqada qoladi, aksincha, adsorbsiya qilinmaydigan yoki erimaydigan komponentlar esa kolonkadan birinchi bo'lib chiqadi.

Kolonkadan yuvilayotgan komponentlar detektorda, vaqtga bog'liq bo'lgan signallar ko'rinishida qayd etiladi. Bu signallar xromatografni o'ziyozar qurilmasida qator joylashgan cho'qqisimon chiziqlar ko'rinishida yoziladi.

Gaz eltuvchi gaz ballonidan reduktor orqali uzatiladi. Reduktordan chiqayotgan gaz doimiy bosim va tezlikka ega bo'lsa-da, doimiy bosimni ta'minlash maqsadida reduktordan keyin maxsus stabilizatorlar o'rnatiladi. Gaz eltuvchi oqimi tezligi va sarfini o'zgarishlari rotametrlar yordamida aniqlanadi va ular gazni sistemadan chiqishida, ya'ni detektordan keyin o'rnatiladi. Xromatografik kolonkani samaradorligi gaz eltuvchi tezligini to'g'ri tanlashga bog'liq. Uzunligi 3 m va ichki diametri 3 mm kolonkadagi gaz eltuvchini optimal tezligi 30—50  $\frac{ml}{min}$  tashkil etadi.

Namunalarni kolonkaga to'g'ri kiritish o'ta muhim hisoblanib, u xromatografik cho'qqisimon chiziq shaklini belgilaydi. Odatda, mayda enli va simmetrik cho'qqisimon chiziqlar olinishi kam hajmdagi va yuqori konsentratsiyali namuna kiritilganda kuzatiladi. Suyuq namunalarni kiritish uchun hajmi 1 mkl bo'lgan maxsus

mikroshprislar yoki oddiy tibbiyot shprisleri ishlatiladi. Tadqiq etilayotgan suyuq namuna shprisga olingach, uning ignasi yordamida bug‘latgich kirishidagi o‘zi zichlanadigan rezinali tiqin teshiladi va ma‘lum hajmdagi namuna kiritiladi. Bunda gaz eltuvchi oqimi to‘xtatilmaydi. Bug‘latgichdagi harorat namunani katta tezlik bilan bug‘lanishini ta‘minlagan holda tadqiq etilayotgan modda tuzilishini o‘zgartirmasligi lozim.

Xromatografni muhim qismlaridan biri kolonkalar hisoblanib, ular tadqiqotchi tomonidan tayyorlanadi. To‘ldiriladigan (GAX va GSXda) va kapillar kolonkalar (GSXda) mavjud.

To‘ldiriladigan kolonkalarining diametri 3—6 mm va uzunligi, tadqiq etilayotgan mahsulot tarkibiga bog‘liq holda, 20 sm. dan 8 m. gacha bo‘lib, zanglamaydigan po‘lat, mis, alumin va shishadan tayyorlanadi. Uzunligi 2—3 m bo‘lgan kolonkalarda qoniqarli ajratishga erishish mumkin. Qiyin ajraladigan aralashmalar bilan ishlashda uzun kolonkalardan foydalanish tavsiya etiladi.

Ichki diametri 0,01—0,5 mm bo‘lgan kapillar kolonkalarni uzunligi 30—100 m va undan yuqori bo‘lib, ularda qisqa vaqt davomida namunalarni juda yuqori ajralish samaradorligiga erishish mumkin. Kolonkadagi harakatsiz fazani ikki turi ma‘lum: qattiq adsorbent va qattiq eltuvchi yoki kapillar trubkani ichki devoriga surkalgan o‘chmas suyuqlik.

GAXda kolonkalar aktivlashtirilgan ko‘mir, silikagel, alumin oksidi kabi qattiq adsorbentlar bilan to‘ldiriladi. GSXda to‘ldiriladigan kolonkalar uchun katta inert yuzaga ega bo‘lgan qattiq eltuvchi zarur bo‘ladi. Ular harakatsiz suyuq fazani yupqa qatlami bilan qoplanadi. Bu eltuvchilar tahlil etilayotgan moddani suyuqlik plyonkasi orqali adsorbsiya qilmasligi lozim, ya‘ni ular bevosita sorbsiya jarayonlarida ishtirok etishmaydi. Ularning vazifasi turg‘un suyuq fazani u orqali gaz oqimi o‘ta oladigan holatda saqlash hisoblanadi. Qattiq eltuvchi zarrachalari ma‘lum o‘lchamga ega bo‘lgan yacheykali strukturaga ega bo‘lishi kerak. Bunda ularning bir jinsliliigi ham katta ahamiyatga ega, chunki bu holat gaz eltuvchi oqimining bir tekisligini ta‘minlaydi. Qattiq eltuvchilar sifatida keramik materiallar granulalangan polimerlar, shishali biser va boshqalar ishlatiladi.

Kapillarli kolonkalarda suyuq harakatsiz faza bilan trubkaning ichki devori qoplanadi. Demak, kapillarning ichki devori qattiq eltuvchi sifatida xizmat qiladi.

Yetarlicha tanlama xususiyatiga ega bo'lgan turg'un suyuq fazani (TSF) tanlash ham ma'lum qiyinchiliklar bilan bog'liq. TSF ajratiladigan komponentlar uchun yaxshi erituvchi va kolonkaning ishchi haroratida chidamli bo'lishi kerak.

TSF sifatida ishlatiladigan turli organik moddalarni quyidagi uch guruhga ajratish mumkin:

- kimyoviy tabiatiga ko'ra, uglevodorodlarning murakkab aralashmasi hisoblangan **qutblanmagan** moddalar: vakuumli moylar, apiyezon, skvalenlar, dimetilpolisiloksanlar va boshqalar (uglevodorodlar, kislotalar efirlarini ajratish uchun);

- **kuchsiz qutblangan** moddalar hisoblangan ba'zi silikonli polimerlar, yuqori molekular spirtlar efirlari va ikki asosli kislotalar: dibutilftalat, dinonilftalat, dioktilbatsinat, trikrezilfosfat (turli sinfga mansub uglevodorodlar gomolog va izomerlarini, spirtlar, aldegidlar, efirlar va pastmolekular kislotalarni ajratish uchun);

- **kuchli qutblangan** poliglikollar (spirtlar, aldegidlar, diketonlar, ketokislotalarni ajratish uchun) polietilenglikolsuksinat, polietilenglikoladipinat kabi ikki atomli spirtlar va ikki asosli kislotalar poliefirari (yog' kislotalari efirlarini, aminokislotalar, terpenlar hosilalarini ajratish uchun).

GSXda kolonkani ishga to'g'ri tayyorlash o'ta muhim hisoblanadi. Kolonka to'ldirilishi oldidan dastlab suyultirilgan xlor kislotasi (1:10), so'ngra suv, aseton, efir bilan yuvilishi va shundan keyin quritilishi kerak.

Shuni ta'kidlash lozimki, kolonkada moddalar taqsimlanish koeffitsiyentiga uning harorati ham ta'sir etadi. Kolonka haroratini oshishi komponentni chiqish vaqtini pasaytirib, ajratishni yomonlashtiradi. Odatda, kolonkaning harorati aralashmani o'rtaqacha qaynash haroratiga teng etib belgilanadi. Kolonka haroratini tanlashda, shuningdek, foydalanilayotgan suyuq fazani yuqori va quyi ishchi haroratlari ham e'tiborga olinishi kerak.

TSF miqdori eltuvchi zarrachalarini yupqa, bir xil qatlam bilan qoplash uchun yetarli bo'lishi kerak. Suyuq faza miqdorini oshirilishi yoki yetishmasligi kolonka samaradorligini pasaytiradi, namunani parchalanishiga olib keladi. Bundan tashqari, suyuq faza miqdorini tanlashda namunaning uchuvchanligi ham inobatga olinishi zarur. Suyuq faza miqdori eltuvchi massasiga nisbatan past uchuvchan moddalar uchun 3—10 %, yuqori uchuvchan moddalar uchun esa 20—30 % ni tashkil etadi.

Eltuvchi massasi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot \ell.$$

bu yerda,  $V$  — kolonkani to'ldirish uchun zarur bo'lgan eltuvchi hajmi;  $r$  — kolonkani ichki diametri, sm;  $\ell$  — kolonka uzunligi, sm.

Suyuq fazaning hisoblangan miqdori qattiq eltuvchini faqat ho'llash uchun yetarli bo'lgan miqdordagi erituvchida eritiladi. Olingan suyuq faza eritmasi hisoblangan eltuvchi massasi bilan chinni idishchalarda, erituvchi hidsiz yengil sochiluvchan massa hosil qilinguncha yaxshi aralashtiriladi. Kolonka sorbent bilan to'ldirilgach, uni uchlari 8—12 mm chuqurlikda shishali paxta bilan to'ldiriladi va unga xromatograf termostati shakliga mos keluvchi spiral ko'rinishi beriladi. Tayyorlangan kolonka tahlil o'tkazish oldidan uni sorbsiya qilingan begona moddalardan ozod qilish va suyuq fazasini stabillash maqsadida eltuvchi gaz oqimida termik ishlovdan o'tkazilishi kerak. Kolonkani isitish harorati uning ishchi haroratidan 10—20°C yuqori, shu bilan birgalikda suyuq fazani yuqori harorat chegarasidan past bo'lishi kerak.

Gazli xromatografni navbatdagi muhim qismi detektor hisoblanadi. Detektor eltuvchi gaz oqimidagi komponentlarni sezadi va uni mayda miqdorlari haqidagi ma'lumotni qayd etuvchi qurilmaga uzatadi. Detektor mayda inersiyalikka, universallikka va yuqori sezgirlikka ega bo'lishi kerak. Barcha mavjud detektorlar differensial va integral detektorlarga bo'linadi. Differensial detektorlar qandaydir tavsiflarning bir zumli o'zgarishlarini uzatsa, integral detektorlar esa bu o'zgarishlarni ma'lum vaqt davomida jamlaydi.

Differensial detektorlarning eng tarqalgan turi **katarometr** yoki termokonduktometrik yacheyka hisoblanadi. Uning ish prinsipi toza eltuvchi gaz va kolonkadan chiqayotgan, tarkibida ajratilgan komponentlar aralashmasi mavjud bo'lgan, eltuvchi gaz oqimlari issiqlik o'tkazuvchanliklarini o'zaro taqqoslashga asoslangan. Aralashmani (eltuvchi gaz+komponent) issiqlik o'tkazuvchanligi komponent konsentratsiyasiga bog'liq holda o'zgaradi. Ushbu detektorlar eltuvchi gaz oqimi tezligini o'zgarishlariga sezgir hisoblanadi. Shuning uchun ushbu kattalik diqqat bilan nazorat qilinishi kerak. Bundan tashqari, katarometr ko'rsatishlarining kattaligi bug' konsentratsiyasi o'zgarishlari sari hamma vaqt ham chiziqli o'zgarmaydi. Bu esa miqdoriy tahlil uchun tegishli diapazonda tarkibi ma'lum aralashmalar bo'yicha kalibrovka o'tkazilishini taqozo etadi.

Differensial detektorlarga termokimyoviy, alangali va ionizatsion detektorlar ham tegishli. **Termokimyoviy detektorlar** gazni platinali sim yuzasida katalitik yonishi issiqlik effektini o'lchashga asoslangan. **Alangali detektorlarni** ish prinsipi esa vodorod alangasi uzunligi va haroratini unga berilayotgan tadqiq etilayotgan aralashma tarkibida organik moddalar mavjud bo'lishiga ko'ra o'zgarishidan iborat. Alanga ustida joylashtirilgan termopara harorat o'zgarishi haqidagi ma'lumotlarni qayd etuvchi qurilmaga uzatadi.

**Ionizatsion detektorlar** gazning ionizatsion xususiyatlarini o'lchashga asoslangan bo'lib, o'ta sezgir hisoblanadi. Tadqiq etilayotgan gaz molekulari ionizatsiyasini vakuumdagi elektrik razryadi ta'sirida, elektr maydondagi alangada va radioaktiv nurlanish ta'siri ostida yuzaga keltirish mumkin. Laboratoriya amaliyotida **alangali — ionizatsion detektorlar** keng tarqalgan bo'lib, u vodorod alangasida ionizatsiya qilishga asoslangan. Bunda kolonkadan chiqayotgan oqimga vodorodni doimiy sarfi kiritiladi va hosil qilingan aralashma germetik kamerada yondiriladi. Toza vodorod yonishida kamerada hosil bo'layotgan ionlar miqdori juda kam bo'lib, uglerod atomlariga ega bo'lgan moddalar mavjud bo'lganida ionlar miqdori keskin oshadi. Alangada hosil bo'layotgan ionlar tok hosil qiladi, shu bilan birga, ionizatsion tok kuchi gorelkaga kelib tushayotgan modda miqdoriga proporsional. Ushbu ionizatsion tok kuchaytirilib, potensiometrda avtomatik yozib boriladi. Alangali — ionizatsion detektorlar katarometrlarga nisbatan yuqori sezgirlikka ega. Shuni ta'kidlash lozimki, ushbu detektor deyarli barcha organik birikmalarga sezgir bo'lib, doimiy gaz va suvga sezgir emas. Detektor signali keng diapazonda modda konsentratsiyasiga nisbatan chiziqlidir. Alangali-ionizatsion detektorlarning yuqori sezgirligi va keng chiziqli diapazoni uni oziq-ovqat mahsulotlarini tahlil etishda foydalanilishiga olib keldi.

**Elektronlarni tutib oluvchi detektor** boshqa detektorlardan farqli ravishda, tok kuchi oshishini emas, balki uning kamayishini o'lchaydi. Detektor orqali o'tayotgan azot molekulari radioaktiv  $\beta$  nurlar ta'sirida ionizatsiya qilinadi va sekin elektronlar hosil qilinadi. Doimiy kuchlanish ta'siri ostida bu elektronlar anodga intiladi, natijada doimiy tok hosil bo'ladi. Elektrodlar o'rtasidagi fazaga azot elektronlarni tutib oluvchi molekulariga ega bo'lgan namuna komponentlari kiritilsa, tok kuchini pasayishi ro'y beradi.



Ushbu detektor elektronlarni tutib oluvchi moddalarga (alkil-galogenidlar, nitratlar, metall organik birikmalar) nisbatan o'ta sezgir bo'lib, uglevodorod, spirt va ketonlarga sezgir emas va unchalik katta bo'lmagan chiziqli diapazonga ega. Bu esa uning oddiy miqdoriy aniqlashlar uchun foydalanish imkonini bermaydi. Shunga qaramasdan, bu detektorlar xlor va fosfor organik kimyoviy zaharli moddalarning mikro- va submikromiqdorlarini aniqlashda o'ta ahamiyatlidir.

Xromatogrammani alohida cho'qqisimon chiziqlariga mos keluvchi aralashma komponentlarini sifatliy identifikatsiya qilishni turli usublari ma'lum.

*Komponentni chiqish kattaligiga ko'ra identifikatsiya qilish.* GX asosiy tavsiflaridan biri berilgan komponentning chiqish vaqti ( $t$ ) hisoblanib, u namunani kiritilishidan boshlab, tegishli cho'qqisimon chiziq maksimumini paydo bo'lishigacha o'tgan vaqtni ifodalaydi. Bundan tashqari, havo cho'qqisimon chizig'ini (yoki ionizatsion detektor uchun erituvchi cho'qqisimon chizig'ini old chegarasi) paydo bo'lishi momentidan tegishli cho'qqisimon chiziq maksimumini chiqishigacha o'tgan vaqtni, ya'ni nisbiy chiqish vaqtini ( $t_R$ ) bilish ham muhim hisoblanadi. Har bir komponentning chiqish vaqtiga chiqish hajmi ( $V_R$ ), ya'ni namunani kiritilishidan boshlab, cho'qqisimon chiziq maksimumini paydo bo'lishigacha kolonkadan o'tgan gaz hajmi mos keladi. Yuqorida keltirilgan  $t_R$  va  $V_R$  moddani berilgan tahlil sharoitlariga taalluqli bo'lgan tavsiflar hisoblanadi.

Eng ishonchli ko'rsatkich nisbiy vaqt ( $t_R^{inc}$ ) yoki hajm chiqishi ( $V_R^{inc}$ ) hisoblanib, u berilgan komponent vaqti yoki hajmi chiqishini standart sifatida qabul qilingan ma'lum modda tegishli ko'rsatkichlariga nisbati sifatida aniqlanadi. Nisbiy chiqish kolonkaning uzunligi, gaz oqimi tezligi va turg'un faza miqdoriga bog'liq bo'lmay, u faqat kolonka harorati va suyuq faza tabiatiga bog'liqdir. Shuning uchun xromatogramma cho'qqisimon chiziqlarini identifikatsiya qilishni nisbiy chiqish bo'yicha o'tkazish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

*Moddalarni standart aralashmalari yordamida identifikatsiya qilish.* Bu usulda tadqiq etilayotgan aralashma komponentlarini chiqish kattaliklari oldindan ma'lum moddalarni xromatografiya etishda olingan tegishli kattaliklar bilan solishtiriladi. Ushbu usul borligi taxmin etilayotgan hamma moddalar tahlil etilayotgan aralashmada faqat toza holda bo'lganidagina ishlatilishi mumkin.

*Logarifmik bog'liqliklar bo'yicha identifikatsiya qilish.* Ushbu usul ma'lum haroratda nisbiy chiqish hajmi va bir gomologik qator doirasida zanjirdagi uglerod atomlari soni o'rtasida chiziqlik bog'liqlik mavjud bo'lishiga asoslangan.

Differensial detektorlar yordamida xromatogrammani *miqdoriy tahlil etish* qayd etilgan cho'qqisimon chiziq yuzasini aniqlashga asoslangan, chunki bu yuza komponent konsentratsiyasiga proporsionaldir. Ammo differensial detektor signalini tahlil etilayotgan modda tabiatiga bog'liqligi ham ma'lum. Shuning uchun aniq miqdoriy natijalar olishda detektorning aniqlanayotgan moddalarga nisbatan individual sezgirligini bilish kerak. Bu maqsadda detektor tarkibi ma'lum aralashmalar bo'yicha kalibrovka qilinadi va so'ngra hisoblarda tuzatish koeffitsiyenti kiritiladi. Ushbu koeffitsiyent komponent konsentratsiyasi va unga mos keluvchi cho'qqisimon chiziq o'rtasidagi proporsionallikni aks ettiradi.

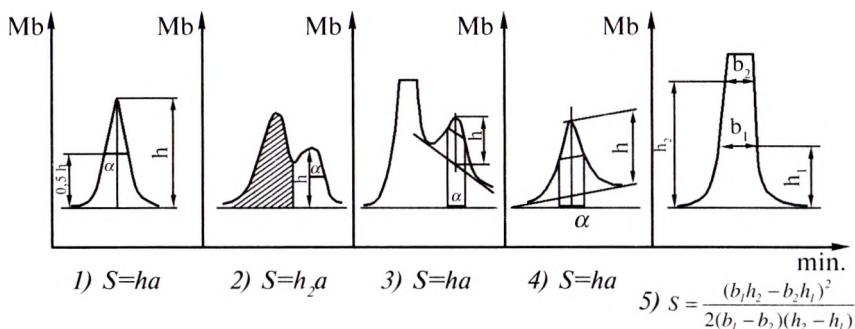
Xromatografik cho'qqisimon chiziq yuzasini aniqlashning quyidagi usullari mavjud:

- cho'qqisimon chiziq balandligini uning o'rta balandligida o'lgan eniga ko'paytmasi yo'li bilan; agar cho'qqisimon chiziqlar simmetrik yoki deyarli simmetrik bo'lganda, usul yuqori aniqligi bilan ajralib turadi;

- qog'ozdan qirqib olingan cho'qqisimon chiziqlarni tortish yo'li bilan;

- o'ziyozar qurilmalarga bevosita ulangan integratorlar yordamida.

To'liq ajratilmaganda hosil qilingan, bir-birini qamrab oluvchi, kam miqdordagi komponentlar hosil qilgan va boshqa sharoitlarda olingan xromatografik cho'qqisimon chiziqlar yuzalarini aniqlash o'ziga xos xususiyatlarga ega (2.44-rasm).



2.44-rasm. Xromatografik cho'qqisimon chiziqlar yuzalarini hisoblash:

1 — simmetrik; 2 — bir-birini qisman yopuvchi; 3 — kichik aralashma cho'qqisimon chizig'i; 4 — nol liniyasi og'ganida; 5 — shkaladan oshib ketgan.

Xromatogrammani hisoblash va miqdoriy natijalar olish uchun ichki standart, ichki normallashtirish hamda absolut kalibrovka usullaridan keng foydalaniladi.

*Ichki normallashtirish usuli* aralashma komponentlari o'rtasidagi nisbatlarni aniqlashga qaratilgan. Shuning uchun aralashmadagi qandaydir komponentni aniqlashning asosiy sharti: namunadagi barcha komponentlar eluiratsiya qilinadi va ularning har biriga nisbatan detektor sezgirligi bir xil, deb faraz qilish hisoblanadi.

Bunda barcha cho'qqisimon chiziqlar yuzalari 100 % deb qabul qilinadi va har bir cho'qqisimon chiziqning yuzasi umumiy yuzaga nisbatan foizlarda hisoblanadi. Hisob quyidagi formula bo'yicha olib boriladi:

$$x_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \cdot 100 \%,$$

bu yerda,  $x_i$  — komponent  $i$ - ni foizlarda ifodalangan miqdori;  
 $S_i$  — komponent  $i$ - ga mos keluvchi cho'qqisimon chiziq yuzasi;

$\sum_{i=1}^n S_i$  — barcha cho'qqisimon chiziqlar yuzasi.

Ichki normallashtirish usulining afzalligi kiritiladigan namuna miqdorini ahamiyatga ega emasligi hisoblanadi, ammo bu usul hamma vaqt ham aniq va obyektiv ma'lumotlar bermaydi.

Ishonchli natijalar olish uchun ajratilgan komponentlarga mos keluvchi cho'qqisimon chiziqlar yuzalarini detektorning ularga nisbatan sezgirligini ifodalovchi kalibrlangan koeffitsiyentlarga ko'paytmasini aniqlash kerak bo'ladi:

$$x_i = \frac{K_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n K_i \cdot S_i} \cdot 100 \%,$$

bu yerda,  $K_i$  — detektorning berilgan komponentga bo'lgan sezgirligini ifodalovchi koeffitsiyent.

**Ichki standart usuli** tahlil etilayotgan aralashma namunasiga «ichki standart» deb nomlanuvchi moddaning aniq miqdorini solishga asoslangan. Ichki standart sifatida ishlatiladigan modda tahlil etilayotgan aralashmada eruvchan bo'lishi kerak, uni cho'qqisimon chizig'i esa aralashma komponentlari cho'qqisimon chiziqlaridan to'liq ajralgan holda ularni yuzalari bilan o'zaro solishtirish mumkin bo'lgan yuzaga ega bo'lishi lozim.

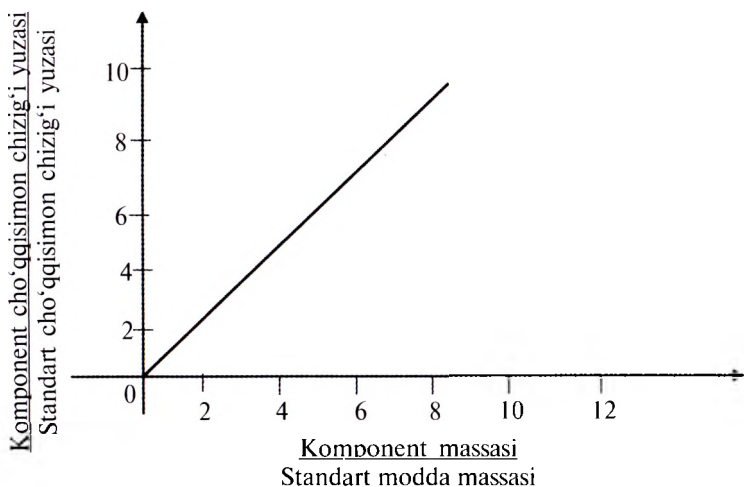
Dastlab, tahlil etilayotgan namuna alohida komponentlar va ichki standartning miqdori aniq bo'lgan sun'iy aralashmalar tuziladi hamda ular xromatografiya qilinadi. So'ngra aralashmaning berilgan komponentlariga mos keluvchi cho'qqisimon chiziqlar yuzalari o'lchanib, ushbu modda uchun tuzatish koeffitsiyenti hisoblanadi:

$$k = \frac{S_{st} \cdot g_i}{S_i \cdot g_{st}}$$

bu yerda,  $k$  — berilgan moddaning tuzatish koeffitsiyenti;  $S_{st}$  va  $S_i$  — standart modda va tahlil etilayotgan modda cho'qqisimon chiziqlari yuzalari;  $g_{st}$  va  $g_i$  — sun'iy aralashmadagi standart modda va tahlil etilayotgan modda massalari.

Olingan natijalar asosida kalibrlangan grafik tuziladi (2.45-rasm).

Keyingi bosqichda tahlil etilayotgan aralashmaga ma'lum miqdordagi standart modda solinib xromatografdan o'tkaziladi. Olingan xromatogrammada standart modda cho'qqisimon chizig'i yuzasi ( $S_{st}$ ), tahlil etilayotgan moddalarni biriga mos keluvchi cho'qqisimon chiziq yuzasi ( $S_i$ ) o'lchanadi va kalibrlangan grafik bo'yicha tahlil etilayotgan modda massasini standart modda massasiga bo'lgan nisbati topiladi. Standart modda massasini bilgan holda aniqlanayotgan modda konsentratsiyasini oson hisoblash mumkin.



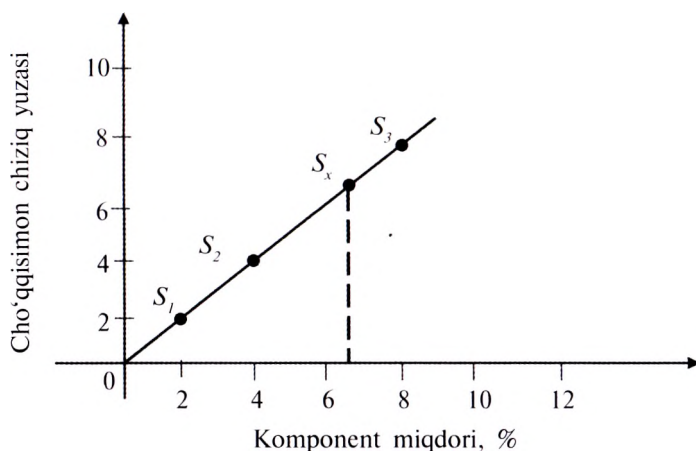
2.45-rasm. Ichki standartni nisbiy kalibrlash grafigi.

Aralashmadagi qolgan komponentlarning miqdorlari quyidagi formulaga ko'ra hisoblanadi:

$$x_i = \frac{K_i \cdot S_i}{K_{st} \cdot S_{st}} \cdot R \cdot 100 \%,$$

bu yerda,  $K_i$  va  $K_{st}$  — aniqlanayotgan komponent va standart moddani tuzatish koeffitsiyentlari;  $S_i$  va  $S_{st}$  — tegishli cho'qqisimon chiziqlar yuzalari;  $R$  — ichki standart massasini tahlil etilayotgan namuna massasiga bo'lgan nisbati.

**Absolut kalibrlash usuli** cho'qqisimon chiziq balandligi yoki yuzasini aralashmadan tegishli komponent miqdoriga bog'liqligiga asoslanadi. Buning uchun xromatografga birin-ketin tahlil etilayotgan moddaning turli aniq o'lchangan miqdorlarini kirita turib, ularga mos keluvchi cho'qqisimon chiziqlar yuzalari o'lchanadi va kalibrlangan grafik (2.46-rasm) tuziladi. So'ngra noma'lum tarkibli aralashmaning aniq o'lchangan miqdori xromatografiya qilinib, grafik bo'yicha tahlil etilayotgan modda cho'qqisimon chizig'i yuzasiga ( $S_x$ ) ko'ra, uni aralashmadagi konsentratsiyasi topiladi. Ushbu usul yetarlicha oddiy bo'lib, uning aniqligi xromatograf rejimi doimiylikiga va etalon aralashmalarni sinchiklab tayyorlash hamda tahlil etilishiga bog'liq. Absolut kalibrlash usuli aralashmadagi bir yoki bir necha komponentlarni aniqlashda, shuningdek, mikroqo'shimchalarni aniqlashda keng qo'llaniladi.



2.46-rasm. Absolut kalibrlash grafigi.

### 2.6.3. Suyuqlikli xromatografiya

Keyingi yillarda eritmalar uchun sezgir detektorlarni, katta bosimlarga mo'ljallangan mexanik chidamli adsorbentlarni yaratilishi tufayli *SX* keng rivojlanmoqda. Shuning uchun hozirgi kunda suyuqlikli xromatografiya *GX*ga xos afzalliklarga (katta ajralish tezligi, yuqori sezgirlik, molekular og'irligi 300—500 dan bir necha milliongacha bo'lgan moddalar aralashmasini ajratish imkoniyati) ega bo'linyapti.

**Qog'ozdagi taqsimlovchi xromatografiya.** Qog'ozdagi xromatografiya *SSX*ning bir ko'rinishi hisoblanadi. Aralashma tarkibiga kiruvchi moddalarni ajralishi ikki harakatchan va turg'un suyuq fazalar o'rtasida kechadi. Bunda harakatchan faza sifatida suv bilan to'yintirilgan organik erituvchi va turg'un faza sifatida esa maxsus filtr qog'ozi tolalari tomonidan ushlab turiladigan sorb-sion suv xizmat qiladi. Usulning asosini ajratiladigan moddalarning ikki o'zaro aralashmaydigan suyuq fazalar o'rtasida turlicha taqsimlanish koeffitsiyentiga ega bo'lishi tashkil etadi.

Taqsimlanish koeffitsiyenti suvli fazadagi modda konsentratsiyasini suvsiz fazadagi modda konsentratsiyasiga nisbati hisoblanadi. U quyidagi formulaga ko'ra aniqlanadi:

$$\alpha = \frac{C_c \text{ mg/ml}}{C_{\text{suvsiz}} \text{ mg/ml}},$$

bu yerda,  $\alpha$  — moddaning ikkita aralashmaydigan suyuqliklar o'rtasida taqsimlanish koeffitsiyenti;  $C_c$  — suvli fazadagi moddaning konsentratsiyasi;  $C_{\text{suvsiz}}$  — suvsiz fazadagi moddaning konsentratsiyasi.

Taqsimlanish koeffitsiyenti  $\alpha$  ajratiladigan modda strukturasi bog'liq bo'lib, uni xromatogrammadagi holatini belgilaydi. Bunda  $\alpha$  qiymatini oshishi moddaning xromatogrammadagi tezligini pasayishiga olib keladi. Agar suvli faza qandaydir inert modda (selluloza) tomonidan mahkam ushlab turilsa, unda u harakatsiz bo'ladi. Bu holda suvsiz faza harakatchan bo'lishi kerak va suvli faza orqali o'tishi kerak. Bunda suvsiz faza o'z harakati yo'lida tahlil etilayotgan moddalarni tanlanma taqsimlaydi.

Tajriba yakunlangach, moddalarning xromatogrammadagi (qog'ozdagi) holati harakatchanlik koeffitsiyenti  $R_f$  bilan tavsifla-

nadi.  $R_f$  mazkur modda zonasi siljigan masofani erituvchi fronti siljigan masofaga bo'lgan nisbati sifatida aniqlanadi. O'lchashlar santimetrlarda amalga oshiriladi. Erituvchi harakatlanish tezligining tahlil etilayotgan modda harakatlanish tezligigacha, nisbatan har doim yuqorililigi sababli  $R_f$  qiymati, odatda, 1 dan kichik bo'ladi.  $R_f$  yordamida tadqiq etilayotgan oziq-ovqat mahsulotlarini moddalari identifikatsiya qilinadi.

Xromatografik tahlil o'tkazishda tahlil etilayotgan moddalar aralashmasi (yoki ularning hosilalari) aniq o'lchangan miqdorda kalibrlangan mikropipetka yordamida xromatografik qog'ozni start chizig'iga iloji boricha mayda yuzaga ega bo'lgan dog' yoki yo'lcha ko'rinishida o'tkaziladi. Aralashmaning bir qismi erigan moddalari qog'oz tomonidan qaytmas sorbsiyalanishi oldini olish maqsadida u sovuq havo oqimida qurtilishi kerak.

Ishlatiladigan qog'oz kimyoviy toza bo'lishi lozim. Shu maqsadda qog'oz uning anorganik aralashmalari bilan kompleks birikmalar hosil qiluvchi turli reagentlar bilan qo'shimcha ishlov beriladi va suv bilan yaxshi yuviladi.

Sanoatda ishlab chiqariladigan xromatografik qog'ozlar turli qalinlikda bo'lib, erituvchilarni ulardagi turli harakatlanish tezligi bilan farqlanadi. Erituvchi sifatida ishlatiladigan qog'oz xromatoboks atmosferasiga moslashtirilishi kerak. Buning uchun tahlil etiladigan moddalar aralashmasi dog'lari tushirilgan qog'oz erituvchi bug'lari bilan to'yintirilgan kamerada 10—14 soat davomida saqlanadi.

To'yintirish yakunlangach, qog'ozning moddalar aralashmasi tomizilgan joy yaqinidagi tasmasi chet qismi turg'un faza bilan to'yintirilgan harakatchan fazaga tushiriladi, kamera yana zich mahkamlanadi va xromatogrammaning rivojlanishi jarayoni boshlanadi. Erituvchini tahlil etilayotgan moddalar aralashmasi orqali uzluksiz o'tishi xromatografiyada *xromatogrammaning rivojlanishi* yoki *namoyon bo'lishi*, deb yuritiladi. Harakatchan erituvchi qog'oz bo'ylab kapillar kuchlar (yuqoriga intiluvchi xromatografiya) yoki gravitatsion kuchlar (pastga intiluvchi xromatografiya) ta'sirida harakatlanadi. Bundagi eng asosiy shart erituvchi konsentratsiyasining doimiy saqlanishi bo'lib, bunga tahlilni erituvchining bug'lanishi natijasida uning konsentratsiyasi o'zgarishi oldini oluvchi germetik yopiladigan idishlarda o'tkazilishi orqali erishiladi. Bundan tashqari, yaxshi natijalar olish uchun xromatografik jarayonni o'zgarimas haroratlarda olib borish zarur bo'ladi. Aralashma komponentlarining ajralishi yuqorida

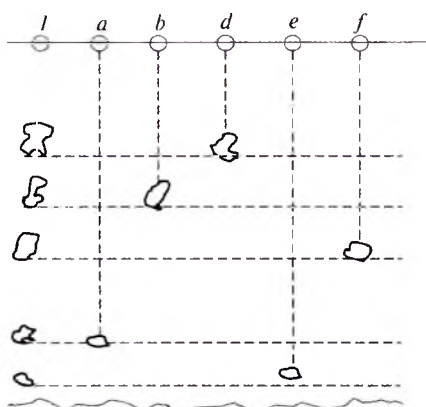
ta'kidlanganidek, ularning turli taqsimlanish koeffitsiyentiga ega bo'lishi sababli sodir bo'ladi. Xromatografiya natijasida tahlil etilayotgan moddalar aralashmasi qog'oz bo'ylab alohida dog'lar ko'rinishida taqsimlanadi. Odatda, xromatogrammani rivojlantirish erituvchi fronti qog'ozini oxirida 1—2 sm masofa qolgan holatiga erishgunicha davom ettiriladi. Moddalarning yaxshi ajralishi uchun xromatogramma birinchi rivojlanishdan keyin quritiladi va so'ngra o'sha erituvchida (ba'zi hollarda boshqa yurituvchi ishlatiladi) rivojlantirish yana qaytariladi.

Rivojlantirish natijasida olingan xromatogrammadagi erituvchi quritish yo'li bilan chiqarib yuborilishi kerak. Shundan so'ng tahlil etilayotgan moddalarning rangli namoyon qilish va identifikatsiyalash mumkin. Rangli namoyon qilish quritilgan xromatogrammani tahlil etilayotgan moddalar bilan bo'yalgan kompleks birikmalar hosil qiluvchi tegishli reaktivlar bilan ho'llashdan iborat. Shunda rangsiz xromatogrammada tadqiq etilayotgan moddalarning taqsimlanish joylarida rangli dog'lar va yo'lchalar hosil bo'ladi.

Moddalarni identifikatsiya qilishda parallel ravishda oldindan ma'lum birikmalarning zarur konsentratsiyadagi eritmaları (guvohlar) tayyorlanadi va o'sha qog'ozda tadqiq etilayotgan eritma bilan yonma-yon har 1,5—2 sm.da ularning dog' ko'rinishidagi shunday tomchilari tomiziladi. Xromatogramma rivojlantirilib, rangli namoyon qilingach, bir xil birikmalar qog'ozda bir darajada bo'lishadi (2.47-rasm). 2.47-rasmda keltirilgan shartli xromatogrammadan ko'rinib turibdiki, guvohlar yordamida tadqiq etilayotgan eritma tarkibidagi moddalarni ochish va ularning xromatogrammadagi joylashish tarkibini aniqlash mumkin.

Aniqlash texnikasiga ko'ra, bir o'lchovli, ikki o'lchovli va aylanma xromatografiyaga ajratiladi.

**Bir o'lchovli xromatografiya** yuqorida keltirilgandan deyarli farqlanmaydi. Eng avval, namunalar soni hisoblanadi,



2.47-rasm. Qog'ozda guvohlar yordamida xromatografiyalash:

*l* — tadqiq etilayotgan eritmani tomizilgan tomchisi; *a, b, d, e, f* — shartli moddalar (guvohlar).

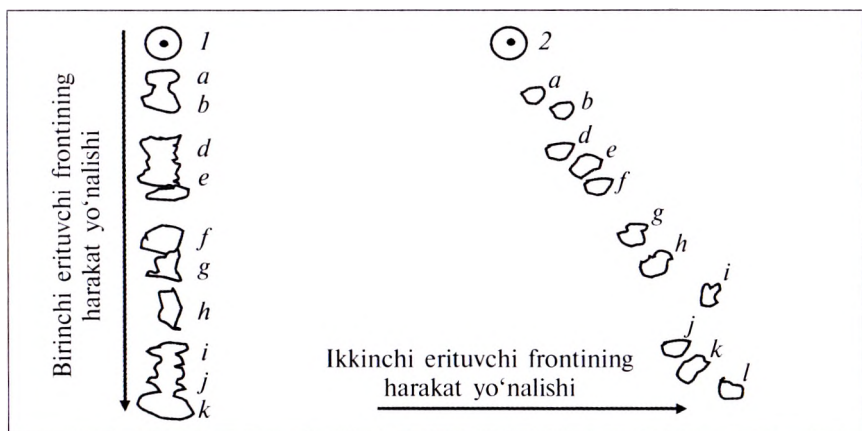


so'ngra esa, eritma qog'oz chetidan 1 sm.dan kam bo'lmagan masofada, keyingi eritmalar esa bir-biridan 1,5—2 sm uzoqlikda tomizilishini hisobga olgan holda zarur bo'lgan kenglikdagi filtr qog'ozi tasmalari qirqib olinadi. Qog'oz uzunligi uning zichligi va kamera o'lchamlariga bog'liq. Odatda, 35—50 sm uzunlikdagi qog'oz olinadi. Qog'ozning bir chetidan 4—5 sm masofada oddiy qora rangdagi qalam yordamida chiziq chiziladi va unda mayda doirachalar shaklida eritmalarni tomizilish joylari belgilanadi. Xromatografik tahlilni keyingi bosqichlari yuqorida keltirilgan tartibda amalga oshiriladi. Shuni ta'kidlash kerakki, **pastga intiluvchi xromatografiyada** qog'ozning dog'lar tushirilgan tomoni erituvchi solingan idishga mahkamlanadi va erituvchi fronti qog'oz bo'ylab yuqoridan pastga qarab harakatlanadi. Yuqoriga intiluvchi xromatografiyada erituvchi solingan idish kameraning tubiga joylashtiriladi. Keyin qog'ozni dog'lar tushirilgan tomoni pastga qarab o'siltiriladi va qog'ozning pastki chekkasi erituvchiga botiriladi. Bunda erituvchi kapillar kuchlar ta'sirida asta-sekin yuqoriga ko'tariladi, tushirilgan dog'lar orqali o'tib, moddalarni o'z harakatlanishi yo'lida taqsimlaydi. Bir o'lchovli xromatografiya  $R_f$  qiymatiga ko'ra, bir-biridan katta farqlanadigan unchalik ko'p sonli bo'lmagan moddalarni ajratishda qo'llaniladi. Tadqiq etilayotgan moddalar o'z strukturasi ko'ra bir-biriga o'xshash bo'lib, juda yaqin  $R_f$  qiymatlariga ega bo'lishsa, ular xromatogrammada aniq ajralmasa, unda ikki o'lchovli xromatografiyadan foydalanish tavsiya etiladi.

**Ikki o'lchovli xromatografiyada** bir o'lchovli xromatografiyadan farqli ravishda tadqiq etilayotgan moddalar ikki marta turli erituvchilarda rivojlantiriladi. Bunda birinchi rivojlantirish bir o'lchovli xromatografiya kabi vertikal yo'nalishda olib borilsa, ikkinchi rivojlantirish esa birinchi erituvchi quritish yo'li bilan chiqarib yuborilgach, boshqa erituvchida birinchi erituvchi frontining yo'nalishiga nisbatan gorizontal holda amalga oshiriladi. Ikkinchi xromatografiyalash boshqa kamerada o'tkaziladi. Xromatogrammani rivojlantirish yakunlangach, qog'oz kameradan chiqarib olinadi, erituvchini chiqarib yuborish maqsadida quritiladi va rangni namoyon etish o'tkaziladi. Ikki o'lchovli xromatografiyani o'tkazishda tadqiq etilayotgan moddalar konsentratsiyasi bir o'lchovli xromatografiyaga nisbatan 2—3 marta yuqori bo'lishi kerak va tadqiq etilayotgan eritmaning faqat birgina dog'i qog'ozni chap burchagi tomonlaridan 5 sm masofada tushiriladi. Qog'ozning o'lchami 50—55 sm.ni tashkil etadi.

Tahlil o'tkazishdan oldin shunday erituvchilar jufti tanlanishi kerakki, ularda namunadagi moddalarning  $R_f$  qiymati o'zaro yetarlicha farqlanib tursin. Xromatografiyalash yakunlangach, tadqiq etilayotgan moddalar rangli namoyon etiladi va xromatogrammada bir birikma uchun oldindan hisoblangan  $R_f$  qiymatlarga ko'ra, tadqiq etilayotgan moddalar identifikatsiya qilinadi.  $R_f$  ni aniqlash uchun guvohlar dastlabki o'xshash xromatografiyadan o'tkazilgan bo'lishi kerak. 2.48-rasmda 1, *a, b, d, e, f, g, h, i, j, k, l* shartli moddalarning xromatogrammada, ularni birinchi *A* va ikkinchi *B* erituvchilarda namoyon etilgandan keyingi joylashuvi ko'rsatilgan.

**Aylanma xromatografiya** yuqoridagilardan xromatografiyada ishlatiladigan filtr qog'oz shakli bilan farqlanadi. Bunda doira shaklidagi qog'oz ishlatiladi va uning o'lchamlari xromatografik kamera o'lchamlariga mos keladi. Xromatografik kameralar sifatida eksikatorlar, Petri likopchasi va boshqalar ishlatilishi mumkin. Qog'oz diametriga ko'ra, uning markazida qalam bilan diametri 1—2 sm bo'lgan doira chiziladi, doira yoyida esa dog'larni tushirish uchun mayda doirachalar belgilanadi. So'ngra qog'ozni bu doirasidan uning radiusi bo'yicha qog'ozdan ajratmagan holda «dumcha» ko'rinishidagi tasma qirqiladi, undan keyin qog'ozga tadqiq etilayotgan eritma dog' ko'rinishida yuqorida ko'rsatilganidek tomiziladi va kamera tubida erituvchi solingan idish joylashtiriladi. Dastlab qog'oz kamerada erituvchiga tegmagan holda bir soat davomida saqlangach, uni «dumchasi» erituvchiga tushiri-



2.48-rasm. Moddalarning erituvchilarda joylashishi:

1 — birinchisida; 2 — ikkinchisida.

ladi va kamera zich yopiladi. Kapillar kuchlar ta'sirida erituvchi «dumcha» orqali ko'tarilib, filtr qog'ozning diski bo'yicha radial tarqaladi va o'z harakati yo'lida dog'lardagi birikmalarni taqsimlaydi.

Qog'ozdagi xromatografik tahlilning miqdoriy usullarini uch guruhga bo'lish mumkin: eluatlar optik zichligini fotometrik aniqlash; dog'lar yuzalarini o'lchash; xromatogrammadagi moddalarni bevosita densitometrik aniqlash.

Eluirlash usuli miqdoriy xromatografiyada keng tarqalgan bo'lib, unda  $\pm 1\%$  chegarasidagi aniqlikka erishiladi. Bu usulda dog'lar qir-qib olinadi, undagi modda eluatsiya qilinadi va ularni konsentratsiyasi eritmani optik zichligiga ko'ra fotoelektrokolorimetrik usulda aniqlanadi. Bunda nazorat eritmasi sifatida toza erituvchi emas, balki qog'ozning tadqiq etilayotgan zonaga yaqin joyini eluati ishlatiladi. Eritmani optik zichligi bo'yicha kalibrlangan grafiklar yordamida tadqiq etilayotgan moddalarni eluatlardagi konsentratsiyasi aniqlanadi. So'ngra ish davomidagi barcha suyultirishlarni hisobga olgan holda mahsulotdagi moddalar miqdori aniqlanadi.

Ma'lum sharoitlarda, xususan, start chizig'iga modda eritmalarining bir xil hajmdagi mayda dog'lari o'tkazilsa, xromatografiyalashda olinadigan dog'lar yuzalari har bir dog'dagi modda konsentratsiyasini logarifmiga proporsional ekanligi aniqlangan. Xromatografik tahlilni **dog'lar yuzalarini o'lchash usuli** aynan shu bog'liqlikka asoslangan bo'lib, dog'lar yaqqol chegaralarga ega bo'lganida, usulning aniqligi  $\pm 5-10\%$  ni tashkil etadi. Agar dog'lar diffuzion bo'lsa, ularning fotonusxasini olish tavsiya etiladi.

Yaxshi natijalar dog'lar bo'yalish intensivligini o'lchash orqali olinishi mumkin. Bu **densitometrik** usul hisoblanib, unda xromatogrammadagi dog'lar orqali o'tgan monoxromatik yorug'lik ulushi fotometrik usulda aniqlanadi. Dog'larning optik zichligi modda konsentratsiyasini logarifmiga proporsional. Agar dog'lar bir-birini qoplamagan va ular doira yoki ellips shaklida bo'lsa, ushbu usul yordamida modda konsentratsiyasini  $\pm 1-2\%$  aniqlik bilan aniqlash mumkin.

Qog'ozdagi taqsimlovchi xromatografiya oziq-ovqat mahsulotlaridagi fenollarni, aminokislotalarni, uglevodlarni tadqiq qilishda keng ishlatiladi. Shuningdek, bu xromatografik usul uglevodlarning o'zgarishida hosil bo'ladigan organik kislotalarni ajratishda, o'simlik pigmentlari, oliy spirtlar, aldegidlar, murakkab efirlarni tadqiqot etishda va o'simlik, hayvon mahsulotlaridagi xlor organik qoldiqlarni aniqlashda ishlatiladi.

#### 2.6.4. Yupqa qatlamli xromatografiya

Yupqa qatlamli xromatografiya (YQX) qog'ozli xromatografiyani bir turi hisoblanadi. Bunda erkin osilib turuvchi qog'oz tasmalari o'rnida yupqa qatlamli sorbent surtilgan shisha plastinkalar ishlatiladi. Bunday qatlamni start chizig'iga tadqiq qilinayotgan mahsulotlar aralashmasi surtiladi va plastinkaning start chizig'idan pastki qismi erituvchilarga cho'ktiriladi. Suyuqlikning plastinka bo'ylab harakatlanishi davomida adsorbsiya, taqsimlanish, ion almashinuv kuchlarini yoki bu sanab o'tilgan omillarning birgalikdagi ta'siri oqibatida moddalar aralashmasini ajralishi sodir bo'ladi.

YQXda quyidagi sorbentlar ishlatiladi:

- lipofil moddalarni ajratish uchun: silikatlar, aluminiy oksidi, asetillangan selluloza, poliamidlar;
- gidrofil moddalarni ajratish uchun: selluloza, selluloid ion almashtirgichlar, kizelgur, poliamidlar.

YQXda o'zgartirilgan sorbentlar ishlatiladi. Ular o'ziga xos funksional guruhlarga ega bo'lgan komplekslar hosil qiluvchi materiallarning adsorbentlarga shimdirish yo'li bilan hosil qilinadi. Shuningdek, YQXda poliamid kukunlar, ion almashtiruvchi smolalar, sefadekslar va boshqalar ham ishlatiladi.

Moddalarni YQX yordamida samarali ajratish uchun sorbent va tegishli erituvchini tanlash muhim ahamiyatga ega. To'g'ri tanlangan erituvchi sorbentni ajratuvchanlik xususiyatini kuchaytiradi. Odatda, YQXda bir, ikki va ko'p komponentli erituvchilar tizimi ishlatiladi.

Erituvchilar empirik yo'l bilan ajratiladigan komponentlarning qutblanganligini va erituvchilar qutblarini hisobga olgan holda tanlanadi. Erituvchilar, ularni eluirlash kuchini oshish tartibi quyidagicha joylashgan: geksan, geptan, siklogeksan, uglerod to'rt xloridi, benzol, xloroform, efir, etilasetat, piridin, aseton, etanol, metanol, suv.

YQXning amaliy bajarish plastinkalarini tayyorlashdan boshlanadi. YQX plastinkalari shisha, alumin folgasi yoki plastmassadan tayyorlanishi mumkin. Tayyorlangan sorbsion massani yupqa qatlamli plastinkada mahkamlanmagan, erkin sochilgan va maxsus bog'lovchi agent (gips, kraxmal) yordamida mahkamlangan bo'lishi mumkin. Sorbent plastinka yuzasiga suvli suspenziya ko'rinishida surkalishi, purkalishi va plastinka suspenziyaga botirib

olinishi mumkin. Sorbent qatlami surtilgan plastinkalar gorizontal yuzalarda 3—24 soat davomida quritiladi. Tayyor plastinkalar organik shishadan tayyorlangan maxsus shkaflarda (yoki eksikatorlarda) saqlanadi.

Ko'p hollarda ishlab chiqariladigan tayyor xromatografik plastinkalardan foydalaniladi.

Tadqiq qilinayotgan moddalar plastinkaga, ularning qutblanmagan uchuvchi erituvchidagi 5—10 % li eritmaları ko'rinishida surtiladi. Erituvchi qutblanmagan (namuna dog'ining yoyilmasligi uchun) va uchuvchan (namoyon ettirish oldidan tez bug'lanib ketishi uchun) bo'lishi kerak. Namuna maxsus kalibrangan kapillar yoki mikropipetka bilan plastinkani pastki qismidan 1,5 sm masofada dog'lar yoki uzluksiz chiziq ko'rinishida surtiladi. Dog'lar diametri 2—4 mm.ni, ularning markazi o'rtasidagi masofa esa 10—15 mm.ni tashkil qiladi.

Plastinkada moddalarning xromatografiyalash (ajratish) germetik yopilgan kameralarda o'tkaziladi. Xromatografiyalash yuqoriga intiluvchi usulda amalga oshiriladi va bunda harakatchan faza qatlam orqali kapillar kuchlar yordamida ko'tariladi. Kamera erituvchi bug'lari bilan to'yingan bo'lishi kerak. Xromatografiyalash uchun plastinkaning start chizig'idan pastki qismi kameraga quyilgan harakatchan erituvchiga joylashtiriladi. Kameradagi erituvchi qatlami 0,5 sm.ni, plastinkani botirish chuqurligi esa 5—8 mm.ni tashkil qiladi. Harakatchan fazani sorbent bo'yicha ko'tarilishi 10—11 sm.dan oshmasligi kerak, aks holda suyuqlik harakatlanishini sustlashishi, dog'ni diffuziyasi va oqibatda,  $R_f$  koeffitsiyentining yuqori tebranishlari kuzatiladi.

Xromatogrammada ajralgan rangsiz moddalar holatini aniqlash uchun ular bilan kimyoviy ta'sir qila oladigan reaktivlar eritmaları plastinkaga purkalishi kerak. Dog'larning namoyon bo'lishi uchun plastinkalar quritish shkaflida 100—150°C gacha isitiladi.

Qog'ozdagi xromatografiyada ishlatiladigan ko'pgina namoyon etuvchilar YQXda ham ishlatilishi mumkin. Namoyon erituvchilarni quyidagi ikki guruhini farqlash mumkin, ya'ni umumiy mo'ljalangan (turli birikmalar bilan ta'sir etuvchi) va maxsus mo'ljalangan (ma'lum birikma yoki funksional guruhni mavjudligini aniqlash uchun). YQXda foydalaniladigan universal namoyon etuvchilardan biri yod bug'lari hisoblanadi. Maxsus namoyon etuvchilardan *o*-dianizidin (aldegidlarni aniqlashda), yashil bromkrezol (kislotalarni oksidlashda) va boshqalar ishlatiladi.

Ajralgan moddalar holati  $R_f$  ni o'lchash vositasi bilan aniqlanadi. Plastinkalarda ajralgan moddalarning miqdoriy aniqlash dog'lar yuzalarini o'lchash yoki ularni fotodensitometrlash orqali aniqlanadi. Bundan tashqari, YQX usuli modda dog'ini qatlam yuzasidan oddiy desorbsiya qilish va uni turli kimyoviy va fizik-kimyoviy usullar bilan identifikatsiya qilish imkonini beradi.

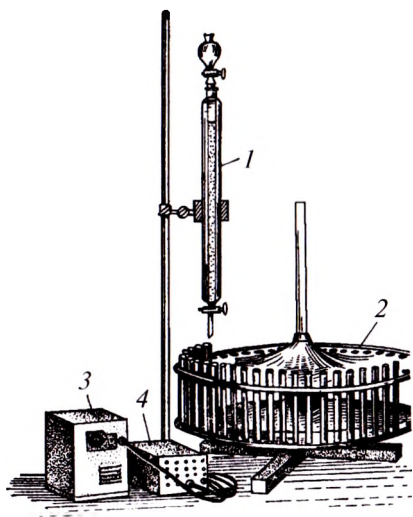
Hozirgi kunda YQX lipidlarni, fosfolipidlarni fraksiyalashda, vitaminlarni, mahsulotlardagi pestitsidlarni qoldiq miqdorini, meva va sabzavotlardagi di- va uchkarbon kislotalarni aniqlashda, uglevodlar va aminokislotalarni ajratishda keng ishlatiladi.

### 2.6.5. Kolonkali xromatografiya

Moddalarning xromatografik ajratilishi olib boriladigan kolonka, odatda, shishadan, kam hollarda, zanglamas po'lat, aluminandan tayyorlangan bo'lib, silindr yoki konus shaklida bo'lishi mumkin. Kolonka uzunligi bir necha santimetrdan 5—20 m.gacha, uni diametri esa bir necha millimetrdan 5—15 sm.gacha bo'lishi mumkin.

Kolonkalar bosim (odatda, gel-xromatografiya uchun) yoki siyraklanish (ion almashtiruvchi xromatografiya uchun) ostida ishlashi mumkin. Kolonkadagi xromagrafik ajratishni asosiy sharti unga tadqiq qilinayotgan aralashma va siqib chiqaruvchi yoki namoyon etuvchi suyuqlikning bir me'yorda berilishi hisoblanadi. Bu shart bajarilishiga kolonkaning yuqori qismiga suyuqlikni idish yordamida davriy ravishda quyib turish orqali erishish mumkin. Oqimning tezligi kolonka diametriga bog'liq holda 0,5—3 ml/min.ni tashkil qiladi.

2.49-rasmda oddiy suyuqlikli xromatografiya qurilmasi tasvirlangan. Shishali kolonkani yuqori qismida erituvchi uchun tomchili voronka o'rnatilgan. Kolonkaning pastki uchi kapillar ko'rinishida bo'lib, erituvchi oqimi tezligini o'zgartirish jo'mragi bilan ta'minlangan jo'mragi oldidan g'ovak to'siqcha kavsharlangan. Kolonka termostatlanadigan shishali ko'ylakka joylashtirilgan. Kolonka ajratish uchun ishlatiladigan erituvchida tayyorlangan suspenziya bilan to'ldiriladi. Tayyorlangan suspenziya quyilayotganda kran ochiq bo'lishi kerak. Bunda erituvchi kolonka orqali o'tadi, sorbent esa filtrda tutilib qoladi. Kolonka to'ldirilgach, tomchili voronka ulanadi va jo'mrak yordamida erituvchini kolonka orqali ma'lum oqib o'tish tezligi o'rnatiladi.



2.49-rasm. Xromatografiyalash kolonkasi va fraksiyalarni avtomatik to'plagichi:

- 1 — kolonka; 2 — aylanuvchan kollektor; 3 — mikronasos;  
4 — boshqaruv shkafi.

Namuna mikropipetka yoki mikrospris bilan kiritiladi. Ajratiladigan moddalar aralashmasi kolonkaga undagi erituvchini sorbent ustidagi qatlami, uning yuqori chegarasiga tushganida quyiladi. So'ngra ehtiyotkorlik bilan erituvchini sorbent ustidagi balandligi 1—2 sm.ni tashkil etgunicha erituvchi quyiladi va bu sath tomchili voronka yordamida ajratish vaqtida saqlanadi. Ajratish erituvchini berish lazasidan boshlanadi. Kolonkadan oqib chiqayotgan erituvchi maxsus fraksiya to'plagichlar yordamida ma'lum vaqt oraliqlarida to'planib boriladi. Har bir probirkadagi suyuqlik tahlil etilib (ko'p hollarda eritmani optik zichligi aniqlanadi),

aralashma komponentlarining konsentratsiyasini kolonka orqali eritma hajmiga bog'liqligi grafigi tuziladi.

Aralashmani kolonkalarda ajratishning quyidagi usullarini farqlash qabul qilingan: taqsimlovchi (SSX), adsorbsion (QSX), ion almashtiruvchi va gel-filtratsiya xromatografiyasi.

Taqsimlovchi xromatografiyada harakatsiz faza qattiq eltuvchi bilan bog'langan suyuqlik hisoblanadi. Harakatchan faza sifatida erituvchi bilan yuvilmaydigan turli suyuqliklar ishlatiladi. Qattiq erituvchi sifatida silikagel, aluminiy oksidi, selluloza ishlatiladi. Bu usulda qog'ozdagi xromatografiya usulida ajratiladigan moddalar sinfini, ya'ni gidrofil birikmalar (aminokislotalar, qandlar) va lipofil moddalarni (yog' kislotalari, alkaloidlar) ajratish imkonini beradi.

Adsorbsion kolonkali xromatografiyada harakatsiz faza qattiq modda (silikagel, aluminiy oksidi va boshq.) hisoblanadi. Xromatografik ajralish komponentlarning harakatchan suyuq va harakatsiz qattiq faza o'rtasida taqsimlanishi adsorbsiyasi natijasida sodir bo'ladi. Adsorbsion xromatografiya karotinoidlar, sterinlar, vitaminlarni aniqlashda, shuningdek, lipidlar va fosfolipidlarni alohida guruhlariga fraksiyalashda foydalaniladi.

Ion almashtiruvchi xromatografiyada oddiy adsorbsiya o'rnida ionlar adsorbsiyasi sodir bo'ladi. Ion almashtiruvchi xromatografiya molekulari eritmada dissotsilanadigan moddalarni ajratishning samarali usuli hisoblanadi. Usul elektrolitlar aralashmalarini ajratishda o'z ionlarining eritmada elektrolit ionlariga almashtirish xususiyatiga ega bo'lgan ionit yoki ion almashtirgichlardan foydalanishga asoslangan. Ion almashtiruvchi xromatografiya yog' kislotalarini ajratish, metillashda va aminokislotalarni tahlil etishda ishlatiladi.

*Molekular* — elak xromatografiyasi oqsillarni ajratishda keng ishlatiladi. Bu usul moddalar aralashmasini, ularni molekula o'lchamlariga ko'ra yuqori g'ovaklikka ega bo'lgan gel yordamida ajratishni nazarda tutadi. Bunda ajratiladigan modda molekulari, ularning o'lchamiga ko'ra, shishgan gelni to'ldiradigan harakatchan erituvchi va turg'un erituvchi o'rtasida taqsimlanadi. Molekularning gel elak orqali o'tish tezligi, ularni granularlarga singishi va saqlanib qolish xususiyatiga bog'liq.

## NAZORAT SAVOLLARI

1. Oziq-ovqat mahsulotlarini fizik-kimyoviy tahlil etishning maqsadi nimalardan iborat?
2. Oziq-ovqat mahsulotlarining nisbiy zichligi tushunchasi nimani anglatadi?
3. Nisbiy zichlikni piknometrik va areometrik aniqlash usullari mohiyati hamda tahlil o'tkazish tartibini tushuntiring.
4. Asosiy reologik tushunchalarga izoh bering.
5. Dispers tizimlarni qanday struktura turlari farqlanadi?
6. Struktura-mexanik xususiyatlar qanday tadqiq qilinadi?
7. Oziq-ovqat mahsulotlarini reologik tavsiflari qanday asboblarda aniqlanadi?
8. Kapillar viskozimetrlarda suyuqlik qovushqoqligi qanday aniqlanadi?
9. Penetrometrlarda qanday ko'rsatkichlar aniqlanadi? KP-3 konusli plastometrida qanday struktura-mexanik tavsif aniqlanadi?
10. «Instron-1122» universal sinov mashinasida qanday reologik tavsiflarni aniqlash mumkin?
11. Polarimetrik usul mohiyati nimadan iborat?
12. Polarizatsiyalangan nur qanday hosil qilinadi?
13. Moddalarning optik faolligi nima?
14. Optik faol moddalarning polarizatsiyalangan nurni solishtirma burish burchagi nima?
15. Saxarimetr polarimetrdan nima bilan farqlanadi?
16. Saxarimetrni shkalasi qanday darajalangan? «Normal namuna» va «normal trubka» nima?
17. Saxarimetr bilan ishlash tartibini tushuntiring.



18. Aylanma polarimetr optik sxemasidagi farqli jihatlar nimadan iborat?
19. Sindirish ko'rsatkichi nima? Modda sindirish ko'rsatkichi qanday omillarga bog'liq?
20. Tadqiq etilayotgan moddani sindirish ko'rsatkichi qanday aniqlanadi? Chegaraviy tushish burchagi va to'liq ichki akslanish tushunchalarini izohlang.
21. Abbe turidagi refraktometrlarda o'lchashlar qanday amalga oshiriladi?
22. RPL-3 oziq-ovqat refraktometrini farqli jihatlarini nimadan iborat? RPL-3 da tahlil qanday tartibda o'tkaziladi?
23. Pretsezion refraktometrlar boshqa refraktometrlardan nimasi bilan farqlanadi?
24. Pulfrix refraktometrlari qanday tuzilishga ega?
25. Kalorimetriyaning asosiy qonuni mohiyatini tushuntiring.
26. Molyar yutilish koeffitsiyenti nima? Yorug'lik yutilish spektrlari qanday tuziladi?
27. Eritmalarni bo'yalish intensivligi qanday usullarda aniqlanadi?
28. Bo'yalish intensivligini fotoelektrik o'lchashda qanday asboblardan ishlatiladi?
29. Bir nurli KFK-2 fotoelektrik kalorimetrining tuzilishi va unda o'lchashni o'tkazish tartibini tushuntiring.
30. Ikki fotoelementli fotokalorimetrlarning optik sxemasi qanday tuzilgan? Bu asboblarda o'lchash qanday amalga oshiriladi?
31. Emission va absorbsion spektroskopiyani nimani tadqiq etishga yo'naltirilgan?
32. Nurlanishni moddalar bilan o'zaro ta'siri nimaga asoslanadi?
33. Fotoelektrik spektrofotometrlar qanday qismlardan tuzilgan?
34. Spektrofotometr ish prinsipini tushuntiring.
35. Spektroskopiyani asosini tashkil etuvchi qonunlar mohiyati nimadan iborat?
36. Yutilish spektrlarining shakli qanday omillar bilan belgilanadi?
37. Absorbsion spektroskopiyani oziq-ovqat mahsulotlarining qanday xususiyatlarini tadqiq etishga qaratilgan?
38. Infraqizil spektroskopiyani ovqatlanish mahsulotlarini tadqiq etishdagi imkoniyatlarini izohlang.
39. IQ spektroskopiyani yutilish spektrlari qanday omillar bilan belgilanadi?
40. Atom-absorbsion spektroskopiyani imkoniyatlari va mohiyatini tushuntiring.
41. C-115 atom-absorbsion spektrofotometri qanday rejimlarda ishlaydi?
42. Absorbsion tahlilda namunalarning tahlilga tayyorlash xususiyatlarini izohlang.
43. Mass-spektroskopiyani tahlil usulining mohiyati va imkoniyatlarini tushuntiring.
44. Luminessent tahlil yordamida oziq-ovqat mahsulotlarining qanday xususiyatlarini tadqiqot etish mumkin?
45. ФЖМ-8 fluorometri ish prinsipini tushuntiring.
46. Xromatografik usulning mohiyati nimada? Xromatografik usullarni qanday turlari mavjud?
47. Gazli xromatograf qanday tuzilgan?
48. Gazli xromatografiyadagi xromatogrammalar qanday identifikatsiya qilinadi?
49. Qog'ozdagi taqsimlovchi xromatografiyaning mohiyatini tushuntiring.
50. Bir o'lchovli, ikki o'lchovli va aylanma xromatografiya qanday o'tkaziladi?
51. Yupqa qatlamli xromatografiyaning mohiyati va qo'llanilish sohalari tushuntiring.
52. Kolonkali xromatografiya nima? Aralashmani kolonkada ajratishning qanday usullari mavjud?

---

### **3-bob. OZIQ-OVQAT MAHSULOTLARINING KIMYOVIY TADQIQOT USULLARI**

Kimyoviy uslublar yordamida oziq-ovqat mahsulotlaridagi namlik, kul moddasi, titrlanadigan kislotalik, osh tuzi, shakar, kletchatka, yog‘, oqsil moddalari, shuningdek, vitaminlar va fermentlar miqdori aniqlanadi.

#### **3.1. Oziq-ovqat mahsulotlarining namligini aniqlash**

Namlik ko‘rsatkichi xomashyo, yarimtayyor mahsulot va tayyor mahsulotlarning sifatini baholashda o‘ta muhim hisoblanadi. Obyektdagi namlik miqdorini bilish, eng avvalo, uning energetik qiymatini aniqlash uchun zarur. Mahsulotda suv miqdori qanchalik yuqori bo‘lsa, uning birlik massasiga to‘g‘ri keluvchi foydali quruq moddalari miqdori ham shunchalik kam bo‘ladi. Mahsulotdagi yuqori yoki past namlik, nafaqat, undagi quruq moddalar miqdorini, shuning bilan birga, uni saqlash va qayta ishlashga yaroqliligini belgilaydi. Me‘yorida yuqori namlik, jumladan, mahsulotning chirishi va parchalanishini keltirib chiqaruvchi mikroorganizmlar rivojlanishiga ko‘maklashadi, undagi fermentativ kimyoviy va boshqa jarayonlarni tezlashtiradi. Shuning uchun ham obyektdagi namlik miqdori uni saqlash sharoiti va muddatlarini belgilaydi. Bundan tashqari, xomashyoning namligi korxonada texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlariga ta‘sir qiladi. Masalan, un namligini 1 % ga oshishi non chiqishini 1,5—2 % ga pasaytiradi.

Namlikni aniqlash uchun ko‘pgina usullar tavsiya etilgan bo‘lib, ular odatda, bevosita va bilvosita usullarga bo‘linadi. Bevosita usullarga namlikni suvning bug‘ ko‘rinishida ajratish yo‘li bilan aniqlaydigan, suvsiz erituvchilar bilan suvni haydashni nazarda tutuvchi va suvni qandaydir reagent bilan kimyoviy o‘zaro ta‘siriga asoslangan kimyoviy usullar tegishli.

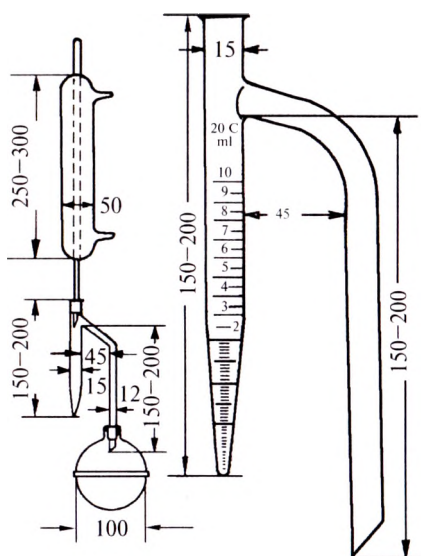
Bilvosita usullarga termogravimetrik (quritish usullari), fizikaviy (quruq moddalarni nisbiy zichlik kattaligiga ko'ra yoki refraktometrlarda aniqlash) va shuningdek, elektrik (namlik haqida elektro'tkazuvchanlik, dielektrik doimiylik va boshqalarga ko'ra xulosa chiqariladi) usullar mansub.

### 3.1.1. Namlikni bevosita aniqlash usuli

Tadqiq etilayotgan mahsulotdagi suvni u bilan aralashmaydigan boshqa suyuqlik bilan birgalikda, bir vaqtda, haydash yo'li bilan chiqarib yuborish mumkin. Bu usul *haydash usuli*, deb ham nomlanadi. Usul o'zaro aralashmaydigan binar aralashmalarni har bir komponentning qaynash nuqtasiga depressiya berish xususiyatiga asoslangan. Masalan, suv va benzol aralashmasi, distillatdagi suv miqdori 8,8 % bo'lganida, 69,3°C haroratda qaynay boshlaydi (benzolning qaynash harorati 80,2°C).

Suv bilan aralashmaydigan suyuqlik sifatida suvdan yengil yoki og'ir bo'lgan suyuqliklar ishlatiladi. Amaliyotda suvdan yengil bo'lgan suyuqliklardan foydalanish qulay. Bu usul, asosan, yengil uchuvchi moddalarga ega bo'lgan oziq-ovqat mahsulotlaridagi (ziravorlar) va shuningdek, yog'ga boy mahsulotlardagi namlikni aniqlashda foydalaniladi.

*Asbob va jihozlar.* Suvdan yengil bo'lgan suyuqliklar uchun haydash kolbasi, o'lchov buretkasi va sovitgichdan iborat asbob ishlatiladi. Asbob konstruksiyasi 3.1-rasmda keltirilgan. Kolba hajmi tadqiq etilayotgan mahsulotdagi va olingan namuna o'lchamiga bog'liq holda tanlanadi (odatda, kolba hajmi 150—250 ml) va o'lchov buretkasida 2 ml.dan kam bo'lmagan miqdorda suv sig'ishi lozim (buretka diametri 2 mm bo'lishi kerak), isitish asbobi (qumli yoki gli-tserinli hammom, benzol ishlatilganda — suvli hammom).



3.1-rasm. Namlikni bevosita aniqlash asbobi (o'ngda — o'lchov buretkasi).

*Reaktivlar.* Benzol, ksilol, toluol, amil spirti, skipidar yoki benzin, xromli aralashma, pemza.

*Ishni bajarish tartibi.* Suv tomchilarining devorga yopishishining oldini olish maqsadida, namlikni aniqlash asbobi ishlatilishi oldidan xromli aralashma bilan yaxshi yuviladi. Mahsulotning maydalangan namuna o'lchamini haydash kolbasiga joylashtirishda undagi suv miqdori 0,5 ml.dan kam bo'lmasligi va o'lchov buretkasining hajmidan katta bo'lmasligi hisobga olinishi kerak. Haydash kolbasiga solinayotgan erituvchi uning mahsulot namuna o'lchami bilan birgalikdagi hajmi kolba hajmini yarmidan oshmasligi hisobidagi miqdorda olinadi. Kolbadagi aralashmaning bir xil qaynashi va haydashni tezlashtirish uchun oz miqdorda pemza solish tavsiya qilinadi. Asbob yig'ilgach, kolba asta-sekin isitiladi, undagi aralashma ehtiyotkorlik bilan qaynash holatigacha yetkaziladi va haydash oxirigacha bir me'yordagi qaynash saqlab turiladi. O'lchov buretkasida to'planayotgan suyuqlik yuqori qatlarning tiniqlashishi va uning miqdori oshmasdan, o'zgarmas saqlanishi haydash yakunlanganidan dalolat beradi. Haydash, odatda, 0,5—1 soat davom etadi. O'lchov buretkasidagi haydalgan suv miqdori, xona haroratida, millilitrlarda qayd qilinadi. Erituvchi qatlami ostidagi suv meniskining o'zgaruvchanligi tegishli tuzatish kiritilishini taqozo qiladi. Diametri 12 mm bo'lgan buretka uchun tuzatish 1 ml suvga 0,09 ml.ni tashkil qiladi. Zarur bo'lgan hollarda, distillatsiya paytidagi yo'qotishlar uchun kiritiladigan tuzatish, aniq o'lchangan suv hajmini haydash yo'li bilan aniqlanadi.

Tuzatish 2 ml suv uchun 0,2 ml.ni tashkil etishi mumkin. Efir moylari aniqlashga ta'sir qilmaydi, chunki ular haydash uchun foydalaniladigan suyuqlikda eriydi. O'lchov buretkasidagi erituvchi tiniq bo'lmasa, u holda buretkadagini tindirish uchun uni 25 minut davomida issiq suvda saqlash va xona haroratigacha sovitilgach, suv hajmini o'lchash tavsiya qilinadi.

*Hisoblash.* Tadqiq etilayotgan namuna o'lchamidagi suv miqdori  $X$  (foizlarda) quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$X = \frac{V \cdot 0,9982 \cdot 100}{g},$$

bu yerda, 0,9982 — suvning 20°C dagi zichligi;  $V$  — suvning hajmi, ml;  $g$  — namuna o'lchami, g.

### 3.1.2. Namlikni quritish yo'li bilan aniqlash

Bilvosita usullar o'rtasida namlikni quritish shkaflarida quritilgandan keyin, quruq qoldiq bo'yicha aniqlash usuli keng tarqalgan.

Mahsulotdagi gigroskopik namlik tadqiq etilayotgan namuna o'lchamidagi suv bug'i bosimi uni quritish kamerasi atmosferasidagi bug' bosimiga nisbatan katta bo'lgan hollarda chiqarib yuboriladi. Bu bosimlar farqini quritilayotgan namuna o'lchami haroratini oshirish yoki namlikni atmosferadan chiqarib yuborish, yoki har ikkisini birgalikda qo'llash orqali oshirish mumkin.

Mumkin qadar quritilayotgan mahsulotning parchalanishi kuzatilmaydigan haroratgacha isitish tavsiya qilinadi.

Qo'llaniladigan usullarga bog'liq holda quritish quyidagi sharoitlarda o'tkazilishi mumkin:

- normal atmosfera bosimi va yuqori haroratda ( $55^{\circ}\text{C}$  dan yuqori);
- past atmosfera bosimi (siyraklanish va yuqori haroratda);
- past atmosfera bosimi (siyraklanish) va past haroratda ( $0^{\circ}\text{C}$  dan past).

Ushbu usullarni tanlash tadqiq qilinayotgan mahsulotning fizikaviy holati, undagi taxminiy suv miqdori, uni mahsulot bilan bog'lanish mustahkamligi, shuningdek, qulayligi, tahlilni davomiyligi va talab qilinadigan aniqlik kabi omillarga bog'liq. Bu usullar mahsulotning namligi bilan bir vaqtda undagi quruq moddalar miqdorini aniqlash imkonini ham yaratadi.

*Namlikni normal atmosfera bosimi va yuqori haroratda quritish yo'li bilan aniqlash.* Ushbu usul oziq-ovqat mahsulotlaridagi namlikni aniqlashda keng ishlatiladi. Yuqori harorat va normal atmosfera bosimida mahsulotdan, nafaqat, namlikni, bug'lanish, shuningdek, uchuvchi moddalarni ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ , efirlar, uchuvchi kislotalar, past molekular spirtlar va boshq.) ham chiqarib yuborilishi ro'y beradi. Bundan tashqari, yuqori haroratda mahsulot tarkibiy qismlari uchuvchi moddalar hosil qilib, parchalanishi ehtimoli ham yuqori. Boshqa tomondan mahsulotni quritilishida uning massasini oshishiga sabab bo'luvchi fizikaviy va fizik-kimyoviy jarayonlar (havo kislorodi yordamida to'yinmagan birikmalarni oksidlanishi) sodir bo'lishi mumkin.

Shuni ta'kidlash lozimki, quritilgan mahsulotda hamma vaqt kolloidlar bilan bog'langan oz miqdordagi namlikni («bog'-

langan» suv) saqlanib qolishi mumkin. Shuning uchun, yuqoridagilarni hisobga olgan holda quritish usuli bilan olingan namlik kattaligi mahsulotdagi faktik namlikni juda yaqin tavsiflashini eʼtirof qilish mumkin. Oʻzgarmas massagacha va bir marotabali (maʼlum vaqt davomida) quritish farqlanadi. Qovushqoq mahsulotlar (sut mahsulotlari, yogʻlar, konservalar) qum bilan, baʼzi hollarda esa suvsiz parafin yoki suvsizlantirilgan pishirilgan sariyogʻ bilan (pishloqlar, suzma va boshq.) quritilishi mumkin. Bunda suvning bugʻlanishi yuzasi oshadi va demak, namlilikni aniqlash tezlashadi.

Tadqiq etilayotgan mahsulot xususiyatlariga koʻra, olinadigan namuna oʻlchami 3—10 g.ni tashkil etadi. Qattiq konsistensiyaga ega boʻlgan mahsulotlar namuna oʻlchami olinishi oldidan maydalanishi lozim. Ammo, bu operatsiya juda tez va namlikning namuna oʻlchamini tayyorlash jarayonidagi yoʻqotishlari oldini oluvchi sharoitlarda amalga oshirilishi kerak.

Turli oziq-ovqat mahsulotlaridagi namlikni normal atmosfera bosimi va yuqori haroratda quritish usuli bilan aniqlash rejimlari 3.1-jadvalda keltirilgan.

*Namlikni oʻzgarmas massagacha quritish bilan aniqlash.* Namlikni bu usulda aniqlash bir necha soat davom qiladi.

*Asbob va jihozlar.* Haroratni maʼlum darajada saqlash imkonini beruvchi termoregulator moslamasiga ega boʻlgan quritish shkafi; diametri 25—55 mm va balandligi 55 mm. gacha boʻlgan metall yoki shishali byuksalar; suvni singdirib oluvchi moddaga (odatda, bu maqsadda suvsiz kalsiy xlorid ishlatiladi,  $P_2O_5$  ni ishlatilishi esa yaxshi natijalar beradi) ega boʻlgan eksikator; analitik yoki texnikaviy tarozilar; oʻlchash chegaralari 50—200°C boʻlgan laboratoriya termometri.

*Ishni bajarish tartibi.* Ikkita byuksa oldindan 110°C haroratda 30 minut davomida quritilib, sovitilgandan keyin tadqiq etilayotgan mahsulotga bogʻliq holda analitik yoki texnikaviy tarozilarda ularning massasi aniqlandi (3.1-jadval). Yaxshi aralashtirilgan oʻrta namunadan 3.1-jadvalda koʻrsatilgan miqdorda namuna oʻlchami (agar maydalash talab qilinadigan boʻlsa, unda dastlabki maydalanishdan keyin) olinadi. Bir vaqtning oʻzida quritish shkafi tadqiq qilinayotgan mahsulotni quritish uchun talab qilinadigan haroratdan 3—5°C yuqori haroratgacha (quritishda berilgan haroratni saqlash uchun) isitiladi.

**Turli mahsulotlarda namlikni quritish usulida  
aniqlash rejimlari**

Mahsulotning turi va tadqiq qilish usuli	Namuna	Tarozi va tortish aniqligi	Quritish usuli	Quritish harorati	Bir marotabali quritish davomiyligi	O'zgarmas massasigacha quritish davomiyligi		Quritish oxirida navbatdagi ikki tortish o'rtasidagi farq
						Birinchi o'lchashgacha	Keyingi quritishgacha	
Un, yormalar:								
a) asosiy usul	5 g.dan ikki namuna	Texnikaviy, 0,01 g	Elektr quritish shkafi	130±2	40 min	—	—	—
b) ordinar	5 g.dan ikki namuna	Texnikaviy, 0,01 g	Trinkaler shkafi	130±2	40 min	—	—	—
Non	Har biri 5 g.dan ikki namuna	Texnikaviy, 0,01 g	Trinkaler shkafi	130±2	40 min	—	—	—
Qahva:								
a) arbitraj	5 g.dan ikki namuna	Texnikaviy, 0,01 g	Elektr quritish shkafi	100—105	—	3 soat	1 soat	0,01

b) tezlashtirilgan	5 g.dan ikki namuna	Texnikaviy, 0,01 g		130±2	40 min	—	—	—
Shakar:								
a) birinchi usul	10 g.ga yaqin	Analitik, 0,001 g	Vakuum quritish shkafi	100	—	1 soat 30 min	1 soat	0,001
b) ikkinchi usul	10 g.ga yaqin	Analitik, 0,001 g	Elektr quritish shkafi	105	—	1 soat	1 soat	0,001
Hayvon yog'lari	2—3 g	Analitik, 0,001 g	Elektr quritish shkafi	100—105	—	1 soat	30 min	0,004 dan yuqori emas
O'simlik moylari	5 g.ga yaqin	Analitik, 0,0002 g	Elektr quritish shkafi	100—105	—	30 min	15 min	0,005 dan yuqori emas
Kolbasa mahsulotlari:								
a) arbitraj	Har biri 3 g bo'lgan ikki namuna	Texnikaviy (qaynatilgan kolbasalar uchun) va analitik (qolganlari uchun)	Elektr quritish shkafi	150	1 soat	—	—	—
b) tezlashtirilgan	Har biri 2 g bo'lgan ikki namuna	Analitik, 0,001 g	Infraqizil nurlanishli quritish shkafi	135	10—15 min	—	—	—



Bo'laklangan go'shtdan tayyorlangan pazandalik mahsulotlari va yarimtayyor mahsulotlari:								
a) arbitraj	Har biri 1g bo'lgan ikki namuna	Texnikaviy, 0,01	Elektr quritish shkafi	130±2	10 min	1 soat 20 min	—	—
b) tezashtirilgan	Kolbasa mahsulotlariga mos							
Qandolat mahsulotlari:								
a) holva, sutli konfetlar, iris	2—3g	Analitik, 0,001 g	Elektr quritish shkafi	130±2	50 min	—	—	—
b) unli mahsulotlar, shokolad, kakao kukuni	2—3g (unli mahsulotlar uchun 5g mahsulot olinishi mumkin)	Analitik (5g mahsulot olinganda texnikaviy, 0,01 g)	Elektr quritish shkafi	130±2	50 min (unli mahsulotlar 40 min)	—	—	—
Sut, pishloq, suzma va suzmali mahsulotlar:								
a) arbitraj	3—5g (sut 10 ml)	Analitik, 0,001 g	Elektr quritish shkafi	102—105	—	1 soat	1 soat	0,004 dan yuqori emas

b) tezlantirilgan								
Pishloq, suzma va suzmali mahsulotlar (qum bilan)	5 g	Texnikaviy, 0,01 g	Elektr quritish shkafi	160—165	20 min	—	—	—
Shu mahsulotlar parafin yoki suvsizlantirilgan pishirilgan sariyog' bilan	5 g	Texnikaviy, 0,01 g	Isitish asbobi	Yengil qo'ng'irrang paydo bo'ishi va ko'piklanishning yo'qolishigacha qaynatish				
Muzqaymoq	1 g + 1 g distillangan suv	Texnikaviy, 0,01 g	Isitish asbobi va elektr shkafi	Cho'kma yengil sarg'ayguncha intensiv qaynatish				
Sariyog':								
Qo'shimchalarsiz	5 g	Texnikaviy, 0,01 g	Isitish asbobi	Yengil qo'ng'irrang paydo bo'ishi va ko'piklanishning yo'qolishigacha qaynatish				
Qo'shimchalar bilan (qog'ozli rolklarda)	10 g	Texnikaviy, 0,01 g	Isitish asbobi	Rolklarda pufakchalar yo'qolguncha qaynatish				

Parallel ravishda ikki namuna o'lchami olinadi. Tadqiq etilayotgan namuna o'lchamlari solingan byuksalar quritish shkafining yuqori polkasiga, ularning qopqoqlari bilan yonma-yon joylashtiriladi. Quritish shkafiga joylashtirilgan nazorat termometrining simobli uchi namuna o'lchami darajasida bo'lishi zarur. Quritish shkafidagi haroratning o'zgarishi 2°C dan oshmasligi kerak. Quritish paytida ventilatsiya tirqishlari ochiq bo'lishi lozim.

Quritish paytida ventilatsiya tirqishlari (shkafning pastki va yuqori qismidagi) ochiq bo'lishi kerak. Quritish shkafiga bir vaqtning o'zida bittadan ortiq byuksalarni qo'yish mumkin emas. Ko'pgina mahsulotlar uchun birinchi massa aniqlashga qadar bo'lgan quritish muddati 0,5—4 soatni tashkil qiladi (3.1-jadvalga qaralsin). Birinchi massa aniqlashga qadar bo'lgan quritish vaqti o'tgach, byuksalarning qopqog'i bekitiladi va sovitish uchun eksikatorga joylashtiriladi (metall byuksalar 20 minut, shishali byuksalar esa 30 minut). Byuksalarning massasi aniqlangach, ular yana avvalgi quritish rejimlarida quritish shkafilariga joylashtiriladi. Shu mahsulot uchun o'rnatilgan ma'lum vaqtlardan keyin byuksalar yana sovitiladi va ularni massasi birinchi marotaba aniqlangan kabi aniqlanadi. Bunday aniqlashlar navbatdagi ikki massa aniqlash natijalari farqi 0,001 g.ga teng yoki undan kam bo'lguncha davom ettiriladi.

*Hisoblash.* Namlik miqdori  $X$  (foizlarda) quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$X = \frac{g_1 - g_2}{g}$$

bu yerda,  $g_1$  — byuksaning namuna o'lchami bilan birgalikda quritishga qadar bo'lgan massasi, g;  $g_2$  — byuksani namuna o'lchami bilan birgalikda quritishdan keyingi massasi, g;  $g$  — namuna o'lchami, g.

Parallel aniqlashlar o'rtasidagi farq 0,5 % dan oshmasligi kerak. Hisoblash 0,01 % aniqlik bilan amalga oshiriladi. Yakuniy natija ikki parallel aniqlashlarni o'rta arifmetik qiymati sifatida hisoblanadi. 100 va olingan namlik foizi o'rtasidagi ayirma bo'yicha tadqiq etilayotgan mahsulotdagi quruq moddalar miqdori aniqlanishi mumkin.

*Namlikni bir marotabali quritish bilan aniqlash.* Bir marotabali quritish tahlilni tezlashtirish zarur bo'lgan hollarda qo'llaniladi.

Tadqiq etilayotgan namuna o'lchamini qum, parafin yoki yog'siz pishirilgan sariyog' bilan, shuningdek, qum va parafinsiz quritish rejimlari mavjud. Quritishni oldingi usulga nisbatan ancha baland haroratlarda olib borilishi, bu barcha modifikatsiyalar uchun umumiy farqli jihat hisoblanadi.

*Asbob va jihozlar.* Oldingi usulda tavsiya etilgan barcha asbob va jihozlar; byuksani yuqori gardishdan uzun bo'lmagan shisha tayoqchalar.

*Reaktivlar.* Tozalangan qum; tozalangan suvsiz parafin yoki pishirilgan sariyog'.

Tozalangan qum olish uchun qum teshiklari o'lchami 4—5 mm bo'lgan elak orqali elanadi, vodoprovod suv bilan yaxshi aralashtiriladi, so'ngra esa unga 1:1 nisbatda xlor kislotasi quyilib, aralashtiriladi va bir kecha davomida tinch qoldiriladi. Shundan so'ng, qum avval vodoprovod suvi bilan lakmus bo'yicha kislotali muhitni yo'qolguncha, so'ngra distillangan suv bilan yaxshi yuviladi va quritiladi. Keyin qum yana teshiklari o'lchami 1—1,5 mm elak orqali elanadi va organik moddalarni chiqarib yuborish uchun qizdiriladi. Tozalangan qum toza, zich bekitiladigan qopqoqqa ega bo'lgan bankalarda saqlanadi.

*Ishni bajarish tartibi.* Qum tarkibida yog' mavjud bo'lgan oziqaviy konsentratlardagi namlikni aniqlashda, ba'zi qandolat mahsulotlarini tadqiq qilishda, ba'zi sut mahsulotlari va kolbasa mahsulotlaridagi namlikni tezlashtirilgan usulda aniqlashda foydalaniladi. Parafin yoki pishirilgan sariyog'da isitish orqali ba'zi sut mahsulotlaridagi namlikni aniqlash mumkin. Agar qum, parafin yoki pishirilgan sariyog' ishlatilmasa, unda aniqlash namuna o'lchamini bir marotaba quritish, eksikatora sovitilgandan keyin esa massani aniqlanishini hisobga olmagan holda o'zgarmas massagacha quritish usulidan farq qilmaydi. Qumdan foydalanilganda, toza va quruq byuksaga 12—15 g qum joylashtiriladi, shisha tayoqcha solinadi va hammasi birgalikda 110°C da quritilib, eksikatora sovitiladi hamda tadqiq etilayotgan mahsulotga bog'liq holda texnikaviy yoki analitik tarozilarda massasi aniqlanadi. Byuksaga 3—6 g tahlil uchun tayyorlangan mahsulot joylashtiriladi, qopqog'i bekitiladi va yana o'sha aniqlik bilan massasi aniqlanadi. Shundan so'ng, byuksani qopqog'i ochilib, shisha tayoqcha yordamida namuna o'lchami qum bilan yaxshi aralashtiriladi va byuksa tubiga bir tekis taqsimlanadi. Keyingi harakatlar namuna o'lchamini o'zgarmas massagacha quritishdagi kabi tar-

tibda, faqat bir marotabali quritish va bir marotabali massa aniqlashni ishlatilishi farqi bilan amalga oshiriladi. Turli mahsulotlarni quritish rejimlari 3.1-jadvalda keltirilgan.

*Hisoblash.* Mahsulotdagi namlikni hisoblash namlikning o'z-garmas massagacha quritish bilan aniqlashdagi kabi bajariladi.

### **3.2. Oziq-ovqat mahsulotlaridagi kul moddasini aniqlash**

Oziq-ovqat mahsulotlaridagi mineral elementlarni mikro- va makroelementlarga bo'lish qabul qilingan. Makroelementlar bu oziq-ovqat mahsulotlarida nisbatan katta miqdorda (100 g.da 1 mg.dan yuqori) mavjud bo'lgan mineral moddalar hisoblanadi. Ularga kalsiy, magniy, natriy, kaliy, fosfor, xlor va boshqalar tegishli.

Mikroelementlar oziq-ovqat mahsulotlarini 100 g.da 1 mg.dan kam miqdorda uchraydigan mineral moddalardir. Ularga fluor, yod, mis, rux, marganes, mishyak, brom, aluminiy va boshqalar tegishli.

Mineral moddalar oziq-ovqat mahsulotlarida, nafaqat, tabiiy tarkibiy qismi sifatida, shuningdek, ularning oziq-ovqat mahsulotlariga boshqa manbalardan o'tishi bilan bog'liq holda ham mavjud bo'lishi mumkin. Bu mineral moddalar mahsulot tarkibiga uni ishlab chiqarish texnologik jarayonida ishlatiladigan jihoz va reaktivlardan, mahsulotlarni saqlash va jo'natishda idish va qadoqlash materiallardan, shuningdek, mahsulotlarni konservalashda ishlatiladigan antiseptiklardan va boshqalardan o'tishi mumkin.

Mineral elementlarning umumiy miqdori kul moddasi miqdori bo'yicha aniqlanadi. Kul va kul moddalari tadqiq etilayotgan mahsulotdagi organik moddalarni to'liq kuydirilishda olinadigan qoldiq hisoblanadi. Organik moddalar qizdirilganda kuyadi, kuyish mahsulotlari esa uchib ketadi, ammo mineral moddalar saqlanib qoladi va ularning massasi aniqlanadi.

Bevosita mahsulotning strukturasi kiruvchi mineral moddalar toza kul deyiladi. U o'ta qimmatli hisoblanadi, chunki aynan uning miqdori, mahsulotning fiziologik qiymatini belgilaydi.

Tarkibida aralashmalar mavjud bo'lgan kul nam kul deyiladi. U nafaqat, tadqiq etilayotgan obyekt tarkibiga kiruvchi mineral moddalardan, shuningdek, unga tasodifan tushib qolgan begona aralashmalardan (qum yoki qizdirish paytida mineral tuzlar bilan birga erigan ko'mir zarrachalari yoki karbonat tuzlari ko'rinishidagi bog'langan karbonat kislotasi) iborat bo'lishi mumkin. Nam kulning yuqori miqdori mahsulotning ifloslanganlik darajasini tavsiflaydi.

### 3.2.1. Umumiy kul moddasi miqdorini aniqlash

Kul moddasi obyektini kuydirish yo'li bilan ho'l va quruq kullantirish usullarida aniqlanishi mumkin. Ho'l kullantirishda sulfat va azot kislotalarning aralashmasi yoki bu kislotalarning biri, ularning qaynash haroratida, shuningdek, vodorod perekisi yoki boshqa oksidlovchilar ishlatiladi.

Ho'l kullantirish yuqori haroratlarda kulning uchuvchi elementlari yo'qotilishi oldini olish zarur bo'lgan hollardagina qo'llaniladi.

Quruq kullantirish yuqori haroratlarda (1600°C va undan yuqori) tigelda (chinni idishcha), Mufel pechlarida amalga oshiriladi. Bunda tigelning qizil cho'g'lanish holatigacha olib bormaslik tavsiya etiladi, chunki kul fosfatlari kuymagan ko'mir zarrachalarini eritishi mumkin va bu esa oxirgilarning to'liq kuydirilishini qiyinlashtiradi.

Moddalarni ushbu usulda kullantirish mexanik va moddalarning kimyoviy o'zgarishlari natijasidagi yo'qotishlari bilan kechishi mumkin. Mexanik yo'qotishlar moddalarning yuqori boshlang'ich haroratlarda tez kuydirilishida ro'y beradi. Bu hollarda moddaning quruq haydalishida hosil bo'layotgan mahsulotlar tigeldan tashqariga chiqarilib yuborilishi mumkin.

Kimyoviy yo'qotishlar bekitilgan tigeldagi to'liq kuydirilmagan moddaning kuchli qizdirilishida ro'y beradi. Bu holda ham kuydirilmagan, cho'g'langan ko'mir zarrachalari fosfor oksidini fosfor metaligacha qaytarishi mumkin va u esa tashqariga chiqarib yuboriladi. Ayniqsa, kul moddalari fosfarga boy obyektlarni tahlil etishda kimyoviy yo'qotishlarning oldini olishga harakat qilinishi lozim. Kul moddasi mahsulotning quruq moddalariga nisbatan foizlarda ifodalanadi. Kul moddasini tezlashtiruvchisiz va tezlashtiruvchi ishtirokidagi usullar bilan aniqlash mumkin. Oziq-ovqat mahsulotlari tozaligini tavsiflashda, nafaqat, umumiy kul miqdorini, shuningdek, 10 % li xlor kislotasida erimaydigan kul miqdorini ham aniqlash tavsiya etiladi.

#### *Kul miqdorini tezlashtiruvchisiz aniqlash*

*Asbob va jihozlar.* O'lchami 20x20 sm bo'lgan ikkita shisha plastinkalar; diametri 40 mm va balandligi 35 mm bo'lgan chinni tigellar; kalsiy xlorid solingan eksikator; analitik tarozi; qisqichlar; shtativ; chinni uchburchak; gorelka; Mufel pechi.

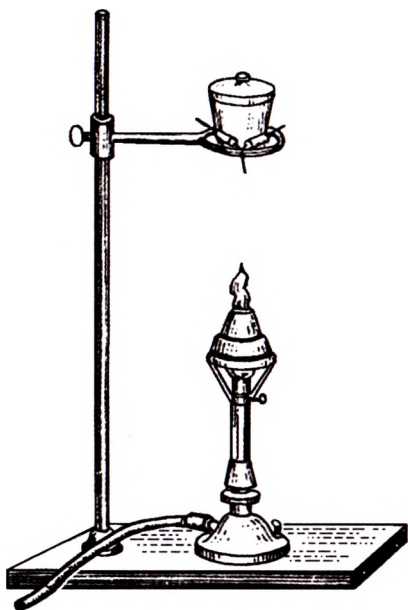
*Ishni bajarish tartibi.* Tigellar oldindan o'zgarimas massa-gacha qizdiriladi. So'ngra analitik tarozida 0,0001 g aniqlik bilan 1,5—2 g un namuna o'lchami (qandolat mahsulotlari 5—10 g miqdorda, 0,01 g aniqlik bilan, kraxmal esa 10 g analitik tarozida) tortib olinadi.

Namuna o'lchami oldindan maydalanishi kerak. Namuna o'lchamini o'ta maydalash ham tavsiya etilmaydi, chunki o'ta mayda moddalar, kuydirish boshlangandan keyin gazzimon kuydirish mahsulotlari ajralib chiqishida, tutun bilan birgalikda chiqarib yuborilishi mumkin. Bundan tashqari, o'ta maydalangan namuna o'lchami, uning ichki qatlamlariga havo kislorodini qiyin kirib borishi sababli to'liq kuydirilmaydi.

Kullanishning dastlabki davri, gorelka alangasini tigel tubiga yetmasligini ta'minlagan holda (3.2-rasm) ehtiyotkorlik bilan olib borilishi kerak. Isitish boshlangandan keyin gaz va qoramtir-qo'ng'ir smolali moddalar ajralishi bilan kechadigan quruq haydash ro'y beradi. Kuchli isitish bu jarayonni jadallashtiradi va modda namuna o'lchamini mexanik yo'qotilishiga olib kelishi mumkin.

Bunday sharoitlarda mahsulotning to'liq kullanishi ham qiyinlashadi va bu o'z o'rnida katta xatoliklarga olib keladi. Qo'ng'ir gazlar ajralib chiqishi tugagach, gorelka tigelga asta-sekin yaqinlashtirib, isitish kuchaytiriladi.

Qora zarrachalarni (ko'mir) asosiy qismi yo'qolgach, tigellar qoramtir-qizil cho'g'lanishgacha isitilgan Mufel pechiga o'tkaziladi. Tigellar dastlab Mufel pechini eshikchasi yaqinida, keyinchalik esa asta-sekin siljitish orqali pechkaning ichkariroq qismlariga joylashtirilib boriladi. Bunda namuna o'lchamini alanganishiga yo'l qo'ymaslik kerak. Kuydirish qora zarrachalar to'liq yo'qolgunicha, oq yoki kul rangiga



3.2-rasm. Kullantirishni boshlang'ich bosqichida tigelni gorelka ustidagi to'g'ri holati.

yaqin kul olingunicha davom ettiriladi. Tigellar eksikatorlarda sovitilgandan keyin, ularning massasi aniqlanadi, soʻngra yana 20 minut davomida qizdiriladi. Agar shundan soʻng ham, tigellarni kul bilan birgalikdagi massasi oʻzgarmay qolsa, kullantirish yakunlangan hisoblanadi.

Kul moddasini aniqlashda qahva namuna oʻlchami taxminan 5 g.ni, kraxmalniki esa 5—10 g.ni tashkil qiladi. Qahvani Mufel pechida qizdirish, qora zarrachalar yoʻqolib oq yoki kulrangli kul olingandan keyin yana 30 minut davom ettiriladi. Qizdirilgan tigel eksikatorlarda 40 minutdan 2 soatgacha sovitilib, uni qayta qizdirilishi oʻtkazilmaydi.

Kraxmalni kullantirishning oʻziga xos xususiyati shundaki, namuna oʻlchamini bir qismi kullantirilgandan keyin idishda sovitiladi yoki unga bir necha millilitr distillangan suv quyilib, suv hammomida quruq holatigacha bugʻlantiriladi va gorelkada toʻliq kullangunicha qizdiriladi. Shundan soʻng, tigel eksikatorlarda yana sovitiladi va massasi aniqlanadi. Bu harakatlar ketma-ketligi navbatdagi ikki bor tortishlar massalari oʻrtasidagi farq 0,0005 g kam boʻlmagunicha davom ettiriladi.

*Hisoblash.* Quruq moddalarga nisbatan foizlarda ifodalangan kul quyidagi formula boʻyicha aniqlanadi:

$$X = \frac{g_1 \cdot 100 \cdot 100}{g(100 - B)}$$

bu yerda,  $g_1$  — kulning asbolut massasi, g;  $g$  — tadqiq etilayotgan mahsulotning namuna oʻlchami, g;  $B$  — mahsulotning namligi, %.

Baʼzi mahsulotlardagi (qandolat mahsulotlari) kul miqdori namlikni hisobga olmagan holda quyidagi formula boʻyicha hisoblanadi:

$$X = \frac{g_1 \cdot 100}{g}$$

Parallel aniqlashlar oʻrtasidagi farq 0,02 % (kraxmalni tadqiq etishda 0,01 %)dan oshmasligi kerak. Mahsulotning faktik kuldorligi ikki parallel aniqlashlarni oʻrta arifmetik qiymati sifatida hisoblanadi.

*Kul moddasini tezlashtiruvchi ishtirokida aniqlash.* Kullantirishni tezlashtirish kuydirilayotgan namuna oʻlchamini yumshatuvchi va



kuydirishda kislorod kirib borishni yengillashtirish imkonini beruvchi sirka kislotali magniyni spirtli eritmasi yoki azot kislotasini (don, yorma va urug'lardagi kul moddasini aniqlashda) qo'llash orqali ta'minlanadi.

*Asbob va jihozlar.* Kuldorlikni oldingi usul bo'yicha aniqlashda ishlatilgan asbob va jihozlar.

*Reaktivlar.* Sirka kislotali magniyni spirtli eritmasi; zichligi 1,2 bo'lgan azot kislotasi; hajmi 3 ml bo'lgan pipetka.

Sirka kislotali magniyni spirtli eritmasini tayyorlash uchun 1,61 g sirka kislotali magniy 100 ml 95 % li etil spirtida bir necha yod kristallarini solib eritiladi. So'ngra olingan eritma qog'oz filtr orqali filtrlanadi. 3 ml filtrat qizdirilgandan keyin 0,010 g magniy oksidiga ega. Spirtning bug'lanishi oldini olish maqsadida tayyor eritma qopqog'i zich bekitiladigan idishda saqlanishi kerak. Magniy oksidining miqdori vaqt-vaqti bilan 3 ml reaktivni kichkina chinni idishchada suv hammomida bug'lantirish (qaynashiga yo'l qo'yilmasdan) va Mufel pechlarida o'zgarmas massasiga qizdirish yo'li bilan aniqlanadi.

*Ishni bajarish tartibi.* O'zgarmas massagacha qizdirilgan chinni tigellar oldindan tayyorlanadi. Tayyorlangan tigellarga unni 2 g.dan ikkita namuna o'lchami tortiladi. Donlarni tadqiq etishda 2,0—2,5 g maydalangan namuna o'lchami olinadi. Un kuldorligini aniqlashda, kuydirilganga qadar har bir tigellarga 3 ml.dan sirka kislotali magniy reaktivi solinadi va 1 minut davomida tinch qoldiriladi. Shundan so'ng, tigellar qoramtir-qizil cho'g'lanishgacha qizdirilgan Mufel pechining ochiq eshikchasiga joylashtiriladi. Moddalar kuygandan keyin tigellar asta-sekin Mufelning ichiga siljiriladi. To'g'ri o'tkazilgan jarayonda unni kullantirish 35—40 minutdan 1 soatgacha davom etadi. Bunda oq yoki kul rangidagi kul hosil qilinadi. Eksikatorida sovitilgandan keyin tigellarni massasi o'lchanadi.

Tezlashtiruvchi sifatida konsentrlangan azot kislotasi ishlatilganda kuydirish quyidagicha amalga oshiriladi. Dastlab tigellardagi namuna o'lchami Mufel pechlarida uni kul rangidagi yumshoq massaga aylangunicha ehtiyotkorlik bilan kuydiriladi. Shundan so'ng tigellar eksikatorida sovitiladi va ulardagi massa 3—5 tomchi azot kislotasi bilan namlantiriladi. So'ngra tigellar Mufel pechining ochiq eshikchasi yaqiniga joylashtiriladi va uni qaynashiga yo'l qo'ymagan holda kislota qurib qolgunicha bug'lantiriladi. Keyin kuydirish yuqorida keltirilgan tartibda davom ettiriladi. Agar tigel-

larni kul bilan birgalikdagi massasi qayta tortishlarda o'zgarmay qolsa, unda kullantirish yakunlangan hisoblanadi. Agar takroriy qizdirishdan keyin massa oshishi ro'y bersa, unda qizdirish yakunlanadi va hisoblashda mayda (oldingi) massa hisobga olinadi.

*Hisoblash.* Quruq moddaga qayta hisoblangan kuldorlik yuqorida keltirilgan formula bo'yicha aniqlanadi.

*10 % li xlor kislotasida erimaydigan kul miqdorini aniqlash.* Usul mahsulotdagi anorganik moddalarni 10 % li xlor kislotasida eritishga asoslangan. Ayni vaqtda, anorganik kelib chiqishga ega bo'lmagan moddalar (qum va silikatlar) kislotada erimaydi. Yuqorida bayon etilgan usullarning biri bo'yicha olingan kul 10 % li xlor kislotasi bilan ishlov beriladi. Qoldiq esa yana qizdiriladi va massasi aniqlanadi. Massalar ayirmasi bo'yicha xlor kislotasida erimaydigan kul miqdori aniqlanadi.

*Asbob va jihozlar.* Kul miqdorini oldingi usullar bo'yicha aniqlashda ishlatilgan asbob va jihozlar: 10 ml.li pipetka; kul moddasiga ega bo'lmagan qog'ozli filtr joylashtirilgan voronka; hajmi 100 ml bo'lgan kolba; suv hammomi.

*Ishni bajarish tartibi.* 5 g un yuqorida bayon etilgan usullarni biri bo'yicha kullantiriladi. Olingan kul 10 ml 10 % li xlor kislotasida ularni suv hammomida 5 minut isitilishi davomida eritiladi. So'ngra xlor kislotali eritmaning tiniq yuqori qatlamli qog'oz filtri orqali filtrlanadi.

Bu operatsiya ikki marta qaytariladi. Har gal xlor kislotali eritma dekantatsiya qilinadi va filtrdagi erimagan cho'kma issiq suv bilan yuviladi. So'ngra filtr cho'kma bilan birgalikda voronkani o'zida birmuncha quritiladi, u oldindan qizdirilgan va tortilgan tigelga o'tkazilib, kuydiriladi va qizdiriladi.

Qahvani tadqiq etishda, 5 g namuna o'lchamini kuydirishda olingan kul 15—20 ml 10 % li xlor kislotasi bilan qaynayotgan suv hammomida 30 minut ishlov beriladi. Qandolat mahsulotlarini tadqiqot etishda ham kul aynan shunday ishlov beriladi, faqat bunda 30 ml 10 % li  $HCl$  eritmasi quyiladi. Bunday ishlov berilgan eritma kulsiz qog'oz filtr orqali filtrlanadi, tigel issiq distillangan suv bilan yuviladi va filtr esa xlor-ionga bo'lgan reaksiya ( $AgNO_3$  eritmasi bilan) yo'qolguncha, issiq suv bilan yuviladi. Filtrning kuydirilishi yuqorida bayon etilganidek amalga oshiriladi.

*Hisoblash.* Un, qahva va ba'zi boshqa mahsulotlarda 10 % li xlor kislotasida erimaydigan kul miqdori yuqorida keltirilgan formula bo'yicha quruq moddaga qayta hisoblanib aniqlanadi.

### 3.3. Osh tuzi miqdorini aniqlash

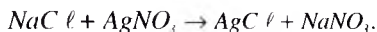
Osh tuzi miqdori mahsulotlarni, nafaqat, saqlanuvchanligini, shuning bilan birga, ularning ta'm xususiyatlarini ham belgilaydi. Barcha oziq-ovqat mahsulotlari uchun xlorid natriy miqdorini aniqlash usuli bir xil.

Xlorid natriy miqdorini aniqlash uchun tadqiq etilayotgan mahsulot ekstraktini (ekstrakt) tayyorlash kerak, u esa mahsulot tarkibi va xususiyatlariga bog'liq holda turlicha tayyorlanadi. Masalan, konservalangan oziq-ovqat mahsulotlarini tadqiq etishda 20 g mahsulot namunasi (0,01 g aniqlikda o'lchangan) issiq distillangan suv yordamida hajmi 250 ml bo'lgan o'lchov kolbasiga o'tkaziladi. Kolbadagi suyuqlik (kolba hajmining  $\frac{2}{3}$  qismini egallagan) yaxshi aralashtirilgandan keyin davriy aralashtirish davomida 30 minut saqlanadi. So'ngra kolbadagi suyuqlik  $20^{\circ}\text{C}$  gacha sovitiladi va belgisigacha distillangan suv yordamida yetkaziladi. Yaxshi aralashtirilgandan keyin filtr qog'oz orqali quruq kolbaga filtrlab o'tkaziladi. 50 ml filtrat olinib, unda osh tuzi miqdori aniqlanadi.

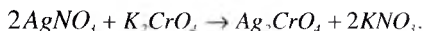
Osh tuzini aniqlashning turli usublari mavjud. Ular o'rtasida xlor ionlarining ekstrakt  $\text{AgNO}_3$  eritmasi bilan xromat indiktori ishtirokida titrlashga asoslangan usul (Mor usuli) keng tarqalgan. Bundan tashqari, osh tuzi miqdorini kationitli aniqlash usuli ham istiqbolli hisoblanadi.

*Mor usuli.* Ushbu usuldagi aniqlash xlor ionlarining xromat kaliy indikatori ishtirokida kumush nitrati bilan to'g'ridan to'g'ri titrlashga asoslangan bo'lib, neytral eritmada barcha xlor ionlar cho'ktirilgandan keyin kumush xromatining qizil cho'kmasi hosil bo'ladi.

Reaksiya quyidagicha kechadi:



Barcha xlorid kumush xloridi sifatida cho'ktirilgandan keyin, xromat kaliy  $\text{AgNO}_3$  ning ortiqcha eritmasi bilan qizil rangga bo'yalgan kumush xromati hosil qiladi:



Harorat oshgani sayin reaksiya sezgirligi pasayadi, shuning uchun ham ishonchli natijalar olish uchun titrlash  $20^{\circ}\text{C}$  haroratda olib borilishi kerak.

*Asbob va jihozlar.* Titrlash qurilmasi; hajmi 150—200 mm bo'lgan konus kolba; hajmi 25 va 50 ml bo'lgan pipetka.

*Reaktivlar.* 0,1 yoki 0,05 n kumush nitrati eritmasi; 0,01 n natriy bikarbonat ( $NaHCO_3$ ) yoki 0,01 n sirka kislotasi eritmasi; 1 % li fenolftalein eritmasi; 0,05 % li paranitrofenol eritmasi; 10 % li kaliy xromat ( $K_2CrO_4$ ), baliq mahsulotlarini tadqiq etishda esa kaliy xromatning to'yingan eritmasi.

*Ishni bajarish tartibi.* Yuqorida ko'rsatilgan usulda tayyorlangan ekstrakt olinadi va u kislotali muhitga ega bo'lsa, 0,01 n  $NaHCO_3$  eritmasi bilan fenolftalein ishtirokida neytralizatsiya qilinadi. Agar ekstrakt ishqoriy muhitga ega bo'lsa, 0,01 n sirka kislotasi eritmasi bilan paranitrofenol ishtirokida neytrallanadi. Bikarbonat bilan neytrallashdan keyin eritma rangsiz bo'lib qolishi (fenolftalein rangsizlanadi), sirka kislotasi bilan neytrallanganda esa kuchsiz sariq ( $pH=6,5-7,5$ ) bo'lishi kerak.

50 ml neytrallangan eritma pipetka yordamida konus kolbaga o'tkazilib, unga 1—3 ml xromat kaliy eritmasi quyiladi va 0,05 n kumush nitrati eritmasi bilan titrlanadi. Titrlash asta-sekin olib borilishi kerak. Titrlash kolbada qizil cho'kma hosil bo'lguncha davom ettiriladi.

*Hisoblash.* Namunaga nisbatan % hisobidagi osh tuzi miqdori quyidagi formulaga ko'ra hisoblanadi:

$$x = \frac{V \cdot k \cdot T \cdot V_1 \cdot 100}{g \cdot V_2},$$

bu yerda,  $V$  — kumush nitrati eritmasini millilitrlari miqdori (sut mahsulotlarini tadqiq etishda 0,05 n, boshqa mahsulotlar uchun esa 0,01 n kumush nitrat eritmasi ishlatiladi);  $k$  — kumush nitrati titrlangan eritmasini normallik koeffitsiyenti;  $T$  — kumush nitrati eritmasini  $NaCl$  bo'yicha titri (0,1 n eritma uchun 0,005845, 0,05 n uchun esa 0,00292);  $g$  — namuna massasi, g;  $V_1$  — tadqiq etilayotgan mahsulot namunasidan tayyorlangan ekstrakt hajmi, ml;  $V_2$  — titrlash uchun olingan ekstrakt hajmi, ml.

Ikki parallel aniqlashlar o'rtasidagi farq 0,1 % dan yuqori emas.

### 3.4. Kislotalikni aniqlash

Oziq-ovqat sanoatining xomashyolari, yarimtayyor mahsulotlari va tayyor mahsulotlari, odatda, kislotali reaksiyaga ega. Har bir muhitda chin (aktiv) va umumiy (titrlanadigan) kislotalik

farqlanadi. Chin kislotalik vodorod ionlari konsentratsiyasi bo'lib,  $pH$  kattaligi bilan tavsiflanadi. Agar  $pH=7$  dan yuqori bo'lsa, muhit ishqoriy reaksiyaga ega,  $pH=7$  dan past bo'lsa muhit reaksiyasi kislotali bo'ladi.

### 3.4.1. Titrlanadigan kislotalikni aniqlash

Titrlanadigan kislotalik bu tadqiq etilayotgan mahsulotda mavjud bo'lgan erkin organik kislotalar va ularni nordon tuzlari miqdori bo'lib, u eritmalarni ishqor bilan titrlash orqali aniqlanadi.

Oziq-ovqat mahsulotlarida kislotalikni aniqlashga katta e'tibor beriladi, chunki kislotalik tadqiq etilayotgan mahsulotni, nafaqat, ta'm xususiyatlarini belgilaydi, balki, shuningdek, uning yangiligi va yuqori sifatligi ko'rsatkichi ham hisoblanadi. Kislotalik, nafaqat, u yoki bu mahsulot tayyorlangan xomashyo tabiatiga, shuningdek, retseptura va tayyorlash texnologik rejimlari, saqlash usullari va muddatlariga ham bog'liq bo'ladi. Mahsulot kislotaligi saqlash jarayonida oshishi yoki pasayishi mumkin va bu holat ko'p hollarda mahsulot sifatiga salbiy ta'sir qiladi.

Tadqiq etilayotgan mahsulotning tabiati va konsentratsiyasiga bog'liq holda kislotalik bevosita titrlash (suyuq mahsulotlar) yoki mahsulot ekstraktini titrlash (suyuq bo'lmagan konsistensiyaga ega bo'lgan mahsulotlarda) yo'li bilan aniqlanadi.

Oziq-ovqat mahsulotlarida titrlanadigan kislotalik turli o'lchov birliklarida ifodalanadi. Buning sababi shundaki, ba'zi oziq-ovqat mahsulotlarida titrlash paytida nafaqat, erkin kislotalar, shu bilan birga, nordon tuzlar (ba'zida ularning ulushi ancha katta bo'lishi mumkin) ham neytrallanadi. Shunga qaramasdan titrlanadigan kislotalik ba'zi oziq-ovqat mahsulotlarida, ularda ustunlik qiluvchi kislotaga nisbatan ifodalanadi. Masalan, uzum va uzumli vinolarda ustunlik qiluvchi vino kislotasi bo'lsa, mevali sharbat va vinolarda esa olma kislotasi hisoblanadi. Titrlanadigan kislotalik marinadlarda sirka kislotasiga, tuzlangan karamda esa sut kislotasiga qayta hisoblanib, aniqlanadi.

Ba'zi oziq-ovqat mahsulotlarida (yog'larda, un, non mahsulotlari, sut mahsulotlari, pivo va qandolat mahsulotlari) qandaydir bir kislotani avfzalroq bilish mumkin emas, chunki ularda ozod kislotalar o'rtasidan ko'p miqdorda mavjud bo'lgan kislotani ajratish qiyin. Bundan tashqari, bu mahsulotlarda nordon tuzlar

ko'p miqdorda mavjud bo'ladi. Bu hollarda kislotalik shartli birliklarda — graduslarda ifodalanadi va uning qiymati ba'zi mahsulotlarda turlicha bo'ladi. Masalan, un, non va qandolat mahsulotlarida kislotalik gradusi 100 g tadqiq etilayotgan mahsulotdagi kislotalarning neytrallashga sarflangan detsinormal ishqor miqdori millilitrlari hisoblanadi. Sut mahsulotlarida kislotalik Ternner graduslarida ifodalanadi va u 100 ml yoki gramm mahsulotda (namunani olish usuliga bog'liq holda) mavjud bo'lgan kislotani neytrallash uchun zarur bo'lgan 0,1 n natriy gidrooksid eritmasi millilitrlari miqdorini anglatadi. Yog'larning kislotaligi tadqiq etilayotgan 1 g yog'da mavjud bo'lgan erkin yog' kislotalarni neytrallash uchun kerak bo'lgan KON milligrammlarida ifodalanadi.

Suyuq konsistensiyaga ega bo'lmagan oziq-ovqat mahsulotlarini kislotaligini aniqlashda ekstrakt tayyorlash usuli uslubni muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Ekstraktlarni tayyorlash oziq-ovqat mahsulotlaridagi barcha kislotalarni (organik va anorganik), shuningdek, ularning nordon tuzlarini suvda yaxshi erishiga asoslangan. Bunda quyidagi umumiy qoidalarga rioya qilinadi. Tadqiqot etilayotgan ekstraktning titrlashga sarflanadigan ishqor miqdorini 3 ml.dan kam bo'lmasligi; eng kam ishlatiladigan distillangan suv miqdori va tayyorlash vaqtida ekstraktga tadqiq etilayotgan mahsulotni barcha tarkibiy qismlari o'tishi kerak. Begona qo'shilmalardan ozod ekstraktlar olish uchun spirtli ekstraktlar tayyorlanadi.

Titrlanadigan kislotalikni aniqlashda indikatorni to'g'ri tanlash ham katta ahamiyatga ega. Rangsiz yoki kuchsiz bo'yalgan eritmalar uchun, ko'p hollarda fenolftalein ishlatiladi. Umuman oziq-ovqat mahsulotlaridagi kislotalarni titrlash rangini kuchsiz ishqoriy muhitda o'zgartira oladigan fenolftalein, timolftalein va **alkaliblau** kabi indikatorlar ishtirokida olib borilishi zarur. Metiloranj, metilrot, kongorot va ba'zi hollarda lakmus oziq-ovqat mahsulotlaridagi kislotalikni aniqlash uchun yaroqsiz, chunki bu indikatorlar o'z rangini o'zgartiradigan *pH* qiymatlari kuchsiz organik kislotalarning to'liq neytrallanganligiga mos kelmaydi. Fenolftalein indikatorni karbonat anhidrid ( $CO_2$ ) mavjud bo'lganida rangsizlanishi mumkin. Shuning uchun eritmalar titrlanishidan oldin karbonat kislotasini chiqarib yuborish maqsadida, qaynash boshlangunicha isitilishi, ayni vaqtda, uchuvchi kislotalarning yo'qotilishi mumkinligi sababli qaynashga yo'l qo'ymaslik kerak.

3.2-jadvalda eng ko'p ishlatiladigan indikatorlarning rang o'zgarishi intervallari keltirilgan. Demak, titrlanadigan kislotalikni aniqlash titrlashdan tashqari tadqiq etilayotgan namunadan (agar mahsulot konsistensiyasi suyuq bo'lmasa) kislotalarni suv yoki spirt bilan chiqarib olish yoki suyuq mahsulotlarni titrlashga tayyorlashdan (suv bilan suyultirish, ba'zi hollarda esa tindirish) iborat.

Namunalarga ishlov berish usullariga qat'iy rioya qilish ko'pgina hollarda tahlil natijalari aniqligini belgilaydi.

3.2-jadval

### Indikatorlarning rang o'zgarishi intervallari

Indikatorlar	Muhitdagi rangi		pH intervali
	kislotali	ishqoriy	
Timol ko'ki	qizil	sariq	1,2—2,8
Metil sariq	qizil	sariq	2,9—4,0
Metil pushti	qizil	pushti-sariq	3,1—4,4
Metil qizili	qizil	sariq	4,4—6,2
Bromtimol ko'ki	sariq	ko'k	6,0—7,6
Timolftalein	rangsiz	ko'k	9,4—10,6
Fenilftalein	rangsiz	qizil-binafsha	8,0—9,8
Fenil qizili	sariq	qizil	6,4—8,0

Kislotalik indikator ishtirokida titrlash yoki elektrometrik titrlash bilan aniqlanadi. Umumiy kislotalik mahsulotdagi ionlarga dissotsilangan, dissotsilanmagan kislota va nordon reaksiyaga kirituvchi moddalar umumiy miqdori bilan tavsiflanadi.

*Indikator ishtirokida titrlash.* Kislotalikning titrlash usuli bo'yicha aniqlash ishqorning mahsulotda mavjud bo'lgan, nafaqat, erkin kislotalarini, balki ularning nordon tuzlarini ham miqdoriy neytrallashtirish xususiyatiga asoslangan. Tadqiq etilayotgan mahsulotda ustunlik qiluvchi kislota aniqlashda, bir xil normallikka ega bo'lgan eritmalar hamma vaqt o'zaro teng hajmlarda reaksiyaga kirishishi mumkinligi umumiy qoidasiga ko'ra ish olib boriladi. Shuning uchun titrlashda sarflangan ishqor miqdorini va bunda ishqor va neytrallanadigan kislota o'rtasida kechadigan kimyoviy reaksiyani bilgan holda, tahlil etilayotgan mahsulotdagi kislota miqdorini aniqlash mumkin.

*Asbob va jihozlar.* Suv hammomi; texnikaviy tarozi; hajmi 250 ml bo'lgan o'lchov kolbasasi; 100°C gacha darajalangan termometr; 500 ml.li kimyoviy stakan; qatlangan filtrlı voronka; hajmi 25 va 50 ml.li pipetka; titrlash qurilmasi.

*Reaktivlar.* Fenolftaleini 1 % li spirtli eritmasi yoki timolftaleinni 0,1 % li spirtli eritmasi; 0,1 n natriy gidrooksid eritmasi.

*Ishni bajarish tartibi.* Sutning titrlanadigan kislotaligini aniqlash bosqichlari 3.3-rasmda keltirilgan. Mahsulot o'rta namunasidan olingan maydalangan namuna o'lchami kimyoviy stakanda tortiladi va 80°C gacha isitilgan issiq suv bilan hajmi 250 ml bo'lgan o'lchov kolbasiga yo'qotishsiz o'tkaziladi. Bunda pyuresimon mevasabzavotli mahsulotlar, non mahsulotlari, mevalar namuna o'l-



3.3-rasm. Sutning titrlanadigan kislotaligini aniqlash:

1 — avtomat yordamida 20 ml suvni o'lchab olish; 2, 3, 4 — pipetka yordamida 10 ml mahsulotni o'lchash; 5 — fenolftalein eritmasini solish; 6 — 0,1 n.li ishqor eritmasi yordamida titrlash.



chami 25 g.ni, konservalar esa 20 g.ni tashkil etadi. Foydalaniladigan suv miqdori kolba hajmining  $\frac{3}{4}$  qismidan oshmasligi kerak. So'ngra kolbadagi aralashma yaxshi silkitilib, vaqt-vaqti bilan silkita turib harorati 80—85°C gacha isitilgan suv hammomiga 30 minut davomida joylashtiriladi. Shundan keyin kolbalar xona haroratigacha sovutiladi, kolbadagi suyuqlik hajmi distillangan suv bilan belgigacha yetkaziladi va kolba tiqin bilan bekitilgach, yaxshilab aralashtiriladi. Olingan suyuqlik qatlangan qog'ozli filtr orqali quruq stakanga filtrlanadi. Filtrat kislotaligi titrlash bilan aniqlanadi.

Suyuq mahsulotlarni (sharbat, namakob va boshq.) tadqiq etishda, zarur bo'lgan hollarda ular oldindan filtrlanadi. 20 ml filtrat pipetka bilan hajmi 250 ml.li o'lchov kolbasiga o'tkaziladi, distillangan suv bilan belgisigacha yetkaziladi va yaxshi aralashtirilgandan keyin, undan pipetka yordamida 50 ml olinib, titrlash uchun konus kolbaga o'tkaziladi.

Ekstrakti titrlanadigan kislotaligini aniqlashda, pipetka bilan 50 ml olinib, hajmi 500 ml.li o'lchov kolbasiga o'tkaziladi. Kolbadagi suyuqlik hajmi belgisigacha yetkaziladi va yaxshi aralashtirilgandan keyin titrlanadi.

Agar tadqiq etilayotgan suyuqlik bo'yalgan bo'lsa, unda indikator sifatida timolftaleinni spirtli eritmasi ishlatilishi mumkin. Rangsiz yoki kuchsiz bo'yalgan filtratlarda fenolftalein ishlatiladi. Kuchli bo'yalgan ekstraktlar titrlash oldidan 1:1 nisbatda suv bilan suyultiriladi va fenolftalein ishtirokida pushti ranggacha emas, balki ekstrakt rangi o'zgarguncha titrlanadi. Ba'zi ekstraktlar rangi neytralizatsiya lahzasida yashil rangga kirishi, boshqalari rangini ravshanlashishi mumkinligi tufayli fenolftalein bilan titrlashda bo'yalish rangi yonma-yon quyilgan, xuddi shunday fenolftaleinli ekstrakt joylashtirilgan kolba rangi bilan taqqoslanadi. Timolftaleinning 0,1 % li spirtli eritmasi ishlatilganda, titrlash yakuni 1 minut davomida yo'qolmaydigan ko'k rangning paydo bo'lishi bilan belgilanadi. Agar fenolftalein foydalaniladigan bo'lsa, titrlash natijalariga  $CO_2$  ta'sirining oldini olish uchun filtrat qaynash boshlangungacha isitilishi va issiq eritmani titrlash tavsiya qilinadi.

*Hisoblash.* Sarflangan 0,1 n ishqor eritmasi miqdori normallik koeffitsiyentiga ko'paytirilib, detsinormal eritma miqdoriga aylantiriladi. Titrlanadigan kislotalik ( $X$ ) quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$X = \frac{V \cdot k \cdot V_1 \cdot 100}{g \cdot V_2}$$

bu yerda,  $V_1$  — titrlashga sarflangan 0,1 n ishqor eritmasi miqdori, ml;  $k$  — tegishli kislotaga qayta hisoblash koeffitsiyenti: olma kislotasi — 0,0067; limon kislotasi — 0,0064; sirka kislotasi — 0,0060; sut kislotasi — 0,0090; vino kislotasi — 0,0070;  $V_1$  — tadqiq etilayotgan mahsulot eritmasidan tayyorlangan ekstrakt hajmi, ml;  $g$  — tadqiq etilayotgan mahsulot hajmi yoki namuna o'lchami, ml yoki g;  $V_2$  — titrlash uchun olingan tadqiq qilinayotgan mahsulot filtrati hajmi, ml.

### 3.4.2. Aktiv kislotalikni aniqlash

Aktiv kislotalik yarimtayyor mahsulotlar va xomashyoda kechayotgan kolloid, mikrobiologik va fermentativ jarayonlar va tayyor mahsulotlarning ta'm xususiyatlariga sezilarli ta'sir qiladi. Ammo aktiv kislotalikni aniqlash ma'lum qiyinligi bilan farqlanadi. Shuning uchun tayyor oziq-ovqat mahsulotlari sifati me'yoriy-texnik hujjatlarda titrlanadigan kislotalik bo'yicha belgilanadi.

Agar oziq-ovqat mahsulotlarining tarkibida ma'lum miqdorda vodorod ioni bo'lsa, ular nordon bo'ladi.  $H$  ioni qancha ko'p bo'lsa, nordonlik shuncha yuqori bo'ladi.

Aktiv kislotalik darajasi yoki vodorod ionlarining konsentratsiyasi 1 litr eritmadagi  $H$  ionining grammlarda ifodalangan miqdori bilan belgilanadi. Masalan, suvda  $H$  konsentratsiyasi millionning bir bo'lagi yoki  $10^{-7}$  g/l ni (10000000 litr suvda 1 litr  $H$  ionlari bo'ladi) tashkil qiladi. Vodorod ko'rsatkichi  $pH$  vodorod ionlari ko'rsatkichi darajasining teskari belgisi sifatida qaralishi

mumkin. Agar vodorod ionlarning konsentratsiyasi  $\frac{1}{10000000}$  yoki

$\frac{1}{10^6}$  bo'lsa,  $pH=6$  bo'ladi. Bunday belgilashda  $pH$  soni qancha kichik bo'lsa, vodorod ionlarining soni shuncha yuqori bo'ladi.  $pH=7$  ga teng bo'lsa (neytral nuqta), nordonlik sezilmaydi.  $pH=7$  dan past bo'lsa, mahsulot nordon bo'lib qoladi.

Aktiv kislotalik kalorimetrik va potensiometrik usullarda aniqlanadi. Birinchi usul nisbatan oddiyroq, ammo taxminiy natijalar beradi va shu sababli kam hollarda ishlatiladi.

**Kalorimetrik usul** indikatorlar o'z bo'yalishini muhitning turli  $pH$  qiymatlarida o'zgartirishga asoslangan.  $pH$ ni kalorimetrik usulda aniqlashda tadqiq etilayotgan mahsulotda ho'llangan  $pH$  qiymatlarga mos keluvchi rangli standart shkala rangi bilan solishtiriladi.

**Potensiometrik usulni** mohiyati tadqiq etilayotgan eritmaga tushirilgan elektrod potensialini eritma  $pH$ ga bog'liq holda o'zgarishiga asoslangan.

Metall elektrod shu metall ionlari mavjud bo'lgan eritmaga tushirilganda qattiq va suyuq fazalar o'rtasida muvozanat yuzaga keladi:



*Metall* eritma chegarasida paydo bo'ladigan elektrod potentsiali kattaligi muvozanat potentsiali, deb ataladi. Metall elektrod potentsialining eritmadagi metall ionlari konsentratsiyasiga bog'liqligi Nernst tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln C_{Me},$$

bu yerda,  $E$  — metall ionlarining eritmadagi berilgan konsentratsiyasiga mos keluvchi metall elektron potentsiali;  $E_0$  — ushbu elektrodni ionlar konsentratsiyasi 1 ga teng bo'lgan potentsiali (normal potentsial);  $C_{Me}$  — metall ionlari konsentratsiyasi;  $R$  — gaz doimiysi;  $T$  — absolut harorat;  $F$  — Faradey soni;  $n$  — metall ionlari zaryadi.

Ionlar konsentratsiyasi  $C_{Me}$  ular aktivligi  $a_{Me}$  bilan almashtiriladi:

$$a_{Me} = f \cdot C_{Me},$$

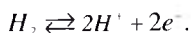
bu yerda,  $f$  — aktivlik koeffitsiyenti.

Potentsialning paydo bo'lishi elektronlarni qaytaruvchidan elektrodga va elektroddan oksidlovchiga o'tishi bir xil tezlik bilan sodir bo'ladigan dinamik muvozanat bilan tushuntiriladi.

Elektrod muvozanat potentsialining eritmadagi ion konsentratsiyasi (aktivligi)ga bog'liq holda o'zgarishi elektrodni shu kation yoki anionga nisbatan qaytuvchanligi, deb nomlanadi. Shunga bog'liq holda birinchi va ikkinchi turdagi elektrodlar farqlanadi.

Metallni shu metall tuzi mavjud bo'lgan eritmaga tushirilsa, elektrod potentsialining belgilovchi oqsidlanish-qaytarilish tizimi

hosil qilinadi. Bunday tizimda elektrod potentsiali faqat eritmadagi kationlar konsentratsiyasi (aktivligi)ga nisbatan belgilanadi. Bunday metall elektrodlar eritmadagi o'z kationlariga nisbatan sezgir bo'lib, birinchi turdagi elektrodlar, deb nomlanadi. Ularga simobli, kumushli, misli, qo'rg'oshinli, amalgam guruhi elektrodleri va boshqa elektrodlar tegishli. Birinchi turdagi elektrodlerga vodorod elektrodleri ham tegishli. Metallda erigan gazsimon vodorod oksidlanish-qaytarilish tizimini tashkil qiladi:



Ammo ko'pgina metallar tezda oksidlanishi va ularning elektrod funksiyasi buzilishi sababli, o'lchashlarda ishlatilmaydi.

Ikkinchi turdagi elektrodlar metall elektrodlar hisoblanib, ular bir xil anionli boshqa tuzni ortiqcha miqdoriga ega bo'lgan shu metallning kam eruvchi tuzini to'yingan eritmasiga tushirilgan bo'ladi. Bu holda elektrod potentsiali tegishli anion konsentratsiyasi (aktivligi) bilan belgilanadi. Ikkinchi turdagi elektrodlerga xlor kumushli va kalomel elektrodlar tegishli.

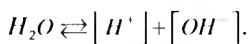
Potensiometrik titrlashda ishlatiladigan elektrodlar, barcha hollarda qaytuvchan, ya'ni ularni potentsiali eritmadagi ionlar konsentratsiyasi (aktivligi) o'zgarishi sari Nernst tenglamasiga muvofiq o'zgarishi kerak.

Eritmadagi aniqlanadigan ion konsentratsiyasiga sezgir bo'lgan elektrod oddiy titrlashdagi indikatorni almashtiradi va indikatorli elektrod, deb nomlanadi.

Indikatorli elektrod potentsiali titrlash jarayonida o'z potentsialini o'zgartirmaydigan va faqat indikatorli elektrod potentsialini aniqlash uchun xizmat qiladigan qandaydir boshqa qutblanmagan elektrodga nisbatan aniqlanadi. Bunday elektrod yordamchi hisoblanib, taqqoslash elektrodda yoki standart elektrod, deb nomlanadi. Taqqoslash elektrodleri sifatida ikkinchi turdagi elektrodlar (Kalomel elektrodi  $Hg/Hg_2$ ,  $Cl_2/KCl$ , simob sulfat elektrodi  $Hg/HgSO_4/H_2SO_4$ , xlor kumushli  $Ag/AgCl/NaCl$  va boshq.) xizmat qiladi. Shunday qilib, eritmadagi ionlar konsentratsiyasining potensiometrik o'lchash usuli tadqiq etilayotgan muhitga joylashtiriladigan ikki maxsus elektrodlar elektrik potentsiali ayirmasini o'lchashga asoslangan.

Potensiometrik usul tadqiqot etilayotgan muhitning kislotali yoki ishqoriy xususiyatlarini tavsiflovchi vodorod ionleri aktiv-

ligini o'ldashda keng ishlatiladi. Eritmalarda vodorod ionlarining paydo bo'lishi bir qism suv molekularining vodorod va gidroksil ionlariga dissotsilanishi bilan bog'liq, ya'ni



Suv neytral birikma bo'lib, undagi u yoki bu ionlar konsentratsiyasi bir xil. Unda quyidagi tenglikni yozish mumkin:

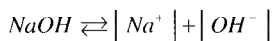
$$[H^+] = [OH^-].$$

Suvdagi vodorod ionlari bilan gidroksil ionlari konsentratsiyalarini ko'paytmasi suvning ion ko'paytmasi  $K_s$  deyiladi:

$$K_s = [H^+] = [OH^-].$$

Muayyan haroratda  $K_s$  o'zgarmas kattalik. Uning 22°C dagi son qiymati  $10^{-14}$  ga teng. Suvning dissotsilanishida bir xil miqdordagi vodorod va gidroksil ionlari hosil bo'lishi ( $H^+ = OH^-$ ) sababli, ularning har biri konsentratsiyasi  $10^{-7}$  ga teng.

Kislota va ishqorlar ham suvli eritmalarida dissotsilanadi: *kislotalar* — vodorod ionlari va kislota qoldig'i anionlariga, *ishqorlar* — metall kationlari va gidroksil ionlariga, ya'ni:



Eritmadagi kislota konsentratsiyasi oshgan sayin, vodorod ionlari konsentratsiyasi oshib, eritmadagi ishqor konsentratsiyasi oshishida esa gidroksil ionlari konsentratsiyasini oshishi kuzatiladi va bu vodorod ionlari konsentratsiyasining pasayishini keltirib chiqaradi. Demak, vodorod ionlari konsentratsiyasi bilan turli eritmalarini tavsiflash mumkin. Amaliyotda vodorod ionlari konsentratsiyasini, uning teskari ishora bilan olingan o'nlik logarifmi bilan ifodalash qabul qilingan. Bu kattalik vodorod ko'rsatkichi  $pH$  deyiladi va quyidagicha aniqlanadi:

$$pH = -\lg [H^+].$$

Demak, eritmaning neytral muhiti  $pH=7$  ga, kislotali muhit  $pH<7$  ga, ishqoriy esa  $pH>7$  ga (7 dan 14 gacha) mos keladi. O'sha

kislotali va ishqoriy eritmalar  $pH$  ni noldan kichik ( $-1 \div -2$ ) va 14 dan katta (15—16) qiymatlari bilan tavsiflash mumkin.

Yuqoridagi bog‘lanishlar kuchsiz elektrolitlar va unchalik yuqori bo‘lmagan konsentratsiyalar uchun kuchga ega. Konsentrlangan eritmalar yoki kuchli elektrolitlar  $pH$  ni aniqlashda ionlar o‘rtasidagi elektrostatik ta‘sir kuchlarini hisobga olish zarur bo‘ladi. Buning uchun qiymati 1 dan kichik bo‘lgan tuzatish ko‘paytuvchisi aktivlik koeffitsiyenti  $f_H$  kiritiladi. Vodorod ko‘rsatkichi  $pH$  ni aniqlashtirilgan formulasi quyidagi shaklga ega:

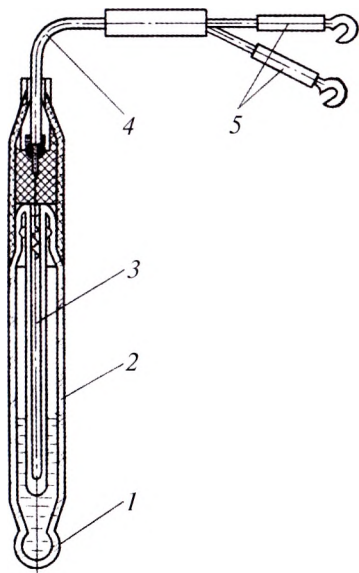
$$pH = -\lg a_H = -\lg (f_H \cdot [H^+]),$$

bu yerda,  $a_H$  — vodorod ionlarining eritmadagi aktivligi.

*Elektrodlar.*  $pH$ ni potensiometrlik o‘lchash usuli tadqiq etilayotgan eritmaga tanlama ta‘sirga ega bo‘lgan, maxsus elektrod tizimi tushirilganda hosil bo‘ladigan elektrod potensialini o‘lchashga asoslangan. Elektrod tizimining elektr yurituvchi kuchi (EYK) eritmadagi vodorod ionlari aktivligiga bog‘liq. Shunday qilib, elektrod tizimi doimiy ravishda ikkita, ya‘ni o‘lchov va yordamchi elektrodlardan iborat bo‘ladi. O‘lchov elektrodining potentsiali eritmadagi vodorod ionlari konsentratsiyasi bilan funksional bog‘liq bo‘lsa, yordamchi elektrod potentsiali esa o‘lchash jarayonida o‘zgarmas saqlanishi kerak.

O‘lchov elektrodlari sifatida shisha va surmali elektrodlar keng ishlatiladi. Shuningdek, vodorodli, xingidrinli va ba‘zi boshqalari ham ma‘lum bo‘lib, ammo ular o‘lchash amaliyotida juda kam ishlatiladi. Yordamchi elektrodlar sifatida kalomel va xlorkumushli elektrodlar keng tarqalgan bo‘lib, boshqa ko‘rinishdagilari esa deyarli ishlatilmaydi.

Universal shishali elektrod (3.4-rasm) korpusi (2) kalibrlan-



3.4-rasm. Universal shishali elektrod:

- 1 — membrana; 2 — korpus;  
3 — kontaktli elektrod; 4 — chiqish o‘tkazgichi; 5 — qisqichlar.

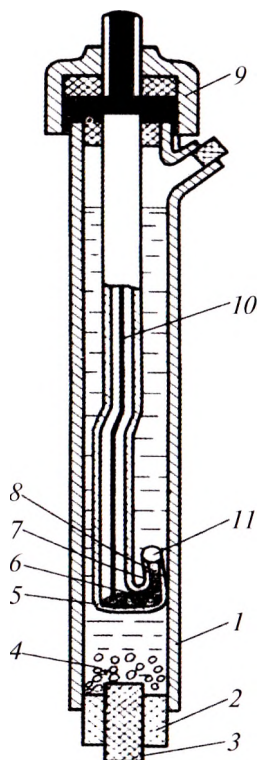
gan shishali trubkadan tayyorlangan. Uning bir uchiga elektrodning faol qismi hisoblanmish, maxsus elektrod shishasidan tayyorlangan membrana (1) kavsharlangan. Membrana turli shaklda (sharsimon, ignasimon va boshq.) tayyorlanishi mumkin. Korpusning ichki qismi unchalik ko'p bo'lmagan miqdordagi kumush xloridi kristallari qo'shilgan 0,1 n xlor kislotasi eritmasi bilan to'ldirilgan. Eritmaga kontaktli elektrod (3) (xlorkumushli yoki kalomel) cho'ktirilgan bo'lib, undan chiqish o'tkazgichi

chiqarilgan va u potensialni o'lchov asbobiga uzatuvchi kabel qisqichlari (5) bilan yakunlangan. Germetiklash maqsadida elektrodning yuqori qismiga polietilenli zichlashtiruvchi qopqoq kiydirilgan.

Sezgir shishali membranalarni tayyorlash uchun bir valentli metallar (*Na*, *Li*, *K* va boshq.) qo'shilmalariga ega bo'lgan turli xil shisha ishlatiladi. Ular paydo bo'ladigan elektrostatik kuchlar ta'sirida shishaning kristall silikatli panjaralaridan uzilib chiqadi va eritmaga o'tishadi, ularning o'rnini esa eritmadan o'tayotgan faol vodorod kationlari ( $H^+$ ) egallaydi.

Surmali ( $SbSb_2O_5$ ) o'lchov elektrod-lari surma qatlami bilan qoplangan platinali o'tkazgichdan yoki sterjen ko'rinishidagi metall surmadan tayyorlanadi. Elektrod potentsiali surma metali va uning oksidi chegarasida paydo bo'ladi. Xamir, opara va yuqori qovushqoqlikka ega bo'lgan oziq-ovqat mahsulotlarini kislotaligini aniqlash uchun mo'ljallangan, o'z-o'zini tozalovchi maxsus surmali elektrodlar mavjud.

Kalomel elektrod korpusi (3.5-rasm) shishali trubka (1) shaklida bo'ladi. Uning tubi nazorat qilinadigan eritma kontakt o'rnatiladigan yarimo'tkazuvchan to'ldiruvchili (3) rezinali tiqin (2) bilan bekitiladi. Trubkaga kaliy xloridni (4) to'yin-gan eritmasi quyiladi va unga trubka (5) tushiriladi. Trubka (5) ni pastki qismi si-



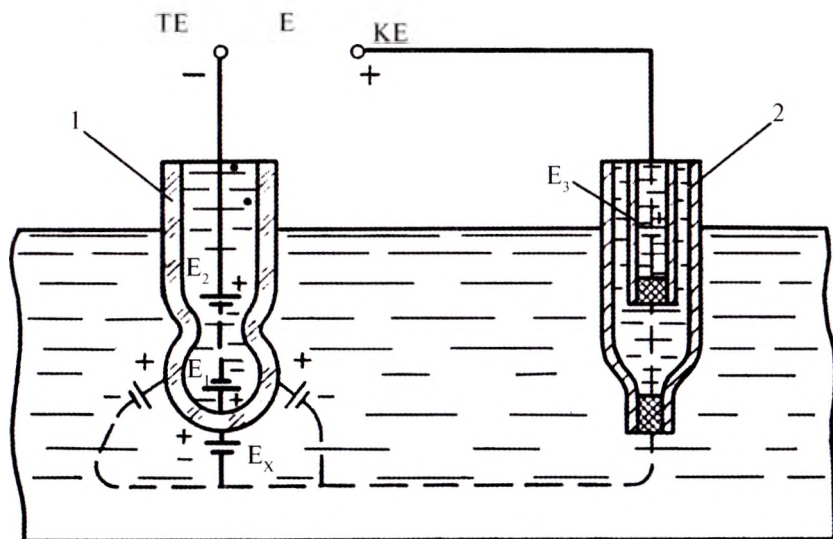
3.5-rasm. Kalomelli taqqoslash elektrodu:

- 1 — shishali trubka;
- 2 — rezinali trubka;
- 3 — to'ldiruvchi; 4 — kaliy xlorid eritmasi; 5 — trubka;
- 6 — simob; 7 — kalomel;
- 8 — kaliy xlorid kristallari; 9 — qalpoq;
- 10 — o'tkazgich;
- 11 — tampon.

mob (6), kalomel (7) (simob xlorid  $HgCl_2$ ) va kaliy xloridi (8) kristallari bilan to'ldiriladi. Ichki trubkaning pastki uchi paxtali yoki asbest tampon bilan bekitiladi. Simobdan o'lchov asbobigacha bo'lgan elektr ulash o'tkazgich (10) yordamida amalga oshiriladi. Shishali trubka — korpus yuqori qismida qalpoq (9) bilan bekitilgan.  $pH$  ni turli sharoitlarda o'lchash uchun foydalaniladigan kalomel elektrodni ko'p sonli konstruksiyalari mavjud. Ammo oziq-ovqat mahsulotlarini tadqiq etishda bu elektrodlardan, ularda simob mavjud bo'lganligi sababli, o'ta ehtiyotkorlik bilan foydalanish kerak.

Xlorkumushli yordamchi elektrod kumush sterjeni ko'rinishida bo'lib, uning yuzasi qiyin eruvchi  $AgCl$  tuzi qatlami bilan qoplangan va bu sterjen kaliy xloridni to'yingan eritmasiga tushirilgan. Xlorkumushli elektrodning  $18^{\circ}C$  haroratda  $1\ n\ KCl$  eritmasidagi potentsiali  $0,2179\ v$ .ni tashkil qiladi. Bu elektrodlar oziq-ovqat mahsulotlarini tahlil etishida keng ishlatiladi.

Eritma  $pH$ ni o'lchash uchun mo'ljallangan o'lchov o'zgartirgichining (yacheyka) elektr zanjiri (3.6-rasm) ichki yordamchi elektrodga (elektr zanjirni yaratish uchun) ega bo'lgan shishali o'lchov elektrodi (1) va nazorat qilinayotgan eritma bilan kon-



3.6-rasm. Eritmalar  $pH$  o'lchov o'zgartirgichining funksional elektrik sxemasi:

1 — shishali o'lchov elektrodi; 2 — yordamchi elektrod.



takti amalga oshiruvchi tashqi yordamchi elektrod (2) dan iborat. Elektrodlar tahlil etilayotgan eritmaga tushirilganda sharikning shisha yuzasi va eritma o'rtasida ionlar almashinuv ro'y beradi. Buning natijasida elektrod shishasida mavjud bo'lgan bir valentli metall ionlari eritmaga o'tadi va eritmadagi vodorod ionlari bilan almashadi. Bunday o'zaro ta'sir natijasida shisha yuzasi va nazorat qilinayotgan eritma o'rtasida eritmadagi vodorod ionlarini aktivligi keltirib chiqaradigan potentsiallar ayirmasi  $E_x$  (B da) paydo bo'ladi:

$$E_x = E_0 + (2,3RT/F) \lg a_H,$$

bu yerda,  $E_0$  — normal potensial,  $V$ ;  $a_H$  — eritmadagi vodorod ionlarini aktivligi.

Shunday qilib, tadqiqot etilayotgan eritmaga tushirilgan shishali elektrod potensialini o'lchab,  $pH$  ni aniqlash mumkin.

Elektrod tizimida paydo bo'layotgan elektr yurituvchi kuch  $E$  shishali elektrod ichki yuzasida paydo bo'layotgan EYK  $E_1$ , kontaktli elektrodlar EYKlari  $E_2$  va  $E_3$  va shishali elektrod tashqi yuzasida paydo bo'layotgan EYK  $E_x$  ni algebraik yig'indisiga teng. Shunday qilib, yig'indi EYK quyidagiga teng:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_x.$$

$E_1$ ,  $E_2$  va  $E_3$  EYK kattaliklari tahlil etilayotgan muhit tarkibiga bog'liq emas va faqat harorat o'zgarishi bilan o'zgaradi. Shishali elektrod tashqi yuzasida paydo bo'layotgan  $E_x$  EYK kattaligi  $pH$  qiymati va tahlil etilayotgan eritma harorati bilan belgilanadi. Shunday qilib, potensiometr o'lchash yacheykasi hosil qilayotgan EYKni o'lchab, tahlil etilgan eritma xususiyatini tavsiflovchi  $pH$  kattaligi qiymatini aniqlash mumkin. Bunda shuni nazarda tutish lozimki, elektrodli yacheyka EYKi ham  $pH$  kattaligi va ham eritma haroratiga bog'liq.

Elektrod tizimi EYKni  $pH$  ga bog'liqligi uning xarakteristika egiluvchanligi bilan tavsiflanadi va, birinchi navbatda, shishali elektrod xususiyatlari bilan belgilanadi. Elektrod tizimining xarakteristika egiluvchanligi ( $mv/pH$  da) quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \frac{\Delta E}{\Delta pH} = 58,06 + 0,0198 t_p,$$

bu yerda,  $t_p$  — eritma harorati, °C.

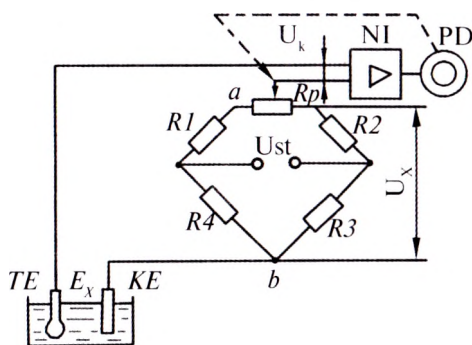
Shunday qilib, eritma harorati o'zgarishi elektrod tizimning xarakteristika egiluvchanligini va shu bilan birga, uning EYKini o'zgartiradi. Odatda, yordamchi elektrodlar va to'ldiruchi eritmalar, harorat o'zgarishida elektrod tizimi EYKini o'zgarishi eng kam, eritma  $pH$  ni ma'lum qiymatida esa nolga teng bo'lishi hisobida tanlanadi.

*O'lchov sxemalari.* Nazorat qilinayotgan eritmaning berilgan haroratdagi  $pH$  kattaligi tegishli elektrod tizimini EYK bo'yicha tegishli elektr o'lchov asbobi yordamida aniqlanadi. Eritmalar  $pH$  ni nazorat qilish uchun ko'pgina o'lchov sxemalari ishlatiladi.

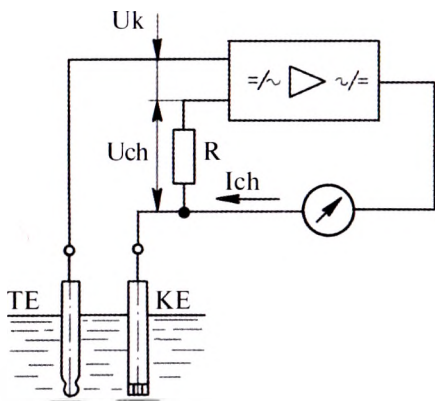
Ularning ko'pchiligi quyidagi ikki guruhdan biriga tegishli, deb topilishi mumkin: EYKni bevosita o'lchash sxemasi; EYKni kompensatsiyalab o'lchaydigan sxemalar.

Elektrod tizimi EYKni bevosita o'lchash usuli laboratoriya tipidagi ko'chma asboblardan asosini tashkil etib, bu asboblardan yuqori o'lchash aniqligi talab qilinmaydigan hollarda ( $\pm 0,1$   $pH$  dan yuqori emas) ishlatiladi. O'lchanayotgan EYKni ma'lum kattalikdagi kuchlanish bilan kompensatsiyalashga asoslangan  $pH$  ni o'lchash asboblari keng tarqalgan. Kompensatsiya tamoyiliga asoslangan asboblarda, o'lchanayotgan EYK kompensatsiyalash ko'priklari sxemalardan foydalanilib amalga oshiriladi. Bu esa sozlash va rostlash oddiylikini, harorat tuzatishlarining nisbatan oson kiritilishi va boshqalarni ta'minlaydi.

Dinamik kompensatsiyalash o'lchov sxemasida (3.7-rasm), ko'priklardan muqom o'zgarish kuchlanish  $U_{st}$  manbayiga ulanadi. Nol indikator NI (kuchaytirgich) o'lchash yacheykasi EYK  $E_x$  va ko'priklardan diagonallaridagi kompensatsiyalash kuchlanishi  $U_o$  ortasidagi ayirmani qayd qiladi va nobalans kuchlanish (signal) ishlab chiqaradi. Kompensatsiyalash o'lchov sxemasida EYK ma'lum element ( $U_{st}$ ) va EYK noma'lum element ( $E_x$ ) shunday ulanadiki, ularning toklari bir-biriga qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi. Agar toklar bir xil bo'lsa, ular bir-birini



3.7-rasm.  $pH$  ni dinamik kompensatsiyalash o'lchov sxemasi.



3.8-rasm. pH ni statik kompensatsiyalash o'lchov sxemasi.

o'zgartirish, kuchaytirish va chiqishda uning teskari o'zgartirishdan foydalangan holda bajariladi.

Statik kompensatsiyalash va tok bo'yicha chuqur teskari manfiy aloqa foydalanilgan sxemalar yanada qulay va ishonchli bo'lib, ularda kompensatsion o'lchash sxemalari va bevosita qayd qilish sxemalarining afzalliklari mujassamlashgan. Statik kompensatsiyalash sxemasida (3.8-rasm) elektrod tizimi hosil qiladigan EYK  $E_x$ , qarshilik  $R$  dagi kuchlanish tushishi  $U_{vix}$  bilan taqqoslanadi. Qarshilik  $R$  orqali kuchaytirgichdan chiqayotgan tok  $I_{vix}$  o'tadi. Kuchaytirgichning kirishiga kuchlanish  $E_x$  va qarshilik  $R$  dagi kuchlanish tushishi ayirmasi beriladi. Demak, kirish kuchlanishini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$U_{vx} = E_x - U_{vix} = E_x - I_{vix} \cdot R.$$

Kuchlanish  $U_{vx}$  vibroo'zgartirgich yordamida o'zgaruvchan kuchlanishga aylantiriladi, kuchaytiriladi va keyin yana o'zgarmasga aylantiriladi. Kuchaytirgich chiqishidagi o'zgarmas kuchlanish  $I_{vix}$  toki bilan boshqariladi. Agar kuchaytirgichni kuchaytirish koefitsiyentini  $K$  orqali ifodalansa, unda quyidagini yozish mumkin:

$$U_{vix} = U_{vx} K = (E_x - U_{vix}) \cdot K = (E_x - I_{vix} \cdot R) \cdot K$$

yoki

$$E_x = U_{vix} \cdot \left[ \frac{K+1}{k} \right] = I_{vix} R \left[ \frac{K+1}{k} \right] \approx I_{vix} \cdot R.$$

kompensatsiya qiladi va no-balans kuchlanish nolga teng bo'ladi. Kompensatsiya momenti kuchaytirgich chiqishiga ulangan reversiv elektrodvigatel RD orqali kompensatsion o'zgaruvchan qarshilik dvijogini avtomatik siljitish yo'li bilan o'rnatiladi.

pH metrlarni o'lchov sxemalarida ishlatiladigan o'zgarmas tok kuchaytirgichlari to'g'ridan to'g'ri kuchaytirish sxemalari yoki kirish signalini o'zgaruvchan kuchlanishga

Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, yetarlicha katta kuchaytirish koeffitsiyentida ( $K > 500$  dan past qabul qilinmaydi) ko'paytuvchi  $\left[ \frac{K+1}{k} \right]$  birga yaqin bo'ladi. Bu holda quyidagilarni ta'kidlash mumkin:

- kuchlanish  $U_{vix}$  elektrod tizim tomonidan hosil qilinadigan EYK  $E_x$  dan kam farqlanadi va shu sababli elektrodlar orqali o'tayotgan tok kuchi juda kichik;

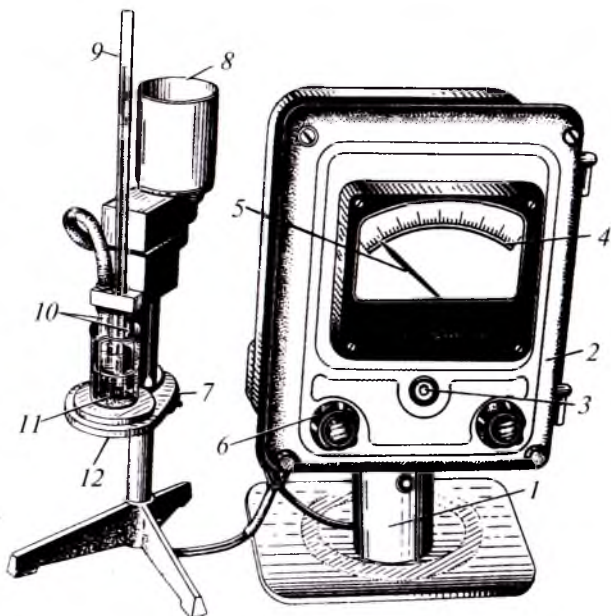
- qarshilik  $R$  orqali o'tayotgan tok kuchi elektrod tizimi tomonidan hosil qilinadigan EYKning o'lchovi hisoblanadi.

Shunday qilib, aktiv kislotalikni aniqlashning asosiy usullaridan biri potensimetrik usul hisoblanadi. Yuqorida ta'kidlanganidek, bu usul nafaqat eritmalardagi vodorod ionlari konsentratsiyasi —  $pH$  ni aniqlashda (to'g'ridan to'g'ri potensimetrik usul), shuningdek, rangli indikator metall elektrodlar bilan almashtirilgan potensimetrik titrlashda ham keng ishlatiladi. Quyida ba'zi oziq-ovqat mahsulotlarini kislotaligini potensimetrik titrlash yo'li bilan aniqlash bo'yicha ishlarni bajarish tartibi keltiriladi.

### 3.4.3. Sutning aktiv kislotaligini $pH-222.2$ asbobida aniqlash

$pH-222.2$  asbobi (3.9-rasm) laboratoriya sharoitida foydalanishga mo'ljallangan bo'lib, asbob komplekti datchik va yuqori omli o'zgartirgichdan iborat. Yuqori omli o'zgartirgichning yuza qismida o'lchov asbobi, bufer eritmalar bo'yicha kalibrflashga mo'ljallangan o'zgaruvchan qarshilik, o'lchash diapazonlarini ulash kaliti va asbobning ishlayotganligini belgilovchi yoritgich joylashtirilgan. O'zgartirgich korpusiga shtativ V ga mahkamlangan asbob datchigi (shishali va xlorkumushli taqqoslash elektrodi) va stakandagi namunani joylashtirish uchun mo'ljallangan harakatlanuvchan stolcha ulanadi.

Asbobda shishali elektrodning ikki modifikatsiyasi ishlatiladi, ya'ni suyuq mahsulotlar uchun mo'ljallangan sharsimon sezgir membranali (ESL 45—08) va qovushqoq mahsulotlar uchun mo'ljallangan konus membranali (ESL 45—08) elektrodlar. Asbobning yuqori omli o'zgartirgichi statik avtokompensatsiyalash tamoyili bo'yicha qurilgan. O'zgartirgichni kirish qarshiligi 1000 Om dan past emas. Asbobning texnik ko'rsatkichlari 3.3-jadvalda keltirilgan.



3.9-rasm. Sutning kislotaligini aniqlovchi *pH-222.2* asbobi:

1 — ustun; 2 — korpus; 3 — nazorat yoritgichi; 4 — shkala; 5 — strelka;  
 6 — klemma; 7 — stolchani fiksatsiyalash vinti; 8 — kaliy xloridni to'yingan  
 eritmasi quyilgan plastmassali stakan; 9 — termometr; 10 — elektrodlar;  
 11 — sut uchun idish; 12 — stolcha.

3.3-jadval

Ko'rsatkichlar	<i>pH-222.2</i> asbobi
Umumiy o'lchash diapazoni, <i>pH</i> birligi	3—8
Poddiapazonlar, <i>pH</i> birligi	3—4; 4—5; 5—6; 6—7; 7—8
Xatolik chegaralari, <i>pH</i> birligi yuqori omli o'zgartirgich uchun	$\pm 0,015$
5—40°C harorat diapazonida o'lchashda asbob komplekti uchun	$\pm 0,05$
Asbobning quvvatlanishi: o'zgaruvchan tok kuchlanishi, B chastotasi, Gs	220 $\pm$ 22—33 50 $\pm$ 1
Komplektning gabarit o'lchamlari, mm	450x200x300
Ishlatish sharoiti: atrof-muhit harorati, °C nisbiy namlik, 25°C da % da	5—35 95

### *Ishni bajarish tartibi.*

1. Asbob elektr manbayiga ulanadi va ishni boshlashga qadar 30 minut davomida isitiladi. Ishga yaroqli asbobda nazorat yoritgichi (3) yonishi kerak.

2. Stol vint (7) yordamida pastga tushirilib, o'ngga buriladi va stakancha olinadi.

3. Elektrodlar (10) distillangan suv bilan yaxshi yuviladi va ulardagi ortiqcha namlik filtr qog'ozi bilan quritiladi.

4. Stakan uning 2/3 hajmigacha (40 ml.ga yaqin) sut bilan to'ldiriladi, keyin yana 12 stolchaga joylashtiriladi va chapga buriladi. Sutning harorati  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  bo'lishi kerak.

5. Stolcha yuqoriga shunday ko'tarilishi kerakki, elektrodlar (10) sutga cho'ksin va shundan so'ng stolcha vint yordamida mahkamlanadi.

6. Elektrodlar sutga cho'ktirilgandan keyin 10–15 sek o'tgach, shkala (4) bo'yicha strelka (5) ko'rsatishlari qayd qilinadi. 3.9-rasmda sutning kislotaligini aniqlashga mo'ljallangan  $pH$ -222.2 asbobi modifikatsiyasi keltirilgan bo'lib, uning yuza qismida joylashgan nazorat yoritgichida 6 raqami mavjud va shkala  $pH$  ni o'nlik va yuzlik qiymatlarida darajalangan. Sutning  $pH$  ko'rsatkichini aniqlash uchun strelka ko'rsatkishlariga 6 raqamini qo'shish zarur bo'ladi.

7. 3.4-jadvaldan foydalanib,  $pH$  ko'rsatkichi bo'yicha sutning titrlanadigan kislotaligi aniqlanishi mumkin.

*3.4-jadval*

### **$pH$ ko'rsatishlarni sutning titrlanadigan kislotaligiga aylantirish**

Xom sut		Pasterlangan sut	
Titrlanadigan kislotalik	$pH$	Titrlanadigan kislotalik	$pH$
16	6,70–6,74	16	6,63–6,65
17	6,65–6,69	17	6,58–6,62
18	6,68–6,6	18	6,52–6,57
19	6,52–6,57	19	6,46–6,51
20	6,46–6,51	20	6,40–6,45
21	6,40–6,45	21	6,35–6,39
22	6,35–6,39	22	6,30–6,34
23	6,30–6,34	23	6,24–6,29
24	6,24–6,29	24	6,19–6,23

Elektrodlarning oldingi sut namunalari qoldig'idan ozod etish uchun elektrodlar yangi sut namunasiga kiritilgach, stakanga o'z o'qi atrofida birmuncha burilishi kerak. Sut namunalarini almashtirishda elektrodning yuza qismi qurib qolishiga yo'l qo'y-maslik zarur. Agar oldin foydalanilgan sut namunasi kislotaligi o'ta yuqori bo'lsa, unda elektrodlar distillangan suv bilan chayilishi va artilishi kerak. Misol uchun, xom sutning kislotaligi o'lchanganda strelka shkalaning 74 bo'linmasini ko'rsatgan va yoritgichda (6) raqami yonib turgan. Unda  $pH-6+0,74=6,74$ . 3.4-jadval bo'yicha  $pH-6,74$  da sutning kislotaligi  $16^{\circ}T$  ekanligi topiladi.

Elektrodlarning ishsiz holatida kuchsiz nordonlashtirilgan distillangan suvga (40—50 ml suvga 1 tomchi xlor yoki sulfat kislotasi tomiziladi) botirilgan bo'lishi kerak. Nordonlashtirilgan suv sut kislotaligi o'lchanadigan stakanchaga quyiladi.

Asbobning aniq ishlashi har kuni  $pH-6,88$  bo'lgan standart bufer eritmasi bo'yicha (eritmaning aniq  $20^{\circ}C$  haroratida) tekshirilishi kerak. Strelkaning shkaladagi ko'rsatishi 6,88 ga mos kelishi kerak. Mos kelmagan hollarda klemma (6) olinib, asbob sozlanadi. Tekshirishdan keyin elektrodlar bufer eritmasi qoldiqlaridan ozod etish maqsadida distillangan suv bilan yuvilib, filtr qog'ozi bilan quriguncha artilishi kerak.

Asbob namunali bufer eritmalarini tayyorlash uchun mo'l-jallangan standart titrlar bilan ta'minlanadi.  $pH-6,88$  bo'lgan bufer eritmasi 0,025 n kaliy gidrofosfat ( $KH_2PO_4$ ) va 0,025 n kaliy degidrofosfat ( $KH_2PO_4$ ) eritmalaridan iborat. Plastmassali stakan (8) va yordamchi elektrod doimiy ravishda kaliy xloridni to'yingan eritmasi (350 g kaliy xlorid 1 litr distillangan suvga eritiladi) bilan to'ldirilgan bo'lishi kerak.

*Kislotalikni elektrometrik titrlash usuli bilan aniqlash.* Qoramtir tUSDagi ekstrakt va sharbatlar kislotaligini aniqlashda elektrometrik yoki potensiomertik titrlashdan foydalanish aniq natijalar olinishini ta'minlaydi.

Kislotalikni elektrometrik yoki potensiomertik titrlash usulida aniqlash asoslari yuqorida ko'rib chiqilgan edi. Bu usulda neytrallash momenti tadqiq etilayotgan suyuqlikning elektr o'tkazuvchanligi ma'lum sharoitlarda yo'qolishi yoki keskin kamayishi bilan o'rnatiladi. Elektr o'tkazuvchanlik sezgir galvanometr yordamida o'lchanadi. Yuqorida ta'kidlanganidek, kislotali yoki ishqoriy muhitga tushirilgan ikkita elektrodlar (indikatorli va standart) o'rtasidagi potensiallar farqi paydo bo'ladi. Potensiallar

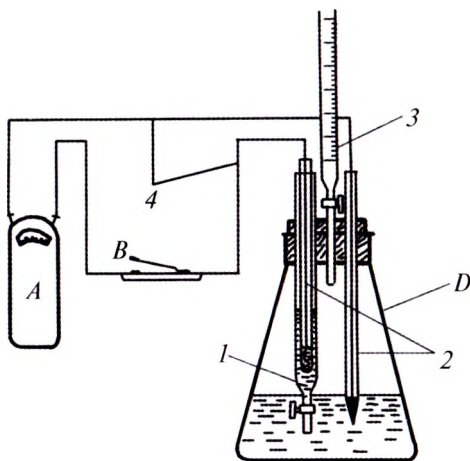
ayirmasi eritmadagi vodorod va gidroksil ionlarini boshqa kation va anionlarga nisbatan yuqori harakatlanish tezliklari sababli hosil qilinadi. Neytrallash davomida vodorod ionlari o'rniga kam harakatchan kationlar hosil qilinadi va elektr o'tkazuvchanlik neytrallash oxirigacha pasayib boradi. Neytrallash paytida qo'shilgan ishqorning ozgina ortiqcha miqdorida, gidroksil ionlarini to'planishi sababli, elektr o'tkazuvchanlik keskin oshadi.

Shuni ta'kidlash lozimki, elektr o'tkazuvchanlikning keskin o'zgarish nuqtasi kuchli kislota va ishqorlar uchun xos. Oziq-ovqat mahsulotlarini tadqiq etishda, odatda, neytrallanish nuqtasiga keskin o'tish xos bo'lmagan kislota va asoslar titrlanadi. Shuning uchun ham aniqlash diqqat bilan amalga oshirilishi kerak. Bo'yalgan suyuqliklar uchun usul standart hisoblanadi.

*Asbob va jihozlar.* Elektrometrik titrlash asbobi (3.10-rasm); lanset.

*Reaktivlar.* 0,1 n ishqor eritmasi; kaliy xloridni fenolftalein bo'yicha 0,1 n ishqor eritmasi bilan neytrallangan eritmasi; platinali va xingidrinli elektrodlar.

*Ishni bajarish tartibi.* Konusli D kolba yon tomonidan havo chiqishi uchun mavjud bo'lgan teshik kauchukli tiqin bilan bekitiladi. Tiqin uch joyidan teshiladi. Bunda diametri kattaroq teshik xingidrinli elektrod uchun, diametrlari maydaroq teshiklar esa tegishli platinali elektrod va buretka nasadkasi uchun mo'ljallanadi. Elektrod-larning biri o'tkazgich yordamida galvanometr (A) ni birinchi kontaktiga, galvanometrni ikkinchi kontakti esa kalit (B) ning birinchi qisqichiga ulanadi. Ikkinchi elektrodga ulangan o'tkazgichning boshqa uchi esa kalit (B) ning ikkinchi qisqichiga ulanadi. Aniqlash oldidan galvanometr rostlovchi vint yordamida strelkani nolga o'rnatilganligi bo'yicha sozlanishi lozim.



3.10-rasm. Elektrometrik titrlash asbobi:

- A — galvanometr; B — kalitlar;  
 D — konusli kolba: 1 — shishali trubka;  
 2 — platinali elektrodlar; 3 — buretka;  
 4 — o'tkazgich.



Trubkadagi kaliy xlorid eritmasiga lanset uchida olingan oz miqdordagi xingidrin solinadi va platinali elektrod yordamida suyuqlik bilan yaxshi aralashtiriladi.

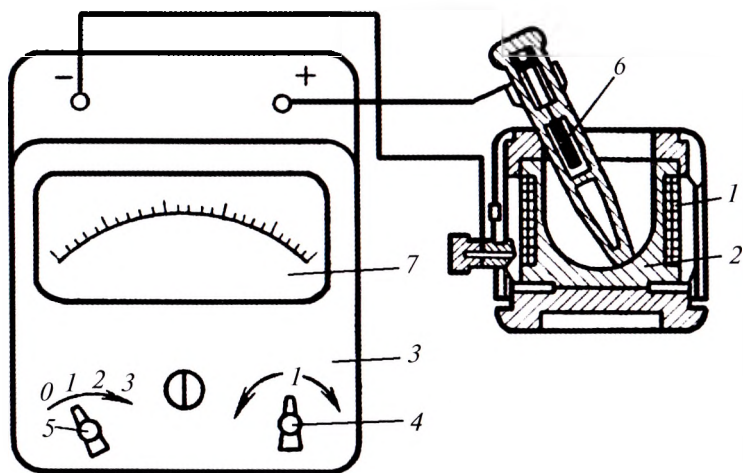
Konusli (D) kolbaga tahlil uchun tayyorlangan 50 ml ekstrakt (agar kam miqdorda olinadigan bo'lsa, uni hajmi qaynatilgan distillangan suv yordamida 50 ml.ga yetkaziladi) konusli kolba (D) ga o'tkaziladi. Shundan so'ng kolbaga oz miqdorda xingidrin solingach, u kolbaning aylanma harakati bilan suyuqlik aralashtiriladi. So'ngra kolba trubkalar joylashtirilgan probka bilan bekitiladi va uchinchi teshik orqali 0,1 n ishqor eritmasi bilan to'ldirilgan buretka tushiriladi. Tiqin shunday o'rnatilishi kerakki, elektrod va jo'mrakli shisha trubkaning tubi suyuqlikka cho'ktirilgan bo'lsin. Asbobning to'g'ri yig'ilganligini tekshirish uchun kalit (B) ulanadi, bunda galvanometr strelkasi nol holatidan chetlanishi lozim.

Buretkadan titrlashda dastlab 2—3 tomchidan, tahlil yakuni oldidan esa bir tomchidan ishqor eritmasi quyiladi. Har bir tomchilar solingandan keyin suyuqlik kolbada aralashtiriladi va kalit ulanadi. Zanjirni ulash kalitga qisqa bosishlar orqali amalga oshiriladi. Titrlash, navbatdagi ishqor eritmasi qo'shilganidan keyin galvanometr strelkasining qo'zg'almay qolishiga ko'ra yakunlanadi. Titrlash yakunlangach, sarflangan ishqor ishchi eritmasi miqdori hisoblanadi. Hisoblash indikator yordamida titrlash kabi amalga oshiriladi.

Titrlash yakunlangach, buretka va trubkalar joylashtirilgan tiqin kolbadan olinadi va yuvish moslamasi yordamida trubkalar-dagi xingidrin va mahsulot qoldig'i yuviladi. So'ngra distillangan suv bilan kolba ham yaxshi yuviladi. Shundan so'ng asbob navbatdagi namunani tahlil qilish uchun ishlatilishi mumkin.

Agar asbobda ishlash yakunlanadigan bo'lsa, asbobning tadqiq qilinayotgan suyuqlik va xingidrin bilan tegib turuvchi barcha qismlari yuvilgach, kolbaga distillangan suv quyiladi va tiqin shunday o'rnatiladiki, platinali elektrodlar suvga cho'ktirilgan bo'lsin.

Elektrometrik titrlashni, shuningdek, potensiometr yoki ionomer yordamida ham amalga oshirish mumkin (3.11-rasm). Buning uchun surmali elektrod idish (neytrallashtirish uchun mo'ljallangan indikatorli elektrod) (2) ga 20—25 ml tadqiq etilayotgan suyuqlik o'lchanadi va unga xlorkumushli elektrod (taqqoslash elektrodi) (6) tushiriladi. Elektrodlar o'lchov asbobiga ulangach, fenolftalein



3.11-rasm. Ionometr sxemasi:

1 — termokompensatsiya qarshiligi; 2 — surmali elektrod — idish; 3 — o'lchagich korpusi; 4, 5 — ulash dastaklari; 6 — xlorakumushli element; 7 — o'lchagich shkalasi.

ishtirokida 0,1 n  $NaOH$  eritmasi bilan titrlanadi. Titrlashda galvanometr shakli kuzatib boriladi. Galvanometr strelkasi, fenolftalein rangi o'zgarishi zonasiga mos keluvchi  $pH$  qiymatlariga ( $pH=8,5$ ) yetganda, titrlash yakunlanadi.

### 3.5. Oziq-ovqat mahsulotlaridagi qandlarni aniqlash

Oziq-ovqat mahsulotlari tarkibida mavjud bo'lgan va ularni sifatini aniqlashda ahamiyatli bo'lgan qandlardan shakar, glukoza, fruktoza, laktoza (sut qandi), maltozani ta'kidlash mumkin. Barcha ushbu qandlar mis oksidining ishqoriy eritmasiga bo'lgan munosabatiga ko'ra, redutsiyalanadigan (mis oksidini qaytaradigan) va redutsiyalanmaydigan (mis oksidini qaytarmaydigan) guruhlarga bo'linadi. Yuqorida sanab o'tilgan qandlardan redutsiyalanadiganlarga glukoza, fruktoza, laktoza, maltoza tegishli bo'lsa, redutsiyalanmaydiganlarga esa faqat saxaroza tegishli.

Tadqiq etishda, yuqorida sanab o'tilgan qandlar qaysi mahsulotlarda mavjud bo'lishini bilish muhim hisoblanadi. Shuni ta'kidlash kerakki, qandaydir bir mahsulotda bu qand shakllarini hammasi bir vaqtda mavjud bo'lmaydi. Masalan, sutda faqat laktoza mavjud bo'lib, izlar ko'rinishida glukoza va galaktoza, solod va

ular asosida olingan mahsulotlarda faqat maltoza va glukoza (bug'-doy unida oz miqdorda shakar mavjud), asalda esa deyarli teng miqdorda glukoza va fruktoza va oz miqdorda shakar uchraydi. Uzumdan tayyorlangan vinolarda glukoza va fruktoza, ba'zi hollarda esa shakar (vermut va shampän vinolarida) uchraydi.

Mevali, likor-aroqli mahsulotlarda, konyaklarda va ba'zi aroq turlarida glukoza va fruktoza bilan bir qatorda, shakar mavjud bo'ladi. Murabbo, jem, povidlo, marmelad, pastila, sukat, shokolad va ko'pgina qandolat mahsulotlari ham ma'lum miqdorda shakarga ega.

Oziq-ovqat mahsulotlarida shakar bilan bir qatorda, uning gidrolizlanish mahsulotlari — glukoza va fruktoza hamma vaqt uchraydi. Bu mahsulotlar oziq-ovqat mahsulotlarini saqlash va qayta ishlashda shakarning kislotali va fermentativ gidrolizlanishi yo'li bilan hosil qilinadi.

Mevalar va sabzavotlarda, shuningdek, ularning sharbatlari va boshqa qayta ishlash mahsulotlarida turli o'zaro nisbatda glukoza, fruktoza va saxaroza uchrashi mumkin.

Odatda, tadqiq etilayotgan mahsulotlarda umumiy qand miqdori aniqlanadi (murabbo, jem, povidlo, uzumli va mevali vinolar, likor-aroqli mahsulotlar, konyaklar va boshq.). Ammo mahsulotlar (karamel mahsulotlari, shakar) saqlanuvchanligi ulardagi redutsiyalanadigan shakarlar miqdori bilan belgilanishi sababli, ba'zi mahsulotlarda redutsiyalanadigan qandlar aniqlanadi. Kam hollarda glukoza va fruktoza miqdorini alohida aniqlashga zaruriyat tug'iladi.

### **3.5.1. Qandlarni aniqlash usullari tasnifi**

Oziq-ovqat mahsulotlaridagi qandlarni fizikaviy, fizik-kimyoviy usullar bilan aniqlash mumkin.

Fizikaviy usullar qand miqdori ularning eritmalari zichligi yoki polarizatsiyalangan nur tekisligining burilishiga ko'ra (saxarimetrlar yordamida) aniqlashga asoslangan. Bu usullar, tadqiq etilayotgan mahsulotlarda faqat shakar mavjud bo'lganida yoki bundan tashqari, optik faollikka ega bo'lmagan boshqa moddalarga ega bo'lgan hollarda qo'llanilishi mumkin.

Fizik-kimyoviy usulblar qandlarning elektrokimyoviy qaytarilishida ekvivalent nuqtasini potensimetrik o'lchashga (potensimetrik usul) va polarografik yarimto'liqin potensialini aniq-

lashga (polarografik usul) asoslanadi. Bundan tashqari, fizik-kimyoviy usullarga qandlarni identifikatsiya qilish va aniqlashni xromatografik usuli ham tegishlidir.

Kimyoviy usullar qandlarning (aldegid yoki keton guruhi) ishqoriy muhitda oksidlanishiga asoslangan. Bunda qaytarilgan moddalar miqdoriga ko'ra, tadqiq etilayotgan mahsulotdagi qandlar miqdori to'g'risida xulosa qilish mumkin. Ishlatiladigan reaktivlar tarkibi, oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarini kechishi sharoitlariga ko'ra, qandlarning kimyoviy aniqlash usullarini quyidagi guruhlarga bo'lish mumkin:

I. Mis va simob oksidi tuzlarini ishqoriy eritmalarda qaytarilishiga asoslangan usullar.

II. Ishqoriy eritmada qizil qon tuzi, bashqacha qilib aytganda, kaliy geksatsiano- (III) ferratni qaytarilishiga asoslangan usullar.

III. Aldegid guruhlariga ega bo'lgan qandlarni ishqoriy eritmalarda yod bilan oksidlanishiga asoslangan usullar.

IV. Qandlarni kalorimetrik aniqlash usullari.

*Mis va simob oksidi tuzlarini ishqoriy eritmalarda qaytarilishiga asoslangan usullar.* Bulardan  $CuSO_4$  ning ishqoriy eritmalaridan (feling eritmasi, ba'zi hollarda Lyuff eritmasi) foydalanilgan usullar keng tarqalgan. Qaytarilgan mis miqdorini aniqlash usuliga ko'ra, bu uslublar ikki mayda guruhga bo'linadi:

1. Qandlarni cho'kmaga tushgan mis miqdoriga ko'ra aniqlash.

2. Feling suyuqligini titrlangan eritmalaridan foydalanish.

Birinchi guruhga tegishli bo'lgan usullarda dastlab cho'kmaga tushgan mis miqdori aniqlanadi, so'ngra tadqiq etilayotgan namunadagi qandlar miqdori hisoblanadi. Mis miqdorini aniqlash yo'llariga ko'ra, vaznli va hajmiy usullar ajratiladi.

Vaznli usullar mis (I) oksidni ( $Cu_2O$ ) metall misga ( $Cu$ ) aylantirish va uni miqdorini bevosita tarozida tortish bilan aniqlashga asoslangan. Meysel va Allin usullari aynan vaznli usullar hisoblanadi.

Hajmiy metodlar cho'kmaga tushgan mis (I) oksidi ( $Cu_2O$ ) miqdorini uning eritishdan keyin titrlash usuli bilan aniqlashga qaratilgan. Ishlatiladigan reaktiv va aniqlash texnikasiga ko'ra, Bertran, Maks-Miller, Bruns, Koltgof va Shoorlo hajmiy usullarini farqlash mumkin.

Ikkinchi guruh usullarida dastlab invert qand bo'yicha titrlangan feling suyuqligi tayyorlanadi, keyin esa bu suyuqlikni ma'lum hajmi redutsiyalangan qandlarga ega bo'lgan filtratlar (aniqlashni maqsadiga ko'ra, A yoki B filtratlar) bilan titrlanadi. Titrlangan

Feling suyuqligiga tadqiqot etilayotgan mahsulot namunasi so-  
linib, bu suyuqlikning ortiqcha qismi qandni standart eritmasi  
bilan aniqlanganida ham usul mohiyati o'zgarmaydi.

*Qizil qon tuzi ishqoriy eritmalarining qaytarilishiga asoslangan  
qandlarni aniqlash usullari.* Bu usul redutsiyalanadigan qandlar-  
ning ishqoriy muhitda qizil qon tuzini sariq qon tuziga qaytarili-  
shiga asoslangan.

Bu guruhdagi usullar oziq-ovqat mahsulotlarini tadqiqot-  
lashda keng ishlatiladi. Bu usullar konyak va likor-aroqli mahsu-  
lotlarni tadqiqotlashda ferrotsianid, qandolat mahsulotlarini tadqi-  
qotlashda ferritsianid va konservalangan mahsulotlarni tadqiqot-  
lashda esa sianitli usullar, deb nomlanadi.

*Aldegid guruhlariga ega bo'lgan qandlarni ishqoriy eritmalarda  
yod bilan oksidlanishiga asoslangan usullar.* Bu usullarda yodning  
aldoqandlarni ishqoriy muhitda miqdoriy oksidlashi qobiliyati-  
dan foydalaniladi. Bu guruh usullariga Vilshetter-Shudl usuli,  
ko'p hollarda glukozaning fruktoza ishtirokida yodametrik aniq-  
lash, deb nomlanadigan usul tegishli.

*Qandlarni kalorimetrik aniqlash usullari.* Bu usullar redutsiya-  
lanadigan qandlarning ba'zi rangsiz birikmalarni turli bo'yalgan  
moddalar hosil qilib qaytarilishiga asoslangan. Bo'yalish intensivligiga  
ko'ra, tadqiqot etilayotgan eritmadagi qandlar miqdori aniqlanadi.  
Bu usullarning o'ziga xos xususiyati shundaki, tadqiqot etilayotgan  
namunada mavjud bo'lgan qandlarni unchalik yuqori bo'lmagan  
konsentratsiyalarini aniqlash imkoniyatini yaratilishi hisoblanadi.

Qandlar borligi aniqlanayotgan oziq-ovqat mahsulotlari suyuq  
yoki nosuyuq konsistensiyaga ega bo'lishi mumkin. Normal  
sharoitlarda suyuq konsistensiyali mahsulotlarda qandlar eritma  
ko'rinishida bo'ladi. Nosuyuq konsistensiyali mahsulotlarda esa  
qandlar mayda kristallar ko'rinishida, amorf shaklda (karamel  
massasida) yoki hujayra sharbatidagi eritmalarda (meva, sabza-  
votlar va boshq.) mavjud bo'ladi.

Qandlarni aniqlashning eng zaruriy shartlaridan biri, ularni  
toza holdagi suvli eritmalarini olish hisoblanadi.

Suyuq konsistensiyali mahsulotlardan qandlar eritmalarini olish  
uchun tadqiq etilayotgan mahsulotning ma'lum miqdorini (yoki  
hajmini) suyultirish kerak bo'ladi. Nosuyuq konsistensiyali mahsu-  
lotlardan ekstrakt tayyorlanadi. Tayyorlangan eritmalar yoki eritma-  
lar tahlilga xalaqit beruvchi yo'ldosh moddalardan ozod qilingan  
bo'lishi lozim. Shakarni aniqlash uchun u inversiyalanishi kerak.

### 3.5.2. Tadqiq etilayotgan materialni tahlilga tayyorlash va ekstraktlarni tayyorlash

Ekstraktlar va eritmalar tadqiq etilayotgan mahsulotlarga bo'lgan amaldagi standartlarga ko'ra, ajratib olingan o'rta namunalardan tayyorlanadi. Agar mahsulot qattiq konsistensiyaga ega bo'lsa, u oldindan maydalanishi va qandning mahsulot quruq massasiga qayta hisoblash uchun boshqa mahsulot namuna o'lchamida namlik aniqlanish zarur. Agar tadqiq etilayotgan mahsulotda yog' mavjud bo'lsa, efir yordamida ekstraksiyalanishi kerak.

*Tahlil uchun olinadigan material namuna o'lchami.* Tadqiq etilayotgan namunada kutilayotgan qand miqdoriga bog'liq. Ekstrakt mahsulot namuna o'lchamidan shunday hisob bilan tayyorlanishi kerakki, undagi shakar miqdori 0,1—0,5 % ni tashkil etsin. Bu shart shuning uchun ham zarurki, kimyoviy reaktivlar tegishli konsentratsiyalarda tayyorlanadi. Yuqorida qayd etilgan talablar buzilganda, tahlil o'tkazish qiyinlashadi va tadqiqot aniqligi pasayadi.

Namuna o'lchamini to'g'ri olish uchun tadqiq etilayotgan mahsulotdagi taxminiy qand miqdorini bilish kerak.

Ekstraktni tayyorlash uchun, avvalo, mahsulot namuna o'lchamini  $g$  hajmi,  $V_1$  ml bo'lgan kolbaga o'tkaziladi va undan  $V_2$  ml ekstrakt tindirish uchun hajmi  $V_3$  ml.li o'lchov kolbasiga olinadi. Bu holda tayyorlangan ekstraktidagi shakar miqdori  $X$  quyidagi formula bo'yicha hisoblanishi mumkin:

$$X = \frac{g \cdot k \cdot V_2 \cdot 100}{V_1 \cdot V_2}$$

bu yerda,  $k$  — tadqiq etilayotgan mahsulotda mavjudligi taxmin qilinayotgan qand miqdoriga qayta hisoblash koeffitsiyenti (mahsulotdagi qand miqdori 80 % bo'lganda,  $k = \frac{80}{100} = 0,8$ , qand miqdori

15 % bo'lganda esa  $k = \frac{15}{100} = 0,15$  va h.k.); 100 — foizga qayta hisoblash.

Agar tindirish bir o'lchov kolbasida amalga oshirilsa, unda formula quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$X = \frac{g \cdot k \cdot 100}{V_1}$$

Ekstraktlar suvda yoki spirtda tayyorlanishi mumkin. Suvli ekstraktlar tadqiq etilayotgan mahsulotda shakardan tashqari boshqa guruh uglevodlari mavjud bo'lmaganda tayyorlanadi. Suvli ekstraktlar umumiy redutsiyalangan qandlarni aniqlash uchun qulay. Spirtli ekstraktlar tadqiq etilayotgan mahsulotdan faqat qandlarni ajratish zaruriyati bo'lganda tayyorlanadi.

Suvli ekstraktlarni tayyorlash uchun tadqiq etilayotgan mahsulot namunasi maydalanishi va unga distillangan suv quyilishi kerak. Bunda mahsulotdagi qandlar namunadan suvli ekstrakt ko'rinishida ajraladi. Bu jarayonni isitish orqali tezlashtirish mumkin. Suvli ekstraktlarni tayyorlashda namunaga sovuq, issiq suv yoki spirt bilan ishlov beriladi.

Sovuq suv bilan ishlov berishda maydalangan mahsulotdagi qandlar xona haroratidagi distillangan suvda bir marotaba eritiladi va eritmaga o'tkaziladi. Buning uchun tadqiq etilayotgan mahsulotning tegishli namunasi tortib olinadi va u distillangan suv yordamida voronka orqali zich yopiladigan qopqoqqa ega bo'lgan o'lchov kolbasiga o'tkaziladi. Bunda ishlatiladigan o'lchov kolbasining hajmi tadqiq etilayotgan namunadagi qand miqdoriga bog'liq bo'lib, 100—500 ml.ni tashkil etadi (tadqiq etilayotgan mahsulot quruq moddasini har bir gramiga taxminan 50—100 ml.li sig'im olinadi). Bunda suvning hajmi olingan kolba hajmining

$\frac{2}{3}$  qismidan yuqori bo'lmisligi kerak. Yaxshi aralashtirilgach, zarar hollarda kolbadagi suyuqlik lakmus bo'yicha soda bilan neytrallanadi. Buning uchun kolbaga lakmus qog'ozini tushiriladi va lakmus qog'ozining yengilgina ko'k rangga bo'yalgan uniga 15 % li  $NaHCO$  eritmasi bilan neytrallanadi.

Issiq suv bilan ishlov berishda tadqiq etilayotgan namunadan, nafaqat, qandlar, balki yuqori molekular uglevodlar ham ajraladi. Issiq suv bilan ishlov berishni afzalligi qandlarni nisbatan tez eritmaga o'tishidir. Ammo issiq suv yordamida ishlov berishni tarkibida ancha miqdorda kraxmal mavjud bo'lgan materiallar uchun qo'llash mumkin emas, chunki kraxmal kleysterga aylanib, filtrlanishni qiyinlashtiradi. Bu usulda, suyuqlik neytrallangach, kolba suv hammomida 30 minut davomida isitiladi.

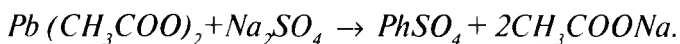
Suyuq oziq-ovqat mahsulotlarini (vino, sharbat, sirop, quyultirilgan sut va boshq.) tadqiq etishda eritmalar tegishli hajmdagi o'lchov kolbalarida namunani xona haroratidagi distillangan suv bilan suyultirish yo'li bilan tayyorlanadi. Suv miqdori o'lchov kolbasining  $\frac{2}{3}$  hajmidan oshmasligi kerak.

Tadqiq etilayotgan materialdan ekstrakt va eritmalar tayyorlashda ularning  $pH$  ni kamayishiga olib keluvchi organik kislotalar va ularni tuzlari ham ajraladi. Kislotali muhitda disaxarid va glukozidlar gidrolizga uchraydi. Bu o'z o'rnida tadqiq etilayotgan namunada redutsiyalangan qandlarning yuqori miqdorini qayd qilinishiga olib keladi. Buning oldini olish maqsadida, ekstrakt va eritmalar tayyorlashda muhit reaksiyasini doimiy kuzatib borish, agar zarur bo'lsa, tezda lakmus bo'yicha soda bilan neytrallanishi kerak. Olingan ekstraktlar va eritmalar tarkibida, nafaqat, qandlar, shuningdek, qandlar kabi qaytaruvchanlik xususiyatiga ega bo'lgan bo'yovchi va dubil moddalar, oqsillar va ularning gidrolizlanish mahsulotlari hamda boshqa moddalar mavjud bo'lib, ular tahlil natijalarini oshiradi. Shuning uchun bevosita tahlilni boshlashdan oldin tadqiq etilayotgan namuna o'lchamidan oqsilli, shuningdek, dubil va bo'yovchi moddalar ajratib olinishi kerak. Bunda tadqiq etilayotgan eritma va ekstraktlarning tindirilishi sodir bo'ladi.

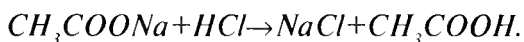
*Ekstraktlarni tindirish, A va V filtrlarni tayyorlash.* Og'ir metallar bo'yovchi, dubil va oqsilli moddalar bilan birikib, cho'kmaga tushuvchi erimaydigan kompleks birikmalar hosil qiladi. Tindirish uchun, odatda, sirka kislotasini qo'rg'oshinli tuzlari ishlatiladi.

*A filtratni tayyorlash.* Tindirish uchun ko'p hollarda sirka kislotali qo'rg'oshin yoki qo'rg'oshinli sirka eritmaları ishlatiladi. Ularning bir-biridan farqi shundaki, birinchisi neytral reaksiyaga ega bo'lsa, ikkinchisi esa kuchsiz ishqoriy reaksiyaga egadir. U yoki bu eritma ishlatilganda ham qand eritmasining reaksiyasi reaktiv solinguncha va undan keyin neytral bo'lib qolishi kerak. Kuchsiz ishqoriy reaksiyada (qo'rg'oshinli sirka ko'proq solinganda) qandlar (fruktoza)ning qo'rg'oshinli saxaridlar sifatida cho'kmaga tushishi xavfi mavjud. Kuchsiz kislotali reaksiyada esa (sirka kislotali qo'rg'oshin ko'proq solinganda) disaxaridlarni qisman gidrolizlanishi sodir bo'lishi mumkin. Ishqoriy reaksiyaning zararli tomoni yana shundan iboratki, qo'rg'oshinli sirka qandlarni oksidlashi mumkin. Bularning hammasi tahlil xatoliklariga sabab bo'ladi. Shuning uchun eritma tindirilgach, undan qo'rg'oshinli ortiqcha qismi ajratib olinishi kerak. Bu maqsadda natriy sulfatni ( $Na_2SO_4$ ) to'yingan eritmasi yoki natriy gidrofosfatni ( $Na_2HPO_4$ ) 20 % li eritmasi ishlatiladi.  $Na_2SO_4$  ni ortiqcha solinishiga ham yo'l qo'ymaslik kerak, chunki sirka kislotali qo'rg'oshin va natriy sulfatni o'zaro ta'sirida hosil bo'lgan sirka kislotali natriy B filtrat tayyorlashda shakar inversiyasiga to'sqinlik qiladi.





Bu holat shakarning to'liq inversiyasini  $pH$  ga bog'liqligi bilan tushuntiriladi. Sirka kislotali natriy shakarni inversiyalashda so-linadigan xlor kislotasi bilan reaksiyaga kirishib, ozod sirka kis-lotasini hosil qiladi, u esa kuchsiz dissotsilanadigan kisloata hi-soblanib, muhit  $pH$  ni pasaytiradi:



Bu holda shakarning to'liq inversiyasi ro'y bermaydi va tahlil natijalari pasayadi.

Bo'lishi mumkin bo'lgan noaniqliklar va xatoliklarning oldini olish maqsadida, filtrat tayyorlashda quyidagi shartlarga rioya qilinishi lozim. Yuqorida ko'rsatilgan usullarni biri bo'yicha olingan neytral ekstraktga 30 % li qo'rg'oshinli reaktiv suzmali cho'kma hosil bo'lishi to'xtaguncha tomchilatib quyiladi. Shundan keyin, eritma reaksiyasi tekshiriladi va zarur bo'lsa, soda yoki sirka kislotasi bilan neytrallanadi, kolbaga uni belgisigacha distillangan suv quyiladi, aralashtiriladi va qo'rg'oshinni oqsil, dubil, bo'yovchi, pektin va boshqalar bilan hosil qilgan erimaydigan birikmalarining ajralishi uchun davriy aralashtira turib, tinch qoldiriladi. 1—2 soat o'tgach, eritma qog'ozli filtr orqali quruq kolbaga filtrlanadi. Olingan filtratdagi ortiqcha qo'rg'oshinli tuzlarni ajratib olish uchun, pipetka yordamida olingan 50—100 ml filtrat hajmi 100—200 ml. li boshqa o'lchov kolbasiga o'tkaziladi va unga tomchilatib,  $PbSO_4$  yoki  $Pb_2(PO_4)_2$  ni oq cho'kmalari hosil bo'lishi to'xta-magunicha  $Na_2SO_4$  yoki  $Na_2HPO_4$  eritmaları quyiladi. Qo'rg'o-shinli tuzlarning ajralishi yakunlangach, kolbadagi suyuqlik distillangan suv bilan kolba belgisigacha yetkaziladi, 20 minut o't-gach esa quruq kolbaga qog'ozli filtr orqali filtrlanadi.

Yuqorida keltirilgan ikki kolbada o'tkaziladigan tindirish usuli ko'p mehnatni talab qiladi va uzoq vaqt davom etadi. Qo'shimcha filtrlashni o'tkazmaslik va ekstraktning tindirilishini tezlashtirish uchun uni bir kolbada ham amalga oshirish mumkin. Bu holda katta hajmli o'lchov kolbasi (250 ml.li kolba o'rnida 500 ml.li kolba) ishlatiladi.

Olingan filtrat A filtrat deb shartli nomlanadi. A filtrat qayta-riladigan (redutsiyalanadigan) va qaytarilmaydigan (redutsiyalan-maydigan) qandlarga ega bo'lib, unda faqat redutsiyalanadigan qandlar aniqlanadi. Umumiy qandlar va shakar miqdorini aniqlash

uchun A filtrat undagi redutsiyalanmaydigan qandlarni (shakarni) redutsiyalanadigan shakllarga o'tkazish uchun inversiya qilinishi kerak. Olinadigan bunday eritma shartli ravishda B filtrat, deb nomlanadi.

*B filtratni tayyorlash.* B filtrat A filtratdan tayyorlanadi. Pipetka bilan 50 ml A filtrat hajmi 100 ml bo'lgan o'lchov kolbasiga o'tkaziladi, unga menzurkadan zichligi 1,19 bo'lgan xlor kislotasi quyiladi va aralashtirilgandan keyin kolbaga 100°C ga darajalangan termometr tushiriladi. Shunday tayyorlangan kolba 70°C gacha isitilgan suvli hammomga tushiriladi. Eritma harorati 67°C gacha yetgach, doimiy aralashtirish davomida 5 minut saqlanadi va so'ngra aralashma tezlik bilan vodoprovod suvi bilan 20°C gacha sovutiladi. Inversiya o'tkazilgan eritmani o'ta isitib yuborish kerak emas, chunki yuqori haroratda kislotali muhitda fruktoza parchalanishi mumkin. Sovitilgandan keyin kolbalardagi suyuqlik 10 % li yoki 0,5 % li natriy gidrooksid eritmasi bilan lakmus bo'yicha titrlanadi. Neytrallashtirishdan keyin, eritmaga distillangan suv quyib, uning hajmi o'lchov belgisigacha yetkaziladi.

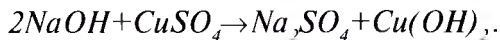
Olingan B filtrati faqat redutsiyalangan qandlarga ega bo'lib, A filtratda mavjud bo'lgan redutsiyalangan qandlar va shakarni gidrolizlanishida hosil bo'lgan redutsiyalangan qandlardan iborat.

Olingan filtratlardagi shakar miqdori quyida keltirilgan usullardan biri bo'yicha aniqlanadi. Oziq-ovqat mahsulotlaridagi qandlar miqdori 100 ml mahsulotdagi grammlarda (likor-aroqli mahsulotlar, vino, konyak) yoki foizlarda ifodalanadi.

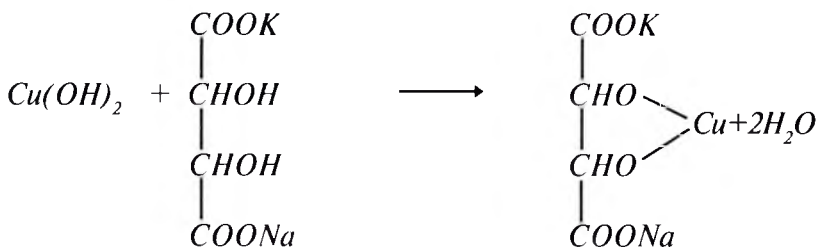
### **3.5.3. Mis oksidi tuzlari ishqoriy eritmalarini qaytarilishiga asoslangan usullar**

Ushbu guruh usullarida oksidlovchi sifatida mis kuporosi va segnet tuzini ishqoriy eritmasini o'zaro ta'sirida olinadigan feling suyuqligi ishlatiladi.

Ushbu ikki eritmaning o'zaro aralashtirilishi paytida o'yuvchi ishqor bilan ta'siri sababli, mis gidrooksidining ko'k rangli cho'kmasi hosil bo'ladi:



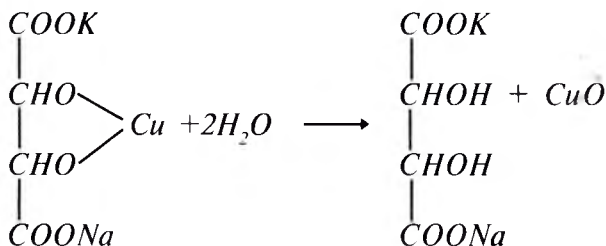
Ammo  $Cu(OH)_2$  cho'kmasi uni segnet tuzi bilan kompleks birikma hosil qilishi sababli, tezda yo'qoladi va suyuqlik quyuuq qoramtir-ko'k rangga bo'yaladi. Bu reaksiya quyidagicha kechadi:



Reaksiyalardan ko'rinib turibdiki, segnet tuzining vazifasi mis gidroksidini eruvchan holatga o'tkazishga qaratilgan ekan.

Feling suyuqligining aldoza yoki ketonlarga ta'sir etishida monosaxaridlar mis (II) oksidini kislorodi hisobida tegishli kislotalarga oksidlanadi. Bunda qaytarilgan mis (I) oksidi  $\text{Cu}_2\text{O}$  ko'rinishida (g'isht-qizil rangli cho'kma) cho'kmaga tushadi.

Bu reaksiya quyidagicha kechadi:



Mis (I) oksidi ( $\text{Cu}_2\text{O}$ )  $\text{CuO}$  ning qaytarilishi va qandlarning oksidlanishi davomida asta-sekin ajraladi:



Shunday qilib, cho'kmaga tushgan mis miqdori oksidlanadigan qandlar miqdoriga proporsional ekan. Mis (I) oksidini qizil cho'kmasi ustidagi eritma ko'k rangi feling suyuqligining ortiqchaligini, demak, bunday sharoitda qandlar to'liq oksidlanishidan dalolat beradi.

Agar, qandlarni aniqlashda feling suyuqligidan shunday miqdorda mis (I) oksidi cho'kmasi tushib, uning ustidagi suyuqlik ko'k rangi yo'qolsa, bu qandlarni oksidlashda misning kompleks birikmasi to'liq foydalanganligini ko'rsatadi. Bu holda erit-

mada reaktiv bilan reaksiyaga kirishmagan redutsiyalangan qandlar saqlanib qolgan bo'lishi mumkin. Bunday holat tadqiq etilayotgan filtratdagi redutsiyalangan qandlar miqdori 0,5 % dan yuqori bo'lganda kuzatiladi.

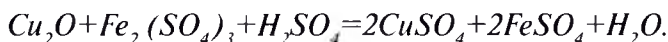
Feling suyuqligidan foydalanilganda, eritma ishqoriyligi ta'siri ostida tadqiq etilayotgan qandlarning qisman parchalanishi mumkinligi e'tiborga olinishi kerak. Bundan tashqari, feling suyuqligining o'zi ham isitilganda unchalik ko'p miqdorda bo'lmagan mis (I) oksidi miqdori oksidlangan qandlar miqdoriga to'liq ekvivalent emas va aniqlashda tajriba yo'li bilan tuzilgan jadvallardan foydalanishga to'g'ri keladi. Bu jadvallardagi ma'lumotlardan faqat ma'lum tajriba sharoitlari uchun foydalanish mumkin.

Feling suyuqligini, uning chidamsizligi sababli, uzoq vaqt davomida saqlash mumkin emas. Bu suyuqlik tahlil oldidan teng hajmdagi № 1 va № 2 eritmalarni aralashtirish yo'li bilan tayyorlanadi.

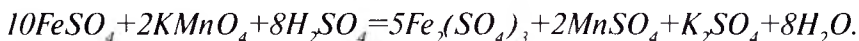
Qaytarilgan mis (I) oksidi miqdorini aniqlashda hajmiy usullarga asoslangan Bertran, Maks-Myuller, Shoorlo va boshqa usullar ishlatiladi.

*Bertran usuli.* Bu usul oziq-ovqat mahsulotlaridagi redutsiyalangan qandlar, shakar va umumiy qandlar miqdorini aniqlashning arbitraj usuli hisoblanadi.

Mis (I) oksidini hajmiy aniqlash usuli uning sulfat kislotasi yordamida kuchli kislotali muhit yaratilgan temir (III) sulfat eritmasida eritilganda ekvivalent miqdordagi temir (II) sulfat hosil qilishga asoslangan:



Mis (I) sulfat ( $CuSO_4$ ) miqdoriga ekvivalent bo'lgan temir (II) sulfat miqdori permanganat bilan titrlash orqali aniqlanadi:



Titrlashda sarflangan permanganat miqdoriga ko'ra, mis (I) oksidining miqdori hisoblanadi. So'ngra maxsus jadvallarga ko'ra, aniqlangan mis miqdoriga mos keluvchi qandlar miqdori topiladi. Bunga ko'ra, tadqiq etilayotgan mahsulotdagi qandlar miqdori foizini oson hisoblash mumkin.

*Asbob va jihozlar.* Hajmi 100, 200 va 500 ml bo'lgan o'lchov kolbalari; 10–25 ml.li o'lchov silindrlari; texnikaviy va analitik

tarozilar; 150 ml.li konusli kolbalar; titrlash qurilmasi; suvli hammom; shishali voronka; chinni idishchalar yoki soat oynalari; 20 ml.li pipetka; 3 minutli qum soatlar; filtr qog‘ozi.

*Reaktivlar.* Feling № 1 eritmasi (40 g qayta kristallizatsiyalangan  $CuSO_4$  hajmi 1000 ml bo‘lgan o‘lchov kolbasida distillangan suvda eritiladi, eritma suv bilan kolba belgisigacha yetkaziladi); feling № 2 eritmasi (hajmi 1000 ml bo‘lgan o‘lchov kolbasida dastlab 200 g segnet tuzi eritiladi, so‘ngra 150 g o‘yuvchi natriy solinadi va u ham eritilgach, eritma distillangan suv bilan kolba belgisigacha yetkaziladi); feling № 3 eritmasi (50 g temir (III) sulfat tuzi o‘lchov kolbasida unchalik katta bo‘lmagan miqdordagi distillangan suvda eritiladi, so‘ngra o‘lchov silindridan, kolba devorlari bo‘ylab, ehtiyotkorlik bilan 108 ml (200 g) zichligi 1,84 bo‘lgan sulfat kislotasi quyiladi va aralashtirilgandan keyin distillangan suv bilan kolba belgisigacha yetkaziladi,  $Fe_2(SO_4)_3$  o‘rniga 86 g temirammoniyli kvasslar ishlatilishi mumkin), kaliy permanganat eritmasi (5 g  $KMnO_4$  1000 ml distillangan suvda eritiladi).

Kaliy permanganati titrini belgilash uchun chinni idishchalarda 0,40 g shavel kislotali ammoniy tortib olinadi, unga 100 ml distillangan suv va 2 ml zichligi 1,84 bo‘lgan sulfat kislotasi solinadi. Idish suvli hammomga joylashtirilib, aralashtirish davomida 60–80°C haroratgacha isitiladi. Isitilgan eritma kaliy permanganatni ishchi eritmasi bilan qizg‘ish bo‘yalish hosil bo‘lgunicha titrlanadi.

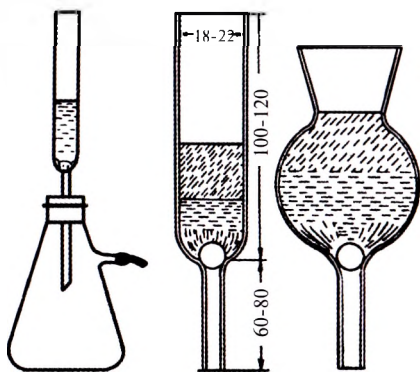
Kaliy permanganatni mis bo‘yicha titri quyidagi formulaga ko‘ra hisoblanadi:

$$T = \frac{g \cdot 0,8954}{V},$$

bu yerda,  $g$  — shavel kislotali ammoniy miqdori, g;  $V$  — kaliy permanganat eritmasi miqdori, ml; 0,8954 — shavel kislotali ammoniyini misga qayta hisoblash koeffitsiyenti.

*Redutsiyalangan qandlarni aniqlash.* Redutsiyalangan qandlar A filtratda aniqlanadi. Konusli kolbaga pipetka bilan 20 ml A filtrati, 20 ml № 1 reaktiv va 20 ml № 2 reaktiv solinadi. Hosil bo‘lgan aralashma asbest to‘r orqali isitish asbobiga joylashtiriladi, suyuqlik yuzasida birinchi pufakchalar paydo bo‘lguncha isitiladi va shu ondani boshlab, uch minut qaynatiladi. Qaynatish oxirida kolbadagi suyuqlik ko‘k rangda qolishi kerak va unchalik ko‘p

bo'lmagan miqdorda mis (I) oksidini g'ishtli-qizil cho'kmasi hosil bo'ladi. Agar qaynatishda suyuqlik ko'k rangini yo'qotsa, bu tadqiq etilayotgan eritmada 100 mg. dan ko'proq qand borligi sababli, barcha mis (II) oksidi mis (I) oksidiga o'tganligini anglatadi. Bu holda aniqlash kam miqdordagi A filtrat bilan yana qaytariladi (filtrat oldindan distillangan suv bilan 1:1 nisbatda suyultiriladi).



3.12-rasm. Turli asbest filtrlari.

Qaynatish yakunlangach, qizil cho'kmaning cho'kishiga imkon beriladi va ko'k suyuqlik asbest filtr orqali dekantatsiya qilinadi (3.12-rasm). Filtrlashda mis (I) oksidi cho'kmasini filtrga o'tkazmaslikka harakat qilinadi. Agar cho'kma zarrachalari eritma yuzasida qisman suzib yurgan bo'lsa, unga 95—96° li etil spirtining bir necha tomchisi tomiziladi va zarrachalar idish tubiga cho'kadi.

Filtrlashda oksidlanishning oldini olish maqsadida mis (I) oksidi hamma vaqt suyuqlik bilan qoplangan bo'lishi kerak. Buning uchun cho'kmali kolba filtrlash davomida og'dirilgan holatda saqlanadi. Mis cho'kmasidan hamma suyuqlik filtrga o'tkazilgach, cho'kma ustiga 10 ml oldindan qaynatilgan (kisloroddan ozod qilingan) issiq distillangan suv quyiladi, cho'kmaning idish tubiga cho'kishiga imkon beriladi va suv o'sha filtr orqali o'tkaziladi. Mis cho'kmasi va filtrni shunday tartibda yuvish 2—3 marta qaytariladi. Cho'kmani suv bilan yuvish yakunlangach, filtrli kolba boshqa toza kolba bilan almashtiriladi yoki filtrat to'kilib, kolba distillangan suv bilan 2—3 marta chayiladi.

Kolbadagi mis (I) oksidi cho'kmasiga yaxshi aralashtirish davomida 3—5 ml № 3 reaktivi quyiladi va mis cho'kmasining eritilishi amalga oshiriladi. Bunda cho'kma rangi tezlik bilan yorqin qizil rangdan qoramtir-ko'k ranggacha o'zgaradi va keyin ko'k-yashil rangli tiniq eritma hosil bo'ladi. Agar 3—5 ml № 3 reaktivi mis (I) oksidining to'liq erishi uchun yetarli bo'lmasa, eritish yana 2—3 marta qaytariladi. Mis (I) oksidi cho'kmasi to'liq erigach, eritma unchalik katta bo'lmagan qismlar bilan filtrga tushib qolgan mis (I) oksidi zarrachalarini eritish maqsadida shishali

tayoqcha bilan aralashtirish davomida o'sha filtrdan o'tkaziladi. Konusli kolba va filtr bir necha marta unchalik katta bo'lmagan distillangan suv qismlari bilan yuviladi va olingan filtrat permanganat kaliy eritmasi bilan 1 minut davomida yo'qolmaydigan kuchsiz qizil bo'yalish hosil qilingunicha titrlanadi.

*Hisoblash.* Tadqiq etilayotgan namunadagi qandlar miqdorini hisoblash uchun quyidagilar miqdorini aniqlash zarur:

- tadqiq etilayotgan 20 ml A filtratda mavjud bo'lgan reduksiya qandlar tomonidan qaytariladigan mis miqdori;
- qaytarilgan mis miqdoriga mos keluvchi qandlar miqdori;
- 20 ml A filtratga mos keluvchi mahsulotning namuna o'lchami.

Reduksiya qandlar tomonidan qaytarilgan mis miqdorini aniqlash uchun 20 ml A filtratini titrlashga sarflangan kaliy permanganat miqdorini kaliy permanganatni mis bo'yicha titriga ko'paytirish zarur. Agar titrlashga mis bo'yicha titri 10,02 ml bo'lgan 10,2 ml kaliy permanganat eritmasi sarflangan bo'lsa, unda 20 ml A filtratdagi qandlar tomonidan  $10,2 \cdot 10,02 = 102,204$  mg mis qaytariladi. Qaytarilgan mis miqdoriga mos keluvchi qandlar miqdori 3.5-jadval bo'yicha aniqlanadi.

3.5-jadval

### Qaytarilgan mis miqdoriga mos keluvchi qandlar miqdori

Cu, mg	Invert shakari, mg	Cu, mg	Invert shakari, mg	Cu, mg	Invert shakari, mg	Cu, mg	Invert shakari, mg
20,6	10	64,8	33	105,7	56	143,7	79
22,6	11	66,7	34	107,4	57	145,3	80
24,6	12	68,5	35	109,5	58	146,9	81
26,5	13	70,3	36	110,9	59	148,5	82
28,5	14	72,0	37	112,6	60	150,0	83
30,5	15	74,0	38	114,3	61	151,6	84
32,5	16	75,9	39	115,2	62	153,2	85
34,5	17	77,7	40	117,6	63	154,8	86
36,4	18	79,5	41	119,2	64	156,4	87
38,4	19	81,2	42	120,9	65	157,9	88
40,4	20	83,0	43	122,6	66	159,5	89
42,3	21	84,8	44	124,2	67	161,1	90
44,2	22	86,5	45	125,9	68	162,6	91
46,1	23	88,3	46	127,5	69	164,2	92

48,0	24	90,1	47	129,2	70	165,7	93
49,8	25	91,9	48	130,8	71	167,3	94
51,7	26	93,5	49	132,4	72	168,8	95
53,6	27	95,4	50	134,0	73	170,3	96
55,5	28	97,1	51	135,6	74	171,9	97
57,4	29	98,9	52	137,2	75	173,4	98
59,3	30	100,6	53	138,9	76	175,0	99
61,1	31	102,3	54	140,5	77	176,5	100
63,0	32	104,0	55	142,1	78	—	—

Amaliyotda, tadqiq etilayotgan eritma tomonidan qaytarilgan mis miqdorini jadvalda keltirilgan qiymatlarga aniq mos kelishi holatlari juda kam. Masalan, hisoblangan 102,2 mg mis miqdori jadvalda yo'q. Bunday hollarda ayirmali interpolsiya usulidan foydalaniladi. Bu usulda, milligramm ulushlari chegaralarida mis va qandlar miqdorlari o'rtasida chiziqli proporsionallik mavjud, deb faraz qilinadi.

Jadvaldan hisoblangan mis miqdoriga eng yaqin katta va kichik qiymatlar topiladi. Bu 100,6 va 102,3 mg mis miqdori bo'lib, ular tegishlicha 53 va 54 mg redutsiyalangan qandlarga mos keladi. Bunga ko'ra, 1,7 mg mis ( $102,3 - 100,6 = 1,7$ ) 1 mg redutsiyalangan qandlarga ( $54 - 53 = 1$ ) mos kelsa, unda 1,6 mg mis ( $102,2 - 100,6 = 1,6$ )  $\frac{1,6}{1,7} = 0,94$  mg qandga mos keladi. Demak, 102,2 mg mis  $53 + 0,94 = 53,94$  mg redutsiyalangan qandga mos keladi.

20 ml tadqiq etilayotgan filtratga mos keluvchi mahsulot namuna o'lchamini aniqlashga tahlil uchun olingan namuna o'lchami va amalga oshirilgan suyultirishlarni hisobga olish kerak bo'ladi. Masalan, tahlil uchun 10 g mahsulot olinib, tindirish hajmi 500 ml bo'lgan o'lchov kolbasida amalga oshirilgan va qo'rg'oshinli tuzlar ortiqchasini ajratish uchun 100 ml filtrat 200 ml.li o'lchov kolbasiga o'tkazilib, qandlarni aniqlash uchun esa undan 20 ml filtrat olingan. Bu holda 20 ml filtratga mos keluvchi mahsulotning namuna o'lchami:

$$\frac{10 \cdot 100 \cdot 20}{500 \cdot 200} = 0,2 \text{ g (200 mg) ni tashkil etadi.}$$

Tadqiq etilayotgan namunadagi qandlar miqdori quyidagi proporsiyada aniqlanishi mumkin:



$$200 - 53,94$$

$$100 - X$$

$$X = \frac{100 \cdot 53,94}{200} = 26,97 \%$$

Demak, tadqiq etilayotgan namunada 26,97 % redutsiyalangan qandlar mavjud ekan.

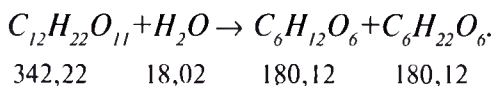
*Shakarni aniqlash.* Shakar *B* filtratda aniqlanadi va undagi umumiy redutsiyalangan qandlar miqdori *A* filtratdagi kabi aniqlanadi.

*Hisoblash.* Shakar miqdori *S* ni aniqlash uchun *B* filtratda aniqlangan umumiy redutsiyalangan qandlar miqdoridan ( $X_1$ ) *A* filtratda aniqlangan redutsiyalangan qandlar miqdorini ( $X_2$ ) ayirish va ayrimani 0,95 ga ko'paytirish kerak:

$$S = (X_1 - X_2) \cdot 0,95,$$

bu yerda, 0,95 — invert qandni shakarga aylantirish koeffitsiyenti.

Koeffitsiyent 0,95 shakarning quyidagi inversiyalanish tenglamasi bo'yicha hisoblangan:



Demak, 342,22 g shakarni gidrolizlanishida 360,24 g invert qandi olinadi. Bundan 0,95 g shakar  $\left( \frac{342,22}{360,24} = 0,95 \right)$  inversiyalanganida 1 g invert qandi ajralishi ma'lum bo'ladi. Massa oshishi shakarning inversiyalanishida unga suv molekulasini birikishi hisobiga sodir bo'ladi. Masalan, *B* filtratda 78 %, *A* filtratda 70,9 % redutsiyalangan qandlar borligi aniqlangan bo'lsa, shakar miqdori quyidagini tashkil qiladi:

$$(78 - 70,90) \cdot 0,95 = 6,75 \%$$

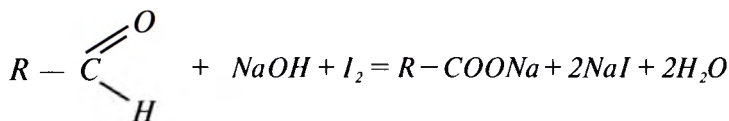
Tadqiq etilayotgan mahsulotdagi umumiy qandlar miqdori (*X*) quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$X = X_2 + S,$$

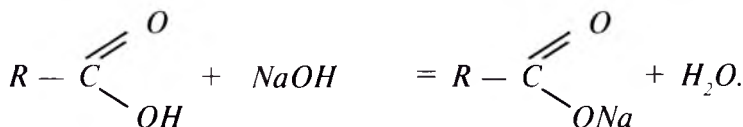
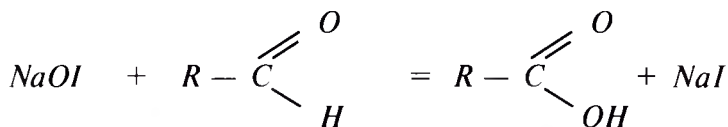
keltirilgan misol uchun  $X = 70,9 + 6,75 = 77,65 \%$ .

### 3.5.4. Glukozani fruktoza va shakar ishtirokida yodometrik aniqlash usuli

Ushbu usul qandlarni (glukoza) aldegid guruhini ishqoriy muhitda yod bilan oksidlanishiga asoslangan. Yod bunda oksidlovchi hisoblanadi. Oksidlanish quyidagi tenglama bo'yicha kechadi:



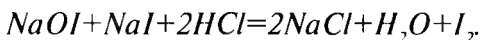
yoki fazalar bo'yicha



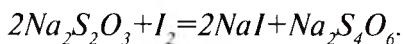
Dastlab yod ishqoriy muhitda  $\text{NaOI}$  hosil qiladi, u esa atomlar kislorod ajratib parchalanadi. Ajralib chiqqan atomlar kislorod qandning aldegid guruhini oksidlab, uni glukon yoki laktobion kislotasiga aylantiradi, u ishqorning serobliligi sharoitida tegishli natriyli tuzga aylanadi.

Bunday sharoitda glukoza miqdoriy oksidlanadi, ketoqandlar esa oksidlanmaydi. Shuning uchun tadqiq etilayotgan eritmada fruktoza bo'lsa ham, u tahlil o'tkazishga xalaqit bermaydi. Aniqlashga shakar xalaqit bermaydi, chunki u ham ishqoriy muhitda yod tomonidan oksidlanmaydi.

Qandlarni to'liq oksidlash maqsadida ishqor va yod ortiqcha solinadi. Eritmada qandlar oksidlanishidan ortib qolgan  $\text{NaOI}$  xlor kislotasi qo'shilganda, ekvivalent miqdordagi yodid natriy bilan reaksiyaga kirishib, yod metali hosil qiladi:



Ajralib chiqqan erkin yod giposulfit bilan titrlanadi:



Sarflangan yod miqdoriga ko'ra, glukoza miqdorini hisoblash mumkin. Bu usul, nafaqat, glukozani, shuningdek, erkin aldegid guruhiga ega bo'lgan laktoza, maltoza, galaktoza, pentoza kabi qandlarni aniqlashda ham ishlatilishi mumkin.

Tadqiqot aniqligiga reaksiyon aralashmadagi glukoza (aldoqandlar), yod va ishqorning o'zaro nisbatlari ta'sir qiladi. Yod miqdori yuqoridagi tenglamada talab qilingan miqdordan 2—3 marta ko'proq solinishi kerak. Buning uchun tadqiq etilayotgan eritmadagi aldoqandlarni taxminiy miqdorini bilish kerak. 0,1 n yod eritmasini titri, 0,012692 ga teng, demak, 1 ml bunday eritmada 12,7 mg yod mavjuddir. Shunday qilib, 3—4 mg aldoqandlarga (glukozaga) 1 ml 0,1 n yod eritmasini solish kifoya. Agar tadqiq etilayotgan filtratda 50 mg glukoza mavjud bo'lsa, tahlil uchun 12—15 ml 0,1 n yod eritmasi olinadi. 0,1 n ishqor eritmasini hajm bo'yicha yod eritmasiga nisbatan 1,5 marotaba ko'proq olinishi tavsiya etiladi.

*Asbob va jihozlar.* 25 ml.li pipetkalar; titrlash qurilmasi; zich yopilgan probirkaga ega bo'lgan hajmi 250 ml.li konusli kolba.

*Reaktivlar.* Yodid kaliydagi 0,1 n yod eritmasi (20—25 g yodid kaliy stakanda oz miqdordagi suvda eritiladi, unga 0,01 g aniqlikda o'Ichangan 12,7 g yod solinadi. Yod to'liq erigach suyuqlik hajmi 1000 ml. li o'Ichov kolbasiga miqdoriy o'tkaziladi va kolba belgisigacha distillangan suv quyiladi); 0,1 n giposulfit eritmasi; 0,1 n NaOH eritmasi; 1 % li sulfat kislotasi eritmasi; 1 % li kraxmal eritmasi.

*Ishni bajarish tartibi.* Shuni ta'kidlash lozimki, reaksiyalar xona haroratida kechadi va aniqlash jarayoniga yorug'lik va havo kislorodi kabi omillar ta'sir qiladi. Shuning uchun aniqlash og'zi zich yopiladigan idishlarda va qandlarni yorug'lik ta'sirida oksidlanishidan asrash uchun qorong'ilikda amalga oshiriladi. Begona omillarni aniqlashning kechishiga ta'sirini hisobga olish uchun tadqiq etilayotgan eritma bilan bir vaqtda nazorat aniqlashi ham o'tkaziladi.

Qandlarni aniqlash, qandlarni boshqa usullar bilan tadqiqot etishda tayyorlangan filtratlarda o'tkaziladi.

25 ml tadqiq etilayotgan filtrat pipetka bilan tiqin zich yopiladigan konus kolbaga o'tkaziladi. Nazorat tajribasini o'tkazish uchun bir vaqtning o'zida boshqa kolbaga shuncha miqdordagi distillangan suv solinadi. Keyinchalik tadqiq etilayotgan filtrat kolbasiga qanday reaktivlar solinadigan bo'lsa, nazorat tajribasi kolbasiga ham aynan shu reaktivlar solinadi. So'ngra kolbalarga pipetkalar bilan 25 ml 0,1 n yod eritmasi, buretkadan 37,5 ml 0,1 n *NaOH* eritmasi solinadi. Kolbalar tiqinlar bilan yopiladi va qorong'i joyda 15—20 minut tinch qoldiriladi. 20 minut o'tgach, kolbalarga 8 ml 1 % li sulfat kislotasi eritmasi solinadi va ajralib chiqqan yod 0,1 n giposulfit eritmasi bilan titrlanadi. Titrlash sariq bo'yalish hosil bo'lgunicha davom ettiriladi, so'ngra kolbaga 1 ml kraxmal eritmasi solinadi va titrlash ko'k rang yo'qolmaguncha yana davom ettiriladi. Agar aniqlash uchun B filtrat olinsa, unda xlor kislotasini metiloranj ishtirokida neytrallashtirish o'tkazilganligi tufayli titrlash ko'k rangni birdaniga och-qizg'ishga o'tishida yakunlanadi.

*Hisoblash.* Eng avvalo, tadqiq etilayotgan filtratdagi aldoguruhlarini oksidlashga ketgan 0,1 n giposulfit eritmasi va demak, yod miqdori aniqlanishi kerak. Buning uchun, nazorat eritmasidagi yodni titrlashga ketgan giposulfit miqdoridan ishchi tajribadagi yodni titrlashga ketgan giposulfit miqdorini ayirish, ayirmani esa 0,1 n giposulfit normalligi koeffitsiyentiga ko'paytirish kerak. Olingan bu qiymat aldoqandlarni (glukozani) oksidlashga sarflangan 0,1 n yodga aniq mos keladi. Yuqoridagi tenglamalarga ko'ra, 1 ml 0,1 n yod eritmasi 9,005 mg glukozani oksidlaydi. Bundan tahlil uchun olingan filtrat hajmidagi glukozani miqdorini oson hisoblash mumkin. Tahlil uchun olingan filtrat hajmiga mos keluvchi mahsulot namuna o'lchamini aniqlagan holda tegishli proporsiya tuzib, tadqiq etilayotgan mahsulotdagi glukozani miqdorini aniqlash mumkin.

### 3.6. Kletchatkani aniqlash

Kletchatka o'simliklarda tarqalishi bo'yicha barcha organik moddalar o'rtasida birinchi o'rinni egallaydi. U yuqori molekular polisaxarid hisoblanib, to'la gidrolizlanganda  $\beta$  — *D* glukozani molekulari, chala gidrolizlanganda esa  $\beta$  glukozid sellobioza hosil bo'ladi. Kletchatka (1—4)  $\beta$  glukozid bog'lari orqali birikkan glukozani birliklarining to'g'ri zanjiridan iborat. Klet-

chatka 1400 dan 10000 gacha glukoza qoldiqlariga ega. Kletchatka molekulari ipsimon xarakterga ega bo'lib, mitsella, deb nomlanadigan tutamlarga birlashgan. Har bir mitsella vodorod bog'lari bilan bog'langan 60 ta kletchatka molekularidan iborat. Vodorod bog'lari kletchatkani gidrooksid guruhlaridagi vodorod atomlari hamda kletchatka tomonidan adsorbsiya qilingan suv molekulari hisobida amalga oshiriladi. Kletchatka suvda erimaydi, ammo bo'kadi. Konsentrlangan sulfat kislotasi bilan qaynatilganda to'liq glukozaga aylanadi. Kuchsiz gidrolizlanishda esa sellobioza disaxaridiga parchalanadi.

Selluloza, shuningdek, sellobiozagacha o'sayotgan donlarda, ba'zi bakteriyalar va mog'orli zamburug'larda mavjud bo'ladigan selluloza fermenti bilan gidrolizlanishi mumkin. Faol selluloza kavsh qaytaruvchi hayvonlar oshqozonidagi bakteriyalarda ham mavjud bo'lib, bu hayvonlar uchun kletchatkaning hazm qilish imkoniyatini yaratadi. Kletchatka odamlar oshqozon-ichak yo'lida hech qanday ferment ta'sirida parchalanmaganligi sababli hazm bo'lmay o'tadi. U faqat yo'g'onichakdagi bakteriyalar ta'sirida qisman parchalanadi.

Kletchatka (selluloza) mustahkam birikma hisoblanib, unga, hatto konsentrlangan kislota va ishqorlar ham qiyin ta'sir etadi. Uni aniqlashning barcha usullari kletchatkaning aynan shu xususiyatiga asoslangan.

Kletchatka faqat o'simlik asosidagi oziq-ovqat mahsulotlarida uchraydi. Kletchatka miqdorini aniqlash qandolat mahsulotlarini (shokolad, kakao va boshq.), shuningdek, un va un mahsulotlari, meva-sabzavotli konservalar sifatini baholashda ishlatilishi mumkin.

Oziq-ovqat mahsulotlarida kletchatka doimiy ravishda u bilan turlicha bog'langan yo'ldosh moddalar qurshovida bo'ladi. Bu holat kletchatkaning toza holda aniqlanishini qiyinlashtiradi. Kletchatkani aniqlash uchun ko'pgina usullar taklif etilgan. Bularning hammasi yo'ldosh moddalar ajratib olingandan keyin kletchatkani vaznli tahlil etishga asoslangan. Bu moddalarni ajratish tadqiq etilayotgan mahsulotlarni gidrolizlovchi moddalar bilan ishlov berishga yoki oksidlashga asoslangan. Bu usullarning kamchiligi shundan iboratki, tadqiq etilayotgan mahsulotga bunday ishlov berishda kletchatka bilan yaqin bog'langan gemitselluloza va lignin qiyin ajratiladi. Bundan tashqari, kletchatkaning o'zini ham qisman gidrolizlanishi ro'y beradi. Shuning uchun bu usul-

larda aniqlanadigan kletchaka toza holdagi modda sifatida bo'lmaydi va u «nam» va «notoza» deb nomlanishi mumkin.

Quyida kletchatkani shokolad va kakaoda aniqlash uchun tavsiya etilgan «nam» kletchatkaning Kyurshner va Ganak bo'yicha aniqlash usuli keltirilgan.

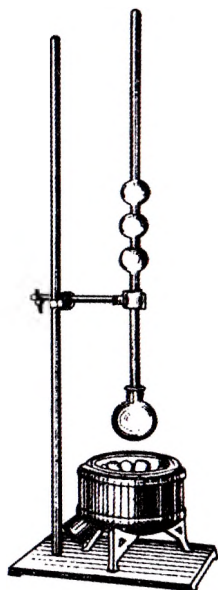
### 3.6.1. «Nam» kletchatkani Kyurshner va Ganak bo'yicha aniqlash

Bu usul tahlil etilayotgan mahsulotni oksidlovchi va gidrolizlovchi vositalar bilan ishlov berishga asoslangan. Oksidlovchi va gidrolizlovchi vositalar sifatida Kyurshner sirka, azot va uch xlor sirka kislotalaridan foydalanishni taklif etdi. Ushbu aralashma bilan ishlov berilgan kletchatka oq rangda bo'lib, bu uni lignindan to'liq ozod etilganligi belgisi hisoblanadi. Ammo bu usulda pen-tozanlar to'liq ajratilmaydi.

*Asbob va jihozlar.* Diametri 40 mm va hajmi 40—50 ml bo'lgan sharsimon tubli kolba (u teskari sharikli sovitgichni ulash uchun shlifovka qilingan bo'g'izga ega bo'lishi kerak); uzunligi 200 mm bo'lgan va kolbaga proshlifovka qilingan teskari sharikli sovitgich; 50 va 200 ml.ga mo'ljallangan o'lchov silindrlari; shishali filtr № 2.

*Reaktivlar.* 10 hajm 80 % li sirka kislotasi va 1 hajm zichligi 1,4 bo'lgan azot kislotasidan iborat kislota aralashmasi; etil spirti; etil efiri.

*Ishni bajarish tartibi.* Analitik tarozida 0,0002 g aniqlik bilan 0,3—0,5 g tadqiq etilayotgan mahsulot tortiladi va asbob kolbasiga o'tkaziladi. Unga 16,5 ml kislota aralashmasidan quyilib, kolbadagi suyuqlik ehtiyotkorlik bilan aralashtiriladi. Kolba teskari sovitgich bilan ulanadi (3.13-rasm) va tadqiq etilayotgan mahsulot qattiq zarrachani ichki devorida kuyib qolishining oldini olish maqsadida kolbadagi suyuqlik davriy aralashtirilib, 30 minut davomida qaynatiladi. Qaynatilish yakunlangach, kolbadan sovitgich ajratiladi va undagi suyuqlik oldindan 100—105°C da o'z-garmas massagacha quritilgan shishali filtr № 2 orqali filtrlanadi. Filtrdagi cho'kma birin-ketin kislotali aralashma, issiq suv, spirt, efir



3.13-rasm.  
Kryushner apparati.

bilan (yogʻ qoldiqlarini ajratish uchun), soʻngra yana issiq kislotali aralashma va issiq suv bilan sirka kislotasini hidi yoʻqolgunicha yuviladi. Choʻkma yana bir marta spirt, keyin efir bilan yuviladi va choʻkmali filtr 100—105°C haroratda oʻzgarmas massagacha quritiladi.

*Hisoblash.* Kletchatka miqdori  $X$  foizlarda quyidagi formula boʻyicha hisoblanadi:

$$X = \frac{(g_1 - g_2) \cdot 100}{g}$$

bu yerda,  $g_1$  — filtrning choʻkma bilan birgalikdagi massasi, g;  $g_2$  — filtrni choʻkmasiz massasi, g;  $g$  — tadqiq etilayotgan mahsulot namuna oʻlchami, g.

### 3.7. Azotli moddalarni aniqlash

Oqsilli moddalar, ularning organizm oziqlanishi va inson hayotidagi katta ahamiyati sababli, oziq-ovqat mahsulotlarining muhim azotli komponentlaridan hisoblanadi. Oziq-ovqat mahsulotlari bilan kelib tushayotgan oqsillar organizm tomonidan turli ehtiyojlar uchun, avvalo, barcha hujayra va toʻqimalardagi oqsillarni yangilash manbayi sifatida xizmat qiladi.

Inson organizmida 100 mingga yaqin oqsil turlari mavjud boʻlib, ular turli funksiyalarni bajaradi. Maʼlum turdagi oqsillar moddalar oʻzgarishi, parchalanishi va sintezining sababchisi boʻlib, almashinuv reaksiyalarini boshqarsa, boshqalari esa kimyoviy energiyani mexanikaviy energiyaga aylantiradi.

Oqsillarning maʼlum qismi organizm tomonidan tirik hujayrani tarkibiy qismlarini qurish uchun sarflanadi. Antitana oqsillari organizmni himoya funksiyalarini bajarishadi. Maxsus (spetsifik) oqsillar katta ahamiyatga ega boʻlib, masalan, qon gemoglobini organizm toʻqimalarini hayotiy muhim moddalar bilan taʼminlaydi.

Oziq-ovqat mahsulotlarida oqsil miqdori, odatda, azot miqdori boʻyicha Kyeldal usuli bilan aniqlanadi. Kyeldal usuli murakkab boʻlib, tahlil jarayoni uzoq vaqt davom etadi. Shuning bilan birga, aniq natijalar olish tadqiqotchidan yuqori malaka talab qiladi. Paydo boʻlishi vaqtidan boshlab, ushbu usul soddalashtirish va tahlil muddatini kamaytirish maqsadida bir necha marta oʻzgartirildi. Natijada hozirgi vaqtda usulni koʻpgina modifikatsiyalari mavjud. Bularda minerallashtirish sharoiti oʻzgartirildi, ammiakni tutib olish uchun turli kislotalar, shuningdek, turli katalizatorlar foydalaniladi.

Spektrofotometriya rivojlanishi bilan oqsilni bevosita miqdoriy aniqlashda rangli reaksiyalar, xususan, ammoniy ionlarini ba'zi reaktivlar (ningidrin, Nesler reaktivi) bilan bo'yalish reaksiyalari ishlatila boshlandi.

Kyeldal usulida (uni turli modifikatsiyalarida ham) umumiy, jumladan, nooqsil azot aniqlanadi. Oqsil miqdori esa olingan natijani mahsulot oqsillaridagi o'rtacha azot miqdoriga bog'liq bo'lgan aylantirish koeffitsiyentiga ko'paytirish bilan aniqlanadi. Bunday qayta hisoblashda, olingan natijalarning shartlilikiga ochiq ko'rinib turibdi.

Shu sababli keyingi yillarda tadqiq etilayotgan mahsulotlardagi oqsilni miqdoriy aniqlash uchun qator fizik-kimyoviy usullar taklif qilingan. Bu usullar oqsillarni ba'zi o'ziga xos xususiyatlariga asoslangan:

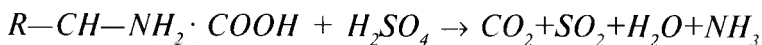
- ma'lum sharoitlarda oqsil konsentratsiyasiga bog'liq bo'lgan turli darajadagi xiralanishlarning hosil bo'lishi (nefelometrik usul);
- oqsillarning turli bo'yoqlarni adsorbsiya qilish xususiyati (Yudi usuli);
- oqsil peptid bog'larini mis ionlari bilan ishqoriy muhitda bo'yalgan kompleks birikmalar hosil qilish xususiyati (biuret usuli);
- oqsil peanpeptid zanjiri tarkibiga kiruvchi turli aminokislotalar faol guruhlarini o'ziga xos reaksiyalar berishi xususiyati (Louri usuli).

Yuqorida sanab o'tilgan usullar tezlashtirilgan usullar hisoblanib, ko'p vaqt talab qilmagan holda yetarlicha yuqori aniqlik va aniqlash soddaligi bilan ajralib turadi.

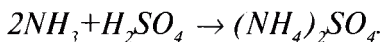
Quyida oziq-ovqat mahsulotlaridagi oqsillarni Kyeldal bo'yicha va kalorimetrik aniqlash usullari ko'rib chiqiladi.

### 3.7.1. Umumiy azotni Kyeldal bo'yicha aniqlash

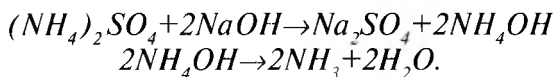
Ushbu usul mahsulot organik moddalarini konsentrlangan sulfat kislotasi bilan isitilganda karbonat angidrid ( $CO_2$ ), suv ( $H_2O$ ) va ammiakkacha ( $NH_3$ ) oksidlanishiga asoslangan. Bunda hosil bo'lgan  $CO_2$  va  $H_2O$  eritmadan chiqarib yuboriladi, ammiak esa ortiqcha sulfat kislotasi bilan reaksiyaga kirishib, ammoniy sulfat hosil qiladi va eritmada saqlanib qoladi:





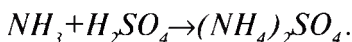


Mahsulot namuna o'Ichamining oksidlanishi (kuydirilishi) yakunlangandan keyin ortiqcha sulfat kislotasi ishqor yordamida neytrallanadi, ammoniy sulfat ko'rinishida bog'langan ammiak esa ortiqcha ishqor bilan siqib chiqariladi:



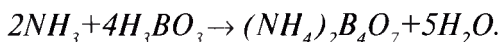
Haydash paytida ajralib chiqqan ammiak usul modifikatsiyasiga ko'ra, titrlangan sulfat kislotasi yoki bor kislotasi tomonidan yutilishi mumkin.

Ajralib chiqqan ammiak titrlangan sulfat kislotasining ortiqcha miqdori bilan tutib qolinganda, ammoniy sulfat tuzi hosil bo'ladi:

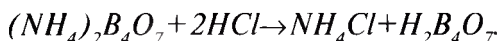


Bog'lanmay qolgan ortiqcha azot kislotasi ishqor bilan titrlanadi. Ammiak bilan bog'langan kislotasi miqdori tahlil uchun olingan kislotasi va titrlash uchun sarflangan ishqor miqdorlari ayirmasiga ko'ra aniqlanadi. Aynan ushbu ayirma bo'yicha tadqiq etilayotgan mahsulot namuna o'Ichamidagi azot foizi hisoblanadi.

Ajralib chiqqan ammiakning bor kislotasi tomonidan yutilishida, tetraborat ammoniy tuzi hosil bo'ladi:



Tetraborat ammoniy kuchsiz kislotasi tuzi sifatida xlor kislotasi bilan to'liq titrlanadi:



Titrlashda sarflangan xlor kislotasi millilitrlari miqdori haydayotgan eritmadagi azot milligrammlariga mos keladi.

Azotni aniqlashda parallel ravishda reaktivlar uchun bo'sh tajriba o'tkaziladi. Bunday tajriba ishchi tajribadagi tartibda, faqat mahsulot namuna o'Ichami o'rniga distillangan suv ishlatgan holda o'tkaziladi. Tadqiq uchun olingan mahsulot namuna o'Ichamidagi azot miqdori ishchi va bo'sh tajribalarda aniqlangan azot milligrammlari ayirmasi asosida hisoblanadi.

*Asbob va jihozlar.* Hajmi 100, 150, 250 ml bo'lgan Kyeldal kolbaları; hajmi 750 ml bo'lgan haydash kolbasi; shisha byuksalar;

hajmi 250 va 500 ml bo'lgan kolbalar; 25 va 50 ml.li buretkalar; 1000 ml.li o'lchov kolbasi; 25, 250 va 1000 ml.li o'lchov silindrlari; tomchilatgich; chinni hovoncha; mahsulot namuna o'lchamini tortish uchun probirka; ammiakni haydash uchun Kyeldal pribori; texnikaviy va analitik tarozilar; isitish asbobi; namuna o'lchami kuydirilgandan keyin kolbalarni saqlash uchun mo'ljallangan uyali quti.

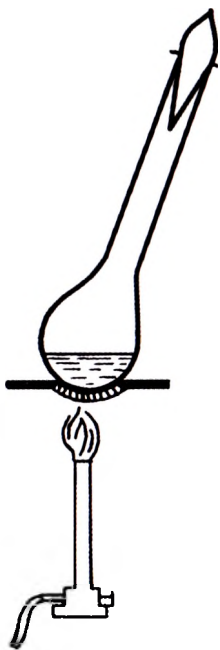
*Reaktivlar.* Zichligi 1,84 bo'lgan sulfat kislotasi; 0,1 n sulfat kislotasi eritmasi; 33 % li natriy gidrooksid eritmasi; mis sulfati (katalizator); pemza bo'laklari; indikator (100 ml bromkrezol yashilini to'yingan eritmasi va 40 ml metil qizilini suvli eritmalari aralashmasi).

*Ishni bajarish tartibi.* Umumiy azotni aniqlash quyidagi bosqichlardan iborat: mahsulotning namuna o'lchamini olish, kuydirish, ammiakni haydash va natijalarni hisoblash.

*Namuna o'lchamini olish.* Tarkibida yuqori miqdorda oqsilli moddalar, kraxmal va kam miqdorda suv va shakar bo'lgan oziq-ovqat mahsulotlari (donli, dukkakli va boshq.) havodagi quruq namuna o'lchamlarida tahlil qilinadi. Tarkibida ko'p miqdorda suv va shakarlar mavjud bo'lgan namuna o'lchamlari tadqiq etilganda, kuydirishning boshlanishi va uning davomida kolbadagi suyuqlik ko'piklanishi kuzatiladi.

Suyuqlikni kolbadan chiqarib yuborilishining oldini olish uchun 1 ml etil spirti solinadi. Quruq namuna o'lchamini kuydirilishi sekin kechadi va parallel aniqlashlar o'rtasida farqlar kuzatiladi.

Umumiy azotni aniqlashda namuna o'lchamini unda 30—70 mg azot mavjud bo'lishi hisobida olish tavsiya etiladi. Hayvon mahsulotlari namuna o'lchami, odatda, 1 g.gacha, o'simlik mahsulotlariniki esa 1 g.dan yuqori (oqsilga boy dukkaklilar bundan istisno bo'lib, ular namuna o'lchami 1 g.dan oshmaydi) bo'ladi. Tadqiq etilayotgan mahsulotlar oldindan maydalanishi kerak. Namuna o'lchami probirkadagi massalar ayirmasiga ko'ra olinadi. Dastlab, probirka texnikaviy tarozilarda tortiladi va unda kerakli miqdorda tadqiqot etilayotgan mahsulot tortiladi. So'ngra namuna o'lchami o'lchab olingan probirka massasi analitik tarozida aniqlanadi. Kyeldal kolbasiga, avval uni gorizontal holatida solinadi. Keyin probirka vertikal holatga keltirilib, mahsulot uning ichiga to'kiladi. Mahsulot qoldiqlari saqlanib qolgan probirka analitik tarozida tortiladi, birinchi va ikkinchi tortishlar ayirmasi bo'yicha namuna o'lchamining aniq massa qiymati topiladi.



3.14-rasm. Shisha qopqoqli Kyeldal kolbasi.

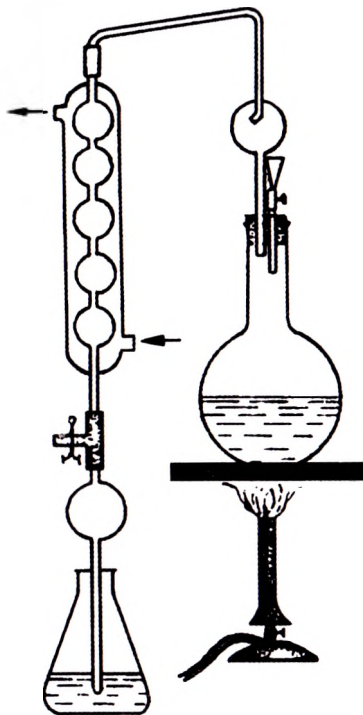
*Kuydirish.* Kolbadagi modda ustiga 20 ml konsentrlangan sulfat kislotasi quyiladi va oksidlanish katalizatori sifatida 0,1 g mayda mis sulfat zarrachasi solinib, kolba og'ma holatida shtativga mahkamlanadi (3.14-rasm). So'ngra kolbaga 1 ml etil spirti quyilib, ehtiyotlik bilan isitiladi. Agar tadqiq etilayotgan mahsulotda yog' miqdori ko'p bo'lsa, isitilishi oldidan kolba 4—6 soat saqlanishi kerak.

Oq bug'lar ajralib chiqishi va suyuqlik ko'piklanishi tugagach, kolbaning isitilishi kuchaytiriladi. Agar namuna o'lchami ko'p miqdorda suvga ega bo'lsa, dastlab ehtiyotlik bilan isitish orqali suyuqlikdagi suv bug'lantiriladi va keyin kuydirish havotortgich shkafida davom ettiriladi. Bu eritmaning to'liq tiniqlashgunicha, odatda, 3 soat davom etadi. Yog' kislotalarining to'liq parchalanishi uchun kuydirishni yana bir soat davom ettirish tavsiya etiladi.

*Ammiakni haydash.* Kuydirish yakunlangach, kolba gorelkadan olinadi, asbest bilan to'shalgan maxsus uyali qutiga joylashtirilib, birmuncha sovitilgach, undagi suyuqlik haydash kolbasiga quyiladi. Kolba 100—150 ml distillangan suv bilan 4—5 marta chayilib, chayilgan suvlar ham o'sha haydash kolbasiga quyiladi. Bunda suv haydash kolbasiga ehtiyotkorlik bilan, dastlab, devori bo'yicha tomchilatib quyilishi kerak, chunki kuydirilgan kislotali aralashma suv bilan issiq holatida suyultiriladi. Aralashma to'liq sovitilganda, sulfat tuzlari cho'kmaga tushadi va suv bilan suyultirilganda sekin eriydi. Haydash paytidagi turtkilarni kamaytirish maqsadida kolbaga bir necha pemza bo'lakchalari solinadi. Sovitgich oxiriga trubka ulanadi va u ammiakni tutish uchun 50 ml 0,1 n sulfat kislotasi quyilgan qabulqilgich idishga tushiriladi. Qabulqilgich idishi sifatida hajmi 300 ml bo'lgan konusli kolba ishlatiladi. Kislotaga 2—3 tomchi indikator tomiziladi va u qizil-binafsharanga bo'yaladi.

Ammiakni haydash jarayonida yo'qolishning oldini olish maqsadida, haydash asbobining barcha qismlari o'zaro zich mahkamlanadi (3.15-rasm).

Haydash kolbasiga uning probkasiga joylashtirilgan bo'luvchi voronka orqali to'liq neytrallanish va ammiakni siqib chiqarilishi uchun 100 ml 33 % li ishqor eritmasi quyiladi. Bunda sovitgichga ulangan trubka uchi detsinormal kislotasiga cho'ktirilgan bo'lishi diqqat bilan kuzatiladi. Aks holda, kolbaga ishqor quyilgach, dastlabki 15 minut davomida ajralib chiqayotgan ammiak titrlangan kislotasiga bog'lanmaydi va demak, hisobga olinmasligi mumkin. Ishqor quyilgandan so'ng haydash kolbasidagi suyuqlik aralashtiriladi va dastlab sekin, so'ngra esa kuchli isitilib, qaynashgacha olib boriladi. Bunda qaynash sekinlashmasligi va kislotaning qabul kolbasidan haydash kolbasiga tortib olinmasligi diqqat bilan kuzatiladi. Haydash boshlanishdan 15 minut o'tgach, sovitgichga ulangan trubkani kislotadan chiqarish



3.15-rasm. Ammiakni haydash asbobi.

mumkin, chunki bu vaqtga kelib, gaz holatidagi ammiakning ajralishi yakunlanadi. Haydash distillat ammiakka manfiy reaksiya bergunicha davom ettiriladi. Buni distillat bilan ho'llangan qizil lakmus qog'ozini yordamida tekshirish mumkin. Agar lakmus qog'ozini bilan ishqoriy reaksiya (musbat reaksiya) qayd qilinsa, haydash yana davom ettiriladi. Haydash jarayoni, odatda, 40—60 minut davomida yakunlanadi. Ammiak to'liq haydalgandan keyin trubka distillangan suv bilan yuviladi va kolba asbobdan ajratiladi va isitish to'xtatiladi. Ammiakni haydashda qabul kolbasidagi sulfat kislotasining rangini kuzatish kerak. Tadqiq etilayotgan namunadagi azot miqdori yuqori bo'lganda, haydash yakunlanmasdan turib, qabul qilish kolbasidagi sulfat kislotasi ammiak bilan to'liq bog'lanishi mumkin. Buni qabul qilish idishidagi suyuqlik rangini o'zgarishiga ko'ra (indikator rangi kislotada qizil-binafsha, neytrallashda esa yashil) aniqlash mumkin. Bunday holda qabul kolbasiga buretka orqali yana 25 yoki 50 ml 0,1 n sulfat kislotasi quyiladi.

Haydash yakunlangandan so'ng ortiqcha sulfat kislotasi qabul kolbasida 0,1 n natriy gidrooksid eritmasi bilan suyuqlikni yashil bo'yalishga o'tgunicha titrlanadi.

*Hisoblash.* Azotning umumiy miqdori ( $X$ ) foizlarda quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$X = \frac{(V_1 \cdot k_1 - V_2 \cdot k_2) \cdot 0,0014 \cdot 100}{g}$$

bu yerda,  $V_1$  — qabul kolbasidagi detsinormal sulfat kislotasi miqdori, ml;  $k_1$  — detsinormal sulfat kislotasini normallik koef-fitsiyenti;  $V_2$  — kislotani titrlashga sarflangan 0,1 n natriy gidrooksid miqdori, ml;  $k_2$  — 0,1 n ishqor eritmasining normallik koef-fitsiyenti;  $g$  — tadqiq etilayotgan mahsulot namuna o'lchami, g; 0,0014 — 1 ml 0,1 n sulfat kislotasi eritmasiga mos keluvchi azot miqdori, g; 100 — foizga qayta hisoblash.

Oziq-ovqat mahsulotlaridagi umumiy azotni Kyeldal usulida aniqlashda, mahsulot namuna o'lchamini kuydirishda hosil bo'lgan ammoniy tuzi ishqor bilan parchalanadi. Bunda ajralib chiqayotgan ammiak bor kislotasi tomonidan ham yutilishi mumkinligi yuqorida ta'kidlangan edi. Hosil bo'lgan tetraborat ammoniy xlor kislotasi bilan titrlanadi va mahsulot namuna o'lchamidagi azot miqdori aniqlanadi. Quyida umumiy azotni Kyeldal usulida aniqlash uchun bu modifikatsiyasining o'ziga xos xususiyatlari ko'rib chiqiladi.

Tahlilni o'tkazish uchun quyidagi reaktivlar zarur bo'ladi:

zichligi 1830—1840  $\frac{kg}{m^3}$ , bo'lgan konsentrlangan sulfat kislotasi; kaliy sulfat; katalizatorlar (qizil simob oksidi yoki mis sulfat); natriy sulfid; natriy gidrooksidi; bor kislotasi; tetraborat natriy (xlor kislotali eritmasini tuzatish koeffitsiyentini aniqlash uchun); 0,1 n.li xlor kislotasi; metil qizili, metil ko'ki indikatorlari; rektifi-katsiyalangan yoki texnikaviy etil spirti; distillangan suv.

Reaktivlar quyidagicha tayyorlanadi: natriy gidrooksid eritmasini tayyorlash uchun 500 g natriy gidrooksidi 1000 sm<sup>3</sup> distillangan suvda eritiladi. Katalizator sifatida qizil simob oksidi ishlatilganda natriy gidrooksid eritmasiga natriy sulfid qo'shiladi, ya'ni 500 g natriy gidrooksid va 12 g natriy sulfid 1000 sm<sup>3</sup> distillangan suvda eritiladi. Qo'sh indikatorni tayyorlash uchun 2 g metil qizili va 1 g metil ko'ki 1000 sm<sup>3</sup> 96° li rektifikatsiyalangan etil spirtida eritiladi.

Barcha reaktivlar azotlanuvchi moddalardan ozod qilingan bo'lishi kerak.

*Ishni bajarish tartibi.* Hajmi  $500 \text{ sm}^3$  bo'lgan Kyeldal kolbasiga birin-ketin bir necha shisha munchoqlar yoki chinni bo'lakchalari, 10 g sulfat kaliy, 0,5 g simob oksidi yoki 0,04 g mis sulfati solinadi. Mahsulot namuna o'lchami (masalan,  $5 \text{ sm}^3$  sut) shisha byuksaga tortib olingach, qopqog'i yopilib, massasi o'lchanadi. Mahsulot byuksadan ehtiyotkorlik bilan yuqorida ko'rsatilgandek Kyeldal kolbasiga quyiladi. Bo'sh byuksa yana tortiladi va massalar ayirmasi bo'yicha tahlil uchun olingan mahsulot massasi aniqlanadi. Kolbaga  $20 \text{ sm}^3$  sulfat kislotasi ehtiyotlik bilan quyiladi, uning og'zi noksimon shishali tiqin bilan bekitiladi va sekin aylanma harakatlar bilan undagi suyuqlik aralashtiriladi.

Kolba  $45^\circ$  burchak ostida isitish asbobiga joylashtiriladi va isitiladi. Mahsulot namuna o'lchamini kuydirish yuqorida keltirilgan tartibda kolbadagi suyuqlik mutlaqo tiniq va rangsiz (katalizator sifatida simob oksidi ishlatilganda) yoki yengil moviy rangga (mis sulfati ishlatilganda) erishgunicha davom ettiriladi. Eritma tiniqlashgach, isitish yana 1,5 soat davom ettiriladi. So'ngra kolbadagi suyuqlik xona haroratigacha sovitiladi. Unga  $150 \text{ sm}^3$  distillangan suv va bir necha yangi qizdirilgan pemza bo'lakchalari solingach, yana sovitiladi.

Konusli qabul kolbasiga  $50 \text{ sm}^3$  bor kislotasi quyiladi va 4 tomchi indikator tomizilib, aralashtiriladi. Bunda eritma binafsharangga bo'yaladi. Kolba sovitgich bilan allonj va rezina tiqin yordamida shunday ulanishi kerakki, allonj bor kislotasiga birmuncha cho'ktilirilgan holatda bo'lsin. So'ngra Kyeldal kolbasi sovitkich bilan bo'luvchi voronka o'rnatilgan bitta tiqin orqali o'tuvchi tomchitutgich yordamida ulanadi. O'lchov silindriga  $80 \text{ sm}^3$  natriy gidrooksid eritmasi o'lchanadi va bo'luvchi voronka orqali Kyeldal kolbasiga solinadi. Eritma to'liq solingach, hosil bo'layotgan ammiak yo'qotilishining oldini olish maqsadida bo'luvchi voronka krani zudlik bilan bekitilishi kerak.

Kyeldal kolbasidagi suyuqlik aralashtiriladi va qaynaguncha isitiladi. Bunda haydash jarayoni yuqorida ko'rsatilgan qoidalarga rioya qilingan holda amalga oshirilishi kerak. Isitish darajasi shunday o'rnatilishi kerakki, distillatsiya vaqti 20 minutdan kam bo'lmasin. Haydash davomida qabul kolbasidagi suyuqlik binafshadan yashil rangga o'tadi. Ammiakning to'liq haydalganiga ishonch hosil qilish uchun haydash yangi bor kislotasi porsiyasida ( $20 \text{ sm}^3$ ) 5 minut davomida amalga oshiriladi. Bunda eritma rangi o'zgarmay qolishi kerak. Jarayon yakunlangach, konusli kolba, allonjning

uchki qismi bor kislotasini yuzasidan yuqoriroq holatga joylashgunicha, pastga tushiriladi va haydash 1—2 minut davom ettiriladi. So'ngra isitish to'xtatiladi va allonj ajratiladi. Allonjning ichki va tashqi yuzalari unchalik ko'p bo'lmagan miqdordagi distillangan suv bilan yuvilib, konus kolbaga tushiriladi. Shundan so'ng qabul kolbasidagi suyuqlik rangi yashildan binafsharangga o'tgunicha 0,1 n xlor kislotasi bilan titrlanadi.

Parallel ravishda ishchi tajribadagi tartibda, faqat mahsulot namuna o'lchami o'rniga shuncha miqdordagi distillangan suvdan foydalangan holda bo'sh tajriba o'tkaziladi.

Umumiy azot miqdori (% da) quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$N_{um} = \frac{1,4 \cdot n \cdot k(V_1 - V_0)}{m},$$

bu yerda,  $n$  — xlor kislotasi normalligi,  $n=0,1$ ;  $k$  — xlor kislotasi eritmasini tuzatish koeffitsiyenti;  $V_1, V_2$  — tegishlicha ishchi va bo'sh tajribalardagi distillatni titrlash uchun sarflangan 0,1 n xlor kislotasi miqdori,  $sm^3$ ;  $m$  — tahlil uchun mahsulot namuna o'lchami, g.

Yakuniy natija sifatida ikki parallel aniqlashning o'rta arifmetik qiymati qabul qilinadi. Parallel aniqlashlar o'rtasidagi farq 0,03 % dan oshmasligi lozim.

### 3.7.2. Oqsil miqdorini kalorimetrik usulda aniqlash

Ushbu usul tadqiqot sinovlari uchun mo'ljallangan bo'lib, sutdagi umumiy oqsillar miqdorini aniqlashda keng qo'llaniladi.

Usul ma'lum  $pH$  qiymatlarida sut oqsillarining kislotali xarakterdagi bo'yoqlar bilan erimaydigan kompleks birikmalar hosil qilishiga asoslangan. Natijada bo'yoq eritmasining optik zichligi oqsil miqdoriga proporsional ravishda pasayadi. Erimaydigan kompleks ajratilgach, birikmay qolgan bo'yoq eritmasini optik zichligi o'lchanadi va darajalangan grafik bo'yicha sutdagi oqsil miqdori aniqlanadi.

Tahlilni o'tkazish uchun oldindan bo'yoqning suvli eritmasi, bufer eritma va ular asosida ishchi eritma tayyorlanishi kerak. Ishchi eritmaning to'g'ri tayyorlanganligi bo'yoq konsentratsiyasi va eritma  $pHi$  bo'yicha tekshirilishi mumkin.

I. *Bo'yoqning suvli eritmasini tayyorlash.* To'rtinchi aniqlik sinfidagi laboratoriya tarozilarida 5,40 g kislotali ko'k-qora bo'yoq tortib olinadi, hajmi 500 ml bo'lgan issiqlikka chidamli kolbaga o'tkaziladi va 200 ml distillangan suv quyiladi. Kolbadagi suyuqlik yaxshi aralashtiriladi, bo'yoqning to'liq erishi uchun 70°C dan yuqori bo'lmagan haroratgacha isitiladi va keyin 20±2°C gacha sovutiladi.

II. *Bufer eritmasini tayyorlash.* Buning uchun dastlab 31,70 g limon kislotasi, 0,6 g timol va 8,40 g 12-molekula suv gidratlangan natriy gidrofosfat ( $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$ ) yoki 3,40 g natriy gidrofosfat tortib olinadi. Reaktivlar hajmi 750 ml bo'lgan issiqlikka chidamli kolbaga o'tkazilib, unga 400 ml distillangan suv quyiladi. Reaktivlarning tezda erishi uchun kolbadagi suyuqlik aralashtiriladi, 70°C dan yuqori bo'lmagan haroratgacha isitiladi va keyin 20±2°C gacha sovutiladi. Bufer eritmasini timolsiz ham tayyorlash mumkin.

III. *Kislotali ko'k-qora bo'yoqning ishchi eritmasini tayyorlash.* Hajmi 2000 ml bo'lgan o'lchov kolbasi distillangan suv bilan yuviladi. Ushbu kolbaga qog'ozli filtr joylashtirilgan voronka orqali dastlab yuqorida tayyorlangan bo'yoqni suvli eritmasi va so'ngra bufer eritmasi quyiladi. Voronkadagi qog'ozli filtr bo'yoq izlari to'liq yo'qolguncha distillangan suv bilan yuviladi. Kolbadagi suyuqlikka 0,2 ml yordamchi modda (OP-7) solinadi. Shundan so'ng kolbadagi suyuqlik hajmi distillangan suv bilan kolba belgisigacha yetkaziladi va diqqat bilan aralashtiriladi. Ishchi eritma ishlatilishi oldidan 12 soat saqlanishi kerak.

IV. *Ishchi eritmaning to'g'ri tayyorlanganligini tekshirish.* Ishchi eritmadagi bo'yoq konsentratsiyasi quyidagicha aniqlanadi. Hajmi 200 ml bo'lgan o'lchov kolbasiga pipetka bilan 2 ml bo'yoqning ishchi eritmasi quyiladi, kolbadagi hajm distillangan suv bilan belgisigacha yetkaziladi va aralashtiriladi. So'ngra ishchi eritmaning 100 marta suyultirilgan bu eritmasi optik zichligi fotoelektrokolorimetrda aniqlanadi. Aniqlash ishchi uzunligi 10 mm bo'lgan kyuvetada, 590—600 nm nurlanish to'lqin uzunligida distillangan suvga nisbatan amalga oshiriladi. Kalorimetrni 3—5 ko'rsatishlari qayd qilinadi va natijalarni o'rta arifmetik qiymati hisoblanadi. 100 marta suyultirilgan bo'yoq ishchi eritmasi optik zichligi 0,820±0,030 ni tashkil etishi kerak. Agar bo'yoq eritmasi optik zichligi 0,820±0,030 dan past bo'lsa, u yuqorida ko'rsatilganidek, kislotali ko'k-qora bo'yoq namuna o'lchamini, pro-



porcional ravishda oshirish yo'li bilan qayta tayyorlanadi. Agar bo'yoq ishchi eritmasi optik zichligi  $0,820 \pm 0,030$  dan yuqori bo'lsa, u holda unga bufer eritmasi quyiladi. Bo'yoq ishchi eritmasini suyultirish uchun kerak bo'ladigan bufer eritmasini talab qilinadigan hajmi (ml.da) quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$V=V_1(k-1),$$

bu yerda,  $V_1$  — bo'yoq ishchi eritmasining boshlang'ich hajmi, ml;  $k$  — qayta hisoblash koeffitsiyenti.

Qayta hisoblash koeffitsiyenti ( $k$ ) quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$k = \frac{P_2}{P_1},$$

bu yerda,  $P_1$  — suyultirilgan bo'yoq ishchi eritmasining optik zichligi (0,820);  $P_2$  — o'lgan optik zichlik.

*Bo'yoq ishchi eritmasidagi pH ni tekshirish.* Eritmaning pH ko'rsatkichi  $2,40 \pm 0,10$  ni tashkil etishi kerak. Agar pH ko'rsatilgan qiymatga mos kelmasa, unda u konsentrlangan sulfat kislota yoki natriy gidrooksid qo'shish yo'li bilan to'g'rilanadi. Bo'yoq ishchi eritmasi sovitgichda qora shishali idishlarda 12 oydan ortiq saqlanmaydi. Timolsiz tayyorlangan eritma esa 4 oydan ko'p saqlanmasligi lozim.

*V. Darajalangan grafikni tuzish.* Oqsil miqdori 2,5 dan 4,5 % gacha bo'lgan 10 ta turli sut namunalarida oqsil miqdori Kyeldal usulida aniqlanadi. Ushbu namunalar uchun quyida bayon etilgan usul bo'yicha optik zichlik aniqlanadi. Olingan natijalar bo'yicha eng mayda kvadratlar usuli bilan optik zichlikni ( $P$ ) sutdagi oqsil miqdori ( $s$ )ga bog'liqligini aks ettiruvchi  $P=a-bc$  regression tenglamasi uchun  $a$  va  $b$  qiymatlari hisoblanadi.

Darajalangan grafik hosil qilingan tenglama asosida oqsil miqdoring ikki qiymatida (2,5 va 4,5 %) tuziladi. Buning uchun absissa o'qiga oqsil miqdori haqidagi qiymatlar, ordinata o'qiga esa (regressiya tenglamasidan hisoblangan) ularga mos keluvchi optik zichliklar qiymatlari quyiladi. Yil mavsumi o'zgarishida yoki yangi bo'yoq partiyasi ishlatilganda darajalangan grafik to'g'riligi Kyeldal usulida tadqiq etilayotgan 2—3 sut namunasi bo'yicha tekshiriladi. Agar Kyeldal va grafik bo'yicha aniqlangan oqsil miqdorlari o'zaro  $\pm 0,05$  % dan ortiq farqlansa, unda yangi darajalangan grafik tuziladi.

### *Ishni bajarish tartibi.*

1. Shisha probirkaga 1 ml tadqiq etilayotgan sut o'lchanadi va unga 20 ml ko'k-qora bo'yoqning ishchi eritmasi quyiladi.

2. Probirka rezinali tiqin bilan bekitilib, 5—6 marta 30 sekund davomida aylantiriladi. Bunda probirkani siltash mumkin emas, chunki qiyin buziladigan ko'pik hosil bo'ladi.

3. Hosil bo'lgan erimaydigan kompleksni ajratish uchun probirka sentrifugada  $1500 \frac{ayl.}{min.}$  aylanish chastotasida 10 minut yoki  $1000 \frac{ayl.}{min.}$  da esa 15 minut davomida aylantiriladi.

4. Hajmi 200 ml.li o'lchov kolbasiga pipetka yordamida 2 ml cho'kma ustki suyuqlik o'lchab olinib quyiladi. Kolbadagi hajm distillangan suv bilan belgisigacha yetkaziladi va diqqat bilan aralashtiriladi.

5. Fotokalorimetrda ishchi uzunligi 10 mm bo'lgan kyuvetada va 590—600 nm nurlanish to'liq uzunligida, 100 marta suyultirilgan cho'kma ustki suyuqligini optik zichligi distillangan suvga nisbatan aniqlanadi. Aniqlash ikkita parallel namunalarda o'tkaziladi. Har bir namuna uchun 3—5 ko'rsatishlar qayd qilinadi va keyin o'rta arifmetik qiymat hisoblanadi. Har 24 aniqlashdan keyin kyuveta 5 % li 12 molekula suv gidratlagan natriy gidrofosfat eritmasi bilan yuviladi.

6. Darajalangan grafik yordamida o'rtacha optik zichlik qiymatlarida sutdagi oqsil miqdori aniqlanadi. Yakuniy natija sifatida ikki parallel aniqlashlar natijalarini o'rta arifmetik qiymati qabul qilinadi. Ular o'rtasida farq 0,05 % dan oshmasligi kerak.

### **3.8. Oziq-ovqat mahsulotlaridagi yog'larni aniqlash**

Yog'lar ko'pgina oziq-ovqat mahsulotlarining tarkibiga kiradi. Yog'lar va yog'ga o'xshash moddalarning umumiy xususiyati — ularning suvda erimasligi va organik erituvchilarda (efir, geksan, pentan, xloroform, benzin, spirt va boshq.) yaxshi eruvchanligidir. Yog'larning u yoki bu oziq-ovqat mahsulotlarida aniqlashni ma'lum guruh usullari aynan shu xususiyatlardan foydalanishga asoslangan.

Tadqiq etilayotgan mahsulotdan yog' miqdorini aniqlashning quyidagi usullarini farqlash mumkin:

1. Yog'ni erituvchilar yordamida ajratib olishga asoslangan usullar.
2. Kislotali usul.
3. Yog'larni aniqlashning turbidimetrik usuli.

Erituvchilar yordamida ajratib olinadigan moddalar shartli ravishda «nam» yog' deb nomlanadi va uning tarkibida yog'lardan tashqari yog'ga o'xshash moddalar, ozod yog' kislotalari, vosk, sterinlar va boshqa organik birikmalar sinfiga mansub moddalar (aldegidlar, ketonlar va boshq.) kiradi.

Erituvchilar yordamida ajratib olishga asoslangan usullar o'z o'rnida to'rt guruhga bo'linadi.

*Birinchi guruh usullari.* Ma'lum miqdor mahsulotdagi yog' erituvchi yordamida ko'p marotabali ekstraksiyalash yo'li bilan ajratib olinadi. Bu jarayon moddadagi yog' miqdori o'ta past qiy-matlarga erishgunicha davom ettiriladi. Keyin olingan ekstrakt dan erituvchi haydaladi, nam yog'ga ega bo'lgan qoldiq quritiladi va tarozida tortiladi.

*Ikkinchi guruh usullari.* Og'zi zich yopiladigan kolbada ma'lum miqdordagi mahsulotda mavjud bo'lgan yog'lar erituvchi bilan to'liq eritiladi. So'ngra eritma filtrlanadi, erituvchi haydaladi, qoldiq quritiladi va tarozida massasi aniqlanadi. Bu guruhdagi usullar bajarilishi bo'yicha oddiy, ammo birinchi guruh usullariga nisbatan pasaytirilgan natija beradi.

*Uchinchi guruh usullar.* Ma'lum miqdordagi mahsulot undagi yog'lar to'liq chiqarib yuborilgunicha erituvchi bilan ekstraksiya qilinadi. Yog'sizlantirilgan qoldiq quritiladi va massasi aniqlanadi. So'ngra moddaning boshlang'ich va ekstraksiyadan keyingi massalari o'rtasidagi ayirma bo'yicha mahsulotdagi yog' miqdori aniqlanadi.

*To'rtinchi guruh usullari.* Bu usullarning mohiyati shundan iboratki, ma'lum miqdordagi oziq-ovqat mahsulotidan yog' yuqori sindirish ko'rsatkichiga ega bo'lgan erituvchi yordamida ajratiladi. Tadqiq etilayotgan mahsulotdagi yog' miqdori erituvchi va undagi yog' eritmasi sindirish ko'rsatkichlari ayirmasiga ko'ra aniqlanadi.

Erituvchilar yordamida yog'ni ajratib olishga asoslangan usullar oziq-ovqat mahsulotlaridagi yog'larning miqdoriy aniqlashni asosiy usuli hisoblanadi. Bunda parallel aniqlashlar o'rtasidagi farq 0,2 % dan oshmaydi.

Yog'larni aniqlashning kislotali usuli tezlashtirilgan usul bo'lib, qator oziq-ovqat mahsulotlaridagi (sut va sut mahsulotlari, birinchi va ikkinchi taomlar) yog'larni miqdoriy aniqlashda ishlatiladi. Parallel aniqlashlar o'rtasidagi farq 0,1—0,5 % dan oshmaydi.

Yog'larni aniqlashning asbobli turbidimetrik usuli yorug'lik oqimini yog' qatlamidan o'tishida nur sochilishi sababli uning intensivligi pasayishi darajasini fotometrik o'lchashga asoslangan. Bu usul sutdagi yog' miqdorini aniqlash uchun mo'ljallangan bo'lib, ГOCT 5867-90 da batafsil yoritilgan. Bu usulda parallel aniqlashlar o'rtasidagi farq 0,05 % dan oshmaydi.

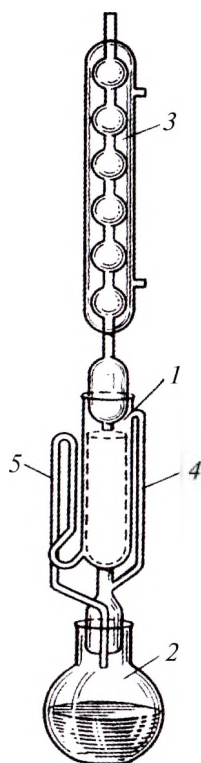
### 3.8.1. Yog' miqdorini ekstraksiyon aniqlash usuli

Bu usul tadqiq etilayotgan mahsulotning quruq namuna o'lchamidan yog'ni erituvchi yordamida Sokslet apparatida ajratib olishga asoslangan.

Erituvchi sifatida ko'p hollarda etil efiri ishlatiladi. Ammo etil efiri bilan tadqiq etilayotgan mahsulotdan, nafaqat, yog'lar, balki ko'pgina yo'ldosh moddalar (fosfatidlar, sterinlar, erkin yog' kislotalari, ba'zi bo'yovchi moddalar) ham ajratiladi. Shuning uchun yog'ni miqdoriy aniqlashda efir bilan ajratilgan hamma moddalar umumiy hisobga olish bilan chegaralaniladi. Efir bilan ekstraksiyalashda mahsulot quruq bo'lishi kerak, chunki namlik yog'ga yo'ldosh bo'lgan moddalarning qo'shimcha ajralishiga ko'maklashadi. Shu sababli yog'larni ajratish uchun suvsizlantirilgan efir ishlatish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Sokslet apparati (3.16-rasm) quyidagi qismlardan iborat: ekstraktor (1), qabulqiluvchi kolba (2) va teskari sovitgich (3). Asbobning barcha qismlari bir-biriga shlif yordamida zich ulanadi. Asbobning asosiy qismi ekstraktor hisoblanib, u ikki yon trubkalari bilan ta'minlangan silindr idishdan iborat. Yon trubkalarining biri (4) kengroq bo'lib, erituvchi bug'larini sovitgichga o'tkazishga xizmat qiladi. Nisbatan ingichka trubka (5) efir ekstraktini kolbaga o'tkazuvchi sifon hisoblanadi.

*Asbob va jihozlar.* Yog'ni ekstraksiya qilish uchun Sokslet apparati; analitik tarozilar; filtr



3.16-rasm. Yog'ni Sokslet bo'yicha miqdoriy aniqlash asbobi:

- 1 — ekstraktor;
- 2 — qabul kolbasi;
- 3 — sovitgich;
- 4 — diametri kengroq trubka; 5 — diametri ingichka trubka.

qog'ozdan tayyorlangan paket; hovoncha, qirg'ich, laboratoriya tegirmoni yoki tadqiq etilayotgan mahsulotning boshqa maydalah moslamasi; elektrli suv hammomi; suvsizlantirilgan etil efiri.

*Ishni bajarish tartibi.* Tadqiqot etilayotgan mahsulotdagi taxminiy yog' miqdoriga ko'ra, 5—10 g mahsulot namuna o'lchami olinadi. Massani aniqlash analitik tarozilarda 0,05 g aniqlikda amalga oshiriladi. Tarozida tortilgach, idishdagi mahsulotga 2—3 hissa miqdordagi suvsiz natriy fosfat yoki natriy sulfat solinadi va aralashma namuna o'lchamini suvsizlantirish maqsadida yaxshi aralastiriladi. Suvsizlantirilgan namuna o'lchami miqdor bo'yicha filtr qog'ozli paketga o'tkaziladi va Sokslet apparatini ekstraktoriga (1) joylashtiriladi. Filtr qog'ozdan tayyorlangan paket sifon trubkasining (5) yuqori burilmasidan pastroq joylashishi va uning diametri eksikator ichki diametridan birmuncha maydaroq bo'lishi lozim.

Quruq (105°C da quritilgan) va toza Sokslet apparatini qabul kolbasi (2) analitik tarozilarda tortiladi hamda unga etil efiri quyiladi (uni  $\frac{2}{3}$  dan  $\frac{3}{4}$  hajmigacha). Efir hajmi eksikator ichki hajmidan 1,5—2 marotaba katta bo'lishi kerak. Shundan so'ng, Sokslet apparatining kolbasi eksikatorga, unga esa sovitgich ulanadi. Sovitgichga sovuq suv beriladi va efir solingan kolba suv hammomida isitiladi. Qaynash bir me'yorda kechishi kerak. Qattiq qaynashda bir qism efir uchib ketishi mumkin, sust qaynashda esa efirning ekstraktor yon trubkasida qisman kondensatsiyalanishi sababli, uning trubka bo'yicha oqib tushish davriyligi buziladi. Efirning qaynayotgan bug'lari ekstraktor keng trubkasi bo'ylab sovitgichga o'tadi, kondensatsiyalanadi va efir tomchilari mahsulot joylashtirilgan paketga oqib tushadi.

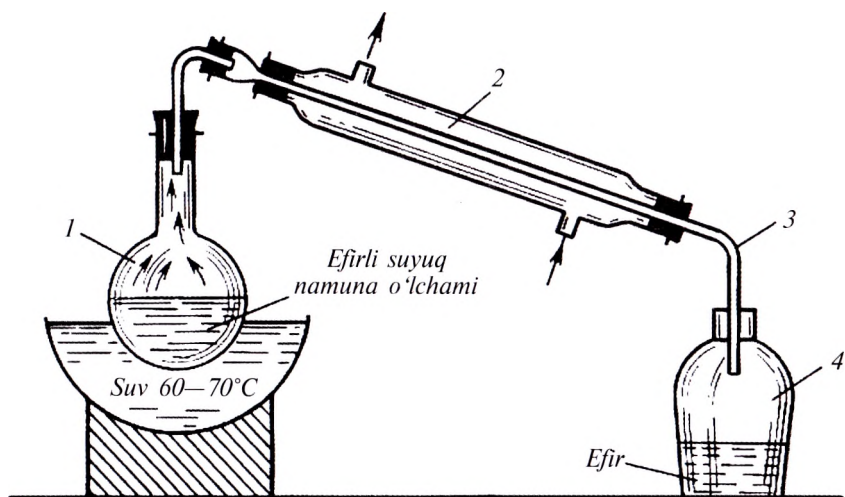
Ekstraktor asta-sekin efir bilan to'ladi va mahsulotdan yog' ajraladi. Ekstraktordagi efir sifon trubkasini yuqori burilmasidan yuqoriga ko'tarilganida, u sifon bo'ylab kolbaga oqib tushadi. Kolbaga oqib tushgan efir isishi davomida qayta bug'lanadi, bug'lar yana sovitgichga ko'tariladi, yog' esa kolbada qolaveradi va hokazo. Shunday qilib, unchalik katta bo'lmagan erituvchi bilan olingan mahsulot namuna o'lchamidagi yog'ni qabul kolbasiga o'tkazishi mumkin.

Ekstraksiyalash oxiri haqida ekstraktordan oqib tushayotgan efindan filtr qog'ozi yoki soat oynasiga tomchi tomizish, u qurigandan keyin yog'li izni bo'lmasligiga ko'ra xulosa qilinadi.

Yog'ni ajralish to'liqligining efir ekstraktorini 1 soat davomida oqib tushish soniga ko'ra baholash maqsadga muvofiqdir. Odatda, 1 soat davomida efirning 10—15 marotaba oqib tushishi ro'y beradi. Bunday sharoitlarda mahsulotdan yog'ning to'liq ekstraktsiyalanishi 4—5 soatdan keyin yakunlanadi. Ekstraksiya jarayoni yakunlangach, kolbani isitish to'xtatiladi va uning sovishiga imkon beriladi, suv berilishi to'xtatilib, sovitgich ajratiladi. So'ngra ekstraktorni bir tomonga og'dirib, undagi efir sifon trubkasi orqali qabul kolbasiga quyiladi va kolba ekstraktordan ajratiladi.

Agar efir ekstraktori, unga mahsulot zarrachalari tushishidan birmuncha xiraroq bo'lsa, u quruq qog'ozli filtr orqali o'zgarimas massaga keltirilgan boshqa kolbaga filtrlanadi. Kolbadagi qoldiqlar yangi efir porsiyalari bilan yuvilib, o'sha filtr orqali filtrlanadi.

Efirni haydash asbobi 3.17-rasmda ko'rsatilgan. Eritmali kolba (1) sovitgich (2)ga ulanadi, forshtoss (3) erkin holda tiqinsiz, qabulqilgich (4)ga tushiriladi. Efirning bug'lanib ketishini kamaytirish maqsadida kolba (1) og'zidagi tirqish paxta bilan yopiladi. Efirni yakuniy haydash va nam yog'ni quritish 100—105°C da quritish shkafi, termostat yoki inert gaz muhitida vakuum termostatda amalga oshiriladi. Shundan so'ng kolba quritilgan yog' bilan birgalikda sovitiladi va analitik tarozilarda tortiladi.



3.17-rasm. Efirni haydash asbobi:

1 — kolba; 2 — sovitgich; 3 — forshtoss; 4 — qabulqilgich.

*Hisoblash.* Yog' miqdori foizlarda  $X$  quyidagi formula bo'yicha hisoblandi:

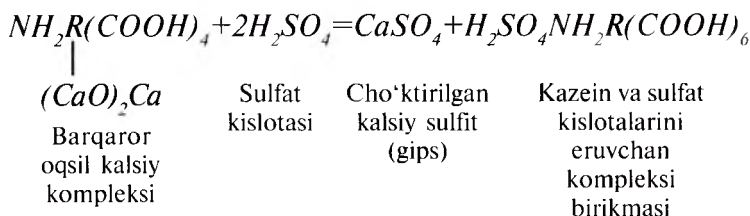
$$X = \frac{(g_1 - g_2) \cdot 100}{g}$$

bu yerda,  $g_1$  — kolba va yog'ning birgalikdagi massasi, g;  $g_2$  — bo'sh kolba massasi, g;  $g$  — tadqiq etilayotgan mahsulotning namuna o'lchami, g.

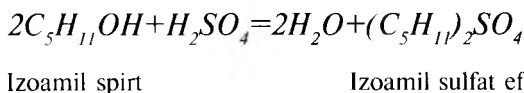
### 3.8.2. Yog'ni kislotali usul bilan aniqlash

Ushbu usul sutdagi yog' miqdorini aniqlashning standart usuli hisoblanadi.

Sut yog'ini miqdoriy aniqlash uchun u uzluksiz qatlam sifatida ajratiladi. Sutdagi yog' oqsil qobiqlari bilan o'ralgan alohida yog' sharchalari sifatida mavjud bo'ladi. Oqsil qobig'i yog' sharchalarining birlashishiga to'sqinlik qiladi. Shuning uchun yog'ni ajratib olish uchun uni buzish kerak. Kislotali aniqlash usulida oqsil qobiqlari konsentrlangan sulfat kislotasi ta'sirida buziladi. Natijada sutning kazein-kalsiyli kompleksi kazeinni sulfat kislotasi bilan hosil qilgan eruvchan birikmasiga o'tadi. Bunda sodir bo'ladigan reaksiyaning sxematik tenglamasi quyidagicha:



Kompleks birikmadan tashqari oq cho'kma ko'rinishidagi (gips) sulfat kislotasining kalsiyli tuzi hosil qilinadi. Reaksiya aralashma haroratining 70—75°C gacha oshishi bilan kechadi. Aniqlashda izoamil yoki amid spirti ishlatiladi va u kislota bilan reaksiyaga kirishib, izoamil sulfat efiri hosil qiladi:



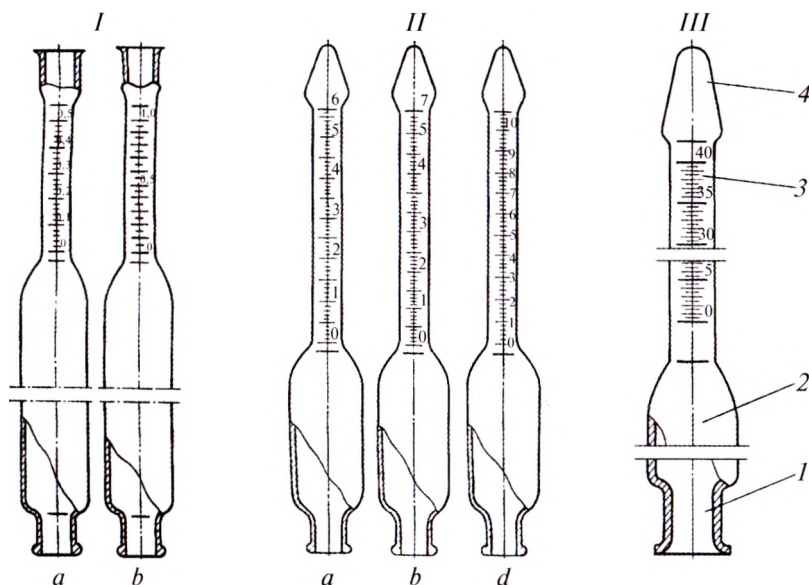
Hosil bo'lgan efir sulfat kislotaning ortiqcha qismida eriydi va ayni vaqtda yog' hamda yog'siz qismlar chegarasidagi spirt

tarangligini pasaytirib, oqsil qobig'idan ozod bo'lgan yog' shar-  
chalarini birlashishiga ko'maklashadi. Shu bilan yog'ning to'liq va  
tez ajralib chiqishi ta'minlanadi. Sentrifugalashda sut yog'i ara-  
lashmaning yengil fraksiyasi sifatida yog' o'lchagichning daraja-  
langan qismida to'planadi.

Yog' o'lchagichlar sut va sut mahsulotlaridagi yog' miqdorini  
aniqlashga mo'ljallangan. Mo'ljallanishiga ko'ra, ular past yog'li  
mahsulotlar (yog'siz sut, ayron, sut zardobi va boshq.), sut va sut  
mahsulotlari va qaymoq yog' o'lchagichlariga bo'linadi.

Yog'siz sut va past yog'li mahsulotlar uchun mo'ljallangan yog'  
o'lchagichlar ikki turga bo'linadi: o'lchash chegarasi 0—0,5 %  
(bo'linma qiymati 0,02 %) va 0—1 % (bo'linma qiymati 0,05 %)  
(3.18-rasm, I).

Sut va sut mahsulotlari yog' o'lchagichlarini uch turi ma'lum:  
o'lchash chegarasi 0—6 % (bo'linma qiymati 0,1 %), 0—7 %  
(bo'linma qiymati 0,1 %) va 0—10 % (bo'linma qiymati 0,2 %)  
(3.18-rasm, II).



3.18-rasm. I. Yog'siz sut va past yog'li mahsulotlarning yog' o'lchagichlari:

*a* — o'lchash chegarasi 0—0,5 %; *b* — o'lchash chegarasi 0—1 %;

II. Sut va sut mahsulotlarining yog' o'lchagichlari:

*a* — o'lchash chegarasi 0—6 %; *b* — o'lchash chegarasi 0—7 %;

*d* — o'lchash chegarasi 0—10 %;

III. Qaymoq yog' o'lchagichlari:

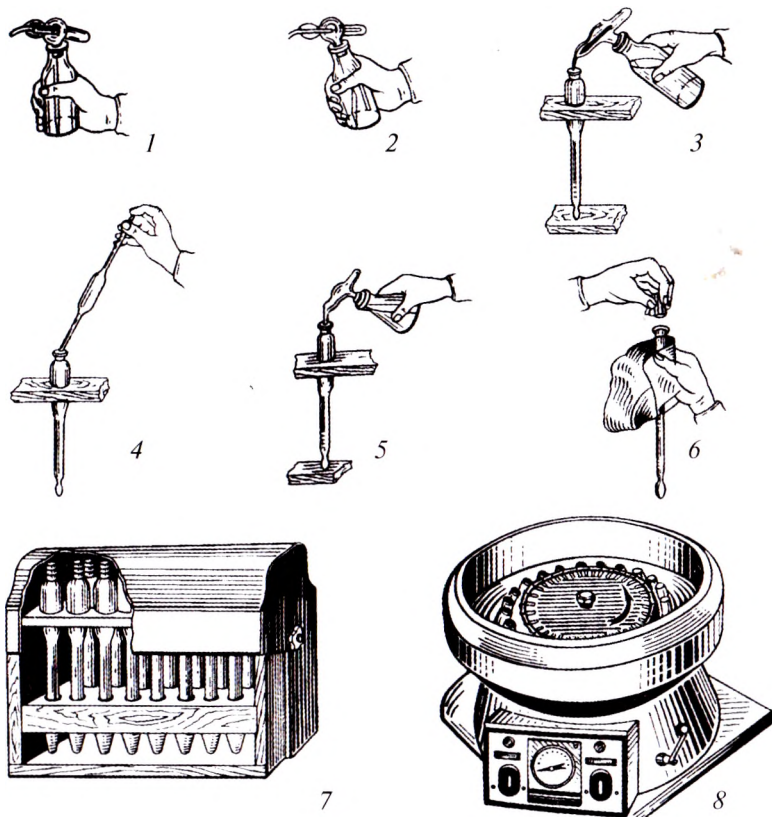
*1* — bo'yni; *2* — korpus; *3* — shkalasi; *4* — boshchasi.



Qaymoq yog' o'lchagichlarini o'lchash chegarasi 0—40 % bo'lib, mayda bo'lim qiymati 0,5 % (3.18-rasm, III).

*Asbob va jihozlar.* Sut yog' o'lchagichi; laboratoriya sentrifugasi; hajmi 10,77 ml bo'lgan o'lchov pipetkasi; yog' o'lchagichlar uchun mo'ljallangan rezinali tiqinlar; sulfat kislotasi va izoamil spirtni o'lchab olish uchun mo'ljallangan tegishli hajmi 10 va 1 ml bo'lgan avtomat pipetkalar; suvli hammom; yog' o'lchagichlar uchun shtativ; 100°C ga mo'ljallangan termometr; sochiq.

*Ishni bajarish tartibi.* Yog'ning sut xomashyosida kislotali usulda aniqlash tartibi 3.19-rasmda keltirilgan. Toza va quruq yog'



3.19-rasm. Sutdagi yog' miqdorini aniqlash tartibi:

- 1 — dozatori kislotasi bilan to'ldirish; 2 — yog' o'lchagichlarga qo'yiladigan kislotasi sathi;  
 3 — kislotani yog' o'lchagichga quyish; 4 — sutni quyish; 5 — izoamil spirtini quyish;  
 6 — yog' o'lchagichni rezinali tiqin bilan bekitish; 7 — aralashtirish uchun metall  
 qopqoqli shtativga o'rnatilgan jiromerlar; 8 — sentrifuga.

o'Ichagichga uning og'ziga tekkizmasdan, avtopipetka yordamida 10 ml sulfat kislotasi (solishtirma og'irligi 1,81—1,82) va yaxshilab aralashirilgan 10,77 ml sut quyiladi. Sut kislota bilan aralashib ketmasligi uchun ehtiyotlik bilan yog' o'Ichagichning devori bo'ylab oqiziladi. Keyin yog' o'Ichagichning og'ziga tekkizmasdan turib, 1 ml izoamil spirt quyiladi. Yog' o'Ichagich quruq rezina tiqini bilan bekitiladi, bunda tiqinning taxminan yarmi yog' o'Ichagichga kirishi kerak. Yog' o'Ichagichni sochiqqa o'rab (agar maxsus shtativ bo'lmasa), oqsil butunlay erib bo'lgunicha chayqatiladi.

Shuni ta'kidlash lozimki, yog'ni aniqlash uchun solishtirma og'irligi 1,81—1,82 dan yuqori yoki past bo'lgan sulfat kislota ishlatilishi mumkin emas. Zichligi 1,82 dan yuqori bo'lgan sulfat kislota oqsil moddalari va sut qandini kuyib qorayishiga olib keladi. Bunda hosil bo'ladigan qora to'plamlar yog' qatlami chegarasida to'planib, yog' miqdorini qayd qilishga xalaqit beradi.

Kislotaning zichligi past bo'lganda, yog' sharchalarining oqsil qobiqlari qisman buzilmay qoladi va yog'ning to'liq ajralib chiqishi kuzatilmaydi.

Sutni yog' o'Ichagichga qo'yishda quyidagilarga e'tibor berish kerak. Pipetkadan sut oqib chiqqach, uni uchi yog' o'Ichagichdan 6 sekund davomida ajratilmasligi kerak. Pipetka uchki qismida qolgan sutni puflash kerak emas, chunki pipetka hajmi sutni erkin oqib chiqishiga mo'ljallangan. Sutning harorati 20°C bo'lishi kerak. Ayniqsa, sutni yog' o'Ichagichga quyishda uning kislota bilan aralashib ketmasligiga yo'l qo'ymaslik kerak. Shuningdek, pipetkaning uchki qismi kislotaga tegmasligi lozim, aks holda sutning unda ivib qolishi va oqib chiqishi qiyinlashadi.

Yog' o'Ichagichga solinadigan izoamil spirt miqdori 1 ml. dan ortiq bo'lsa, uning unchalik yuqori eruvchanlikka ega bo'lmaganligi (1:35) sababli, efirning ortiqcha qismi yog' fraksiyasiga o'tib, uning hajmini oshiradi.

Yog' o'Ichagich yuqorida ko'rsatilgan tartibda to'ldirilishi kerak. Agar yog' o'Ichagichga dastlab sut, keyin sulfat kislotasi quyilsa, unda yog' o'Ichagichni ingichka qismida ivigan oqsillar tiqilib qoladi va tahlilni qayta o'tkazishga to'g'ri keladi. Agar spirt kislota bilan aralashtirilsa, tahlil natijalarini buzuvchi qator erimaydigan birikmalar hosil bo'ladi.

Yog' o'lchagichlar bir xil hajmga ega bo'lmaydi va shuning uchun bir xil o'lchangan reaktivlar miqdorida turli yog' o'lchagichlarda ajralib chiqqan yog' ustuni bir xil holatni egallamaydi. Tahlil oxirida ajralib chiqqan yog' hajmini o'lchash uchun yog' ustuni sentrifugalashdan keyin asbobning ingichka qismida joylashishi, sentrifugalashdan oldin esa yog' o'lchagichdagi suyuqlikni yuqori sathi shkalani 9—10 bo'limlari chegaralarida bo'lishi kerak. Bu og'zi yopilgan yog' o'lchagichning tiqinini pastga qaratib ushlab turish bilan tekshiriladi. Agar suyuqlikning yuqori chegarasi shkala pastki qismida joylashgan bo'lsa, yog' o'lchagichga sulfat kislotasi solinadi. Unchalik ko'p bo'lmagan sulfat kislotasining solinishi aniqlash natijalariga ta'sir qilmaydi.

Yog' o'lchagichlarning suyuqlik to'ldirilishi tekshirilgach, u tiqinini pastga qaratib harorati 60—70°C bo'lgan suv hammomida 5 minut saqlanadi. Bunday haroratda sutning yog'i erigan holatda bo'lib, bu uning sentrifugalashda ajralishini yengilashtiradi.

Besh minutdan keyin ular olinib artiladi va ingichka tomoni markazga qaratib, sentrifuganing gilzalariga joylanadi. Muvozanatni saqlash uchun sentrifugada yog' o'lchagichlar juft-juft holda bir-biriga qarama-qarshi tomonlarga joylashtiriladi. Agar ularning soni toq bo'lsa, muvozanatni saqlash uchun bitta jiromerga suv to'ldirib qo'yiladi. Shundan so'ng sentrifuganing qopqog'i burab bekitiladi-da (minutiga kamida 1000 marta) 5 minut davomida aylantiriladi. Bunda yog' aralashmaning eng yengil tarkibiy qismi sifatida asbobning darajalangan qismida yig'iladi.

Sentrifugalash vaqtida yog' o'lchagichlardagi aralashma harorati pasayadi. Yog' o'lchagichlar 65°C haroratda darajalanganligi sababli, sentrifugalashdan keyin yog' o'lchagichlar (tiqin tomonini pastga qaratib) 65°C li suv hammomiga 5 minutgacha qo'yiladi.

5 minut o'tgach, yog' o'lchagichning shkalasiga qarab, sutdagi yog' miqdori aniqlanadi. Buning uchun jiromerlar tik holatda ushlanadi. Hisoblashni osonlashtirish uchun tiqinni ichkari yoki tashqari tomonga surib, yog' ustunchasining pastki sathini nolga yoki shkalaning yaqinroqdagi yaxlit bo'limiga to'g'rilab, yog' ustunchasining yuqorigi egilgan chekkasi — menisk belgilanadi va yog' ustunchasi jiromer shkalasining qancha bo'limini egallashi sanaladi. Sut yog' o'lchagichlarda shkalaning har bir katta bo'limi 1 %, kichik bo'limi 0,1 % ga to'g'ri keladi. Agar yog' qatlami tiniq bo'lmasa, aniq ajralib turmasa, yog'ni aniqlash ishi takrorlanadi.

### 3.9. Vitaminlarni aniqlash

Vitaminlar haqidagi gipoteza ta'rifi 1911-yilda polyak olimi Kazimir Funk tomonidan berildi. U guruch kepagidan olingan kristall faol modda tarkibini tekshirib, unda amin shaklidagi azot borligini aniqladi va bu moddaga hayot uchun zarur bo'lgan yangi kimyoviy birikma, deb qarab, unga «vitamin» nomini berdi. Lotincha «*vita*» — hayot, «*amin*» — tarkibida azot tutuvchi kimyoviy guruh, demak, vitamin «hayot amini» ma'nosini anglatadi.

Keyingi yillarda kashf etilgan turli vitaminlarning kimyoviy tarkibini o'rganish, ularning ko'pchiligida azot yo'qligini ko'rsatdi, ammo vitamin atamasi fanda va xalq orasida mustahkam o'rinish qolganidan, uni boshqa atama bilan almashtirish maqsadga muvofiq topilmadi. Endilikda oziq-ovqat mahsulotlarida kam miqdorda uchraydigan odam va hayvonlar organizmining normal hayoti uchun zarur bo'lgan, kimyoviy tuzilishiga ko'ra, turli organik birikmalar sinfiga tegishli biologik faol moddalar guruhi vitaminlar nomi bilan yuritiladi.

Tirik organizmning barcha turi ham, masalan, bir qator bakteriyalar va o'simliklar tashqaridan vitaminlar kiritilishiga muhtoj emas. Vitaminlarning ba'zilar ma'lum chegarada hayvonlarda ham sintezlanadi. Masalan, odam va boshqa primatlar *C* vitaminini sintez qila olmaydi, aksincha, kalamushlar esa *C* vitaminini glukozadan sintez qila olishadi. Odam organizmida ko'pchilik vitaminlar sintez qilinmaydi, ba'zilar ichak mikroflorasi tomonidan va to'qimalarda kam miqdorda sintez qilinadi. Shuning uchun ham ular doimo ovqat bilan kiritib turilishi zarur.

Hozirgi vaqtda vitaminlar va ularning xillari 30 ga yaqin. Ularni ovqatning turli komponentlariga bog'liq bo'lishiga qarab, faqat eruvchanligi asosida ikki katta guruhga: suvda eriydigan va yog'da eriydigan vitaminlarga bo'linadi. Suvda eriydigan vitaminlarga *B<sub>1</sub>* (tiamin), *B<sub>2</sub>* (riboflavin), *PP* (nikotinamid), *B<sub>6</sub>* (piridoksin), *C* (askorbin kislota), *B<sub>12</sub>* (kobalamin), *H* (biotin), *B<sub>c</sub>* (folat kislota), *B<sub>3</sub>* (pantotenat kislota) va *P* (sitrin) vitaminlari tegishli. Yog'da eriydigan vitaminlar guruhi unchalik keng emas va unga *A* (antikseroftalmik), *D* (antiraxitik), *E* (ko'payish) va *K* (antigemorrojik) vitaminlari mansub.

3.6-jadvalda ba'zi oziq-ovqat mahsulotlaridagi vitaminlar miqdorlari (mg/100 g.da) keltirilgan. Keltirilgan jadval ma'lumotlari meva, sabzavotlar va hayvon mahsulotlari vitaminlarga boyligidan dalolat beradi.

Demak, oziq-ovqat mahsulotlaridagi vitaminlar miqdori foizning ming va o'n ming ulushini tashkil etadi. Shuning uchun vitaminlarni aniqlash usullari yetarlicha sezgir va aniq bo'lishi lozim.

3.6-jadval

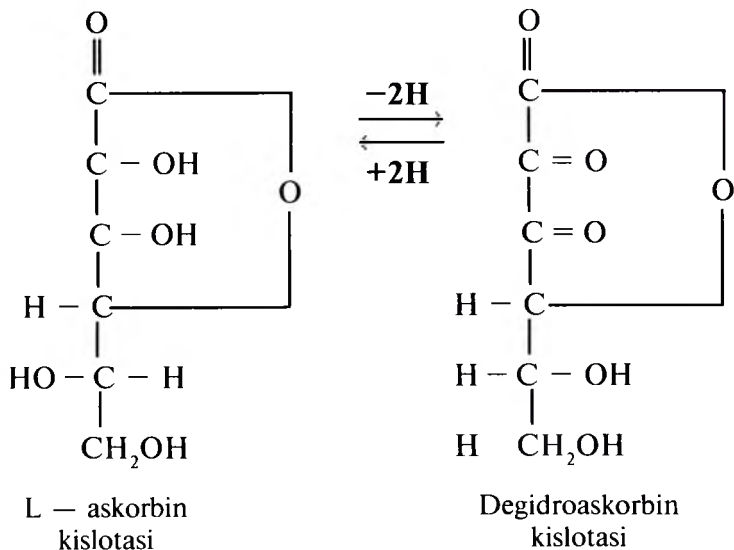
Mahsulot	Vitaminlar miqdori, mg/100 g					
	A	$\alpha$ karotin	$B_1$	$B_2$	PP	C
Guruch	—	0	0,34	0,08	3,82	—
Obi non	—	0	0,18	0,06	1,80	—
Sutli shokolad	—	0,04	0,05	0,26	0,5	—
3,2 % li pasterlangan sut	—	0,01	0,04	0,15	0,1	1,3
Karam	—	0,02	0,03	0,04	0,74	45,0
Qovun	—	0,40	0,04	0,04	0,40	20,0
Qizil sabzi	—	9,0	0,06	0,07	1,6	5,0
Qo'y go'shti	—	izlari	0,08	0,14	3,8	izlari
Mol jigari	8,2	1,0	0,30	2,19	9,0	33
Tuxum	0,25	—	0,07	0,44	0,19	—

Ko'pgina oziq-ovqat mahsulotlarining sifatini baholashda C vitamini muhim ahamiyat kasb etadi. Quyida oziq-ovqat mahsulotlaridagi C vitaminini miqdoriy aniqlash usullari keltiriladi.

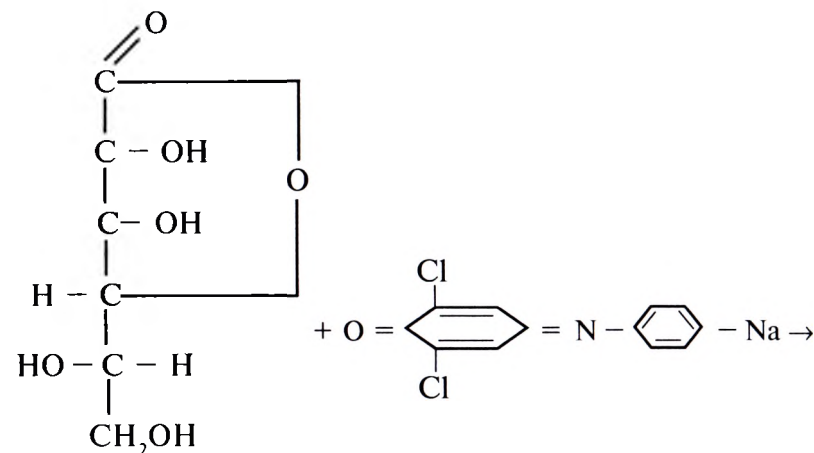
### 3.9.1. C vitamini (askorbin kislotasi)ni miqdoriy aniqlash

Askorbin kislotasi toza ko'rinishda oq kristall kukun bo'lib, ta'mi nordon, uni erish harorati 189°C. Askorbin kislotasi optik faoliyatga ega, suvda yaxshi eriydi, havoda, ayniqsa, juda kam miqdorda  $Cu^{++}$  yoki  $Fe^{++}$  bo'lganda, osonlik bilan oksidlanadi. Oksidlanish natijasida enol gruppalar keton gruppalariga aylanadi. Hosil bo'lgan degidroaskorbin kislotasi vitaminlik qobiliyatiga ega, lekin u juda beqaror bo'ladi, organizmda va *in Vitro* sharoitida osonlik bilan askorbin kislotasiga qaytariladi. Askorbin kislotasi issiqqa chidamsiz, ovqat tayyorlashda havo kislorodi ishtirokida uning ko'p qismi parchalanib ketadi.

Demak, askorbin kislotasi hamda uning degidro shakli vodorod, ya'ni proton va elektron qabul qilish, uni uzatish qobiliyatiga ega bo'lgan oksidlovchi va qaytaruvchi sistemani tashkil qiladi.

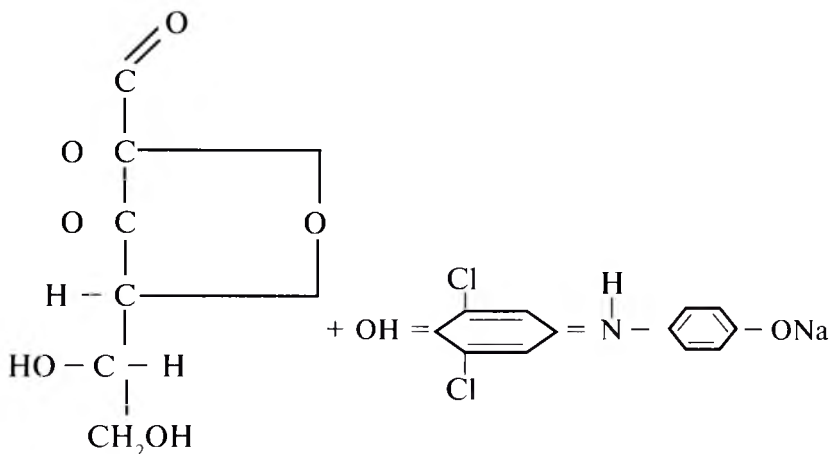


Askorbin kislotasini aniqlash uni 2,6-dixlorfenolindofenol (2,6-DIF) bilan oksidlanishiga asoslangan. Bunda 2,6-DIF qaytarilib, rangsiz shakliga o'tadi.



Askorbin kislotasi

2,6-dixlorfenolindofenolni natriyli tuzi (oksidlangan, bo'yalgan shakli)



Degidroaskorbin kislotasi

2,6-dixlorfenolindofenol  
(rangsiz qaytarilgan shakli)

2,6-DIF indikatorlar xususiyatiga ega bo'lib, ushbu tuzning qoramtir-ko'k rangi askorbin kislotasi qo'yilganda rangsizlanadi. Askorbin kislotasi mavjud bo'lmaganda, 2,6-DIFni natriyli tuzi kislotali muhitda qizg'ish bo'yalishga ega bo'ladi.

C vitaminini aniqlashda, tadqiq etilayotgan mahsulotdan tayyorlangan kislotali ekstrakt oksidlovchi bo'yoq 2,6-dixlorfenolindofenol bilan yo'qolmaydigan qizg'ish bo'yalish hosil bo'lguncha titrlanadi. C vitamini miqdori haqida titrlashga sarflangan indikator millilitrlari miqdori bo'yicha xulosa chiqariladi. Shuni e'tiborga olish kerakki, indikator, nafaqat, askorbin kislotasi, shuningdek, dubil moddalari va ba'zi oqsillar bilan ham reaksiyaga kirishadi.

Boshqa tomondan, indikator askorbin kislotasining biologik faol shakli hisoblanmish degidroaskorbin kislotasi va bog'langan askorbin kislotasi bilan reaksiyaga kirishadi. Shuning uchun o'zaro taqqoslanadigan tahlil natijalarini olish uchun aniqlash uslubiyatiga qat'iy rioya qilish kerak. Agar sulfitatsiya qilingan mahsulotlar tadqiq etilayotgan bo'lsa, ular oldindan desulfitatsiya qilinadi. Degidroaskorbin kislotasini aniqlash uchun u ekstraktni oltingugurt bilan ishlov berish yo'li bilan askorbin kislotasiga qaytariladi va keyin aniqlash amalga oshiriladi.

*Asbob va jihozlar.* Mikroburetka; hajmi 50 ml bo'lgan konus kolbalar; chinni hovoncha; 10 ml.li darajalangan pipetkalar; 50 ml.li chinni idishlar; 100 ml.li o'lchov kolbalari; voronka; sentrifuga va sentrifugalash probirkalari; Kipp apparati; shpatel.

*Reaktivlar.* 2,6-dixlorfenolindofenol eritmasi  $NaHCO_3$ ; kristall holdagi askorbin kislotasi; 2 % li sulfat, xlor yoki metafosfor kislotasi; 0,001 n. li  $KIO_3$  eritmasi; kristall holdadagi  $KI$ ; 1 % li kraxmal eritmasi; o'ta maydalangan shisha; 2 % li sirka kislotali qo'rg'oshin eritmasi; 0,5 va 2 n xlor kislotasi eritmasi; 25 % li sirka kislotali natriy;  $H_2S$  olish uchun tayyorlangan Kipp apparati;  $CO_2$  li ballon.

2,6-dixlorfenolindofenol eritmasi quyidagicha tayyorlanadi: avval texnikaviy tarozida 50 mg quruq bo'yoq soat oynachasida tortib olinadi. So'ngra bo'yoq namuna o'lchami hajmi 200 ml bo'lgan o'lchov kolbasiga voronka orqali 100—150 ml distillangan suv yordamida miqdoriy o'tkaziladi. Keyin o'lchov kolbasiga 5 tomchi 0,01 n ishqor eritmasi tomiziladi va yaxshi aralashtirilgach, kolbaga uni belgisiga yetgunicha distillangan suv quyiladi. Hosil bo'lgan bu eritma zich filtr orqali quruq kolbaga filtrlanadi. 0,001 n  $KIO_3$  eritmasini tayyorlash uchun 102°C da ikki soat davomida quritilgan 0,03568 g  $KIO_3$  100 ml distillangan suvda eritiladi.

*Ishni bajarish tartibi.* C vitaminini aniqlash askorbin kislotasi bo'yicha indikator titrini o'rnatish, tadqiq etilayotgan mahsulot namuna o'lchamidan ekstrakt tayyorlash va titrlash bosqichlaridan iborat.

2,6-DIFni askorbin kislotasi bo'yicha titrini o'rnatish uchun shpatel uchida 1—1,5 mg (tarozida tortmasdan) askorbin kislotasi olinadi va 50 ml 2 % li metafosfor kislotasi ( $HPO_3$ ) da eritiladi. Metafosfor kislotasi mavjud bo'lmagan holda xlor yoki sulfat kislotasidan foydalanish mumkin. Hosil qilingan 5 ml eritma chinni idishga o'tkaziladi va mikroburetkadan bo'yoq bilan titrlanadi. Shundan so'ng, shunday hajmdagi askorbin kislotasi eritmasi, unga bir necha  $KI$  kristallari (50—100 mg dan yuqori emas) va 3—5 tomchi kraxmal eritmasi solinib, boshqa mikroburetkadan 0,001 n  $KIO_3$  eritmasi bilan titrlanadi. Titrlash eritmani rangsizlangunicha, ya'ni ko'k bo'yalish yo'qolguncha davom ettiriladi.

1 ml bo'yoqqa mos keluvchi askorbin kislotasi milligrammlari miqdori ( $X$ ) quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\bar{x} = \frac{0,088 \cdot V}{V_1}$$

bu yerda, 0,88 — 1 ml 0,001 n  $KIO_3$  eritmasini 0,088 mg askorbin kislotasiga ekvivalentligi;  $V$  — askorbin kislotasini titrlashga sarflangan 0,001 n  $KIO_3$  eritmasining miqdori, ml;  $V_1$  — askorbin kislotasini titrlashga sarflangan 2,6-DIF miqdori, ml.



2,6-DIF eritmasi beqaror bo'lganligi uchun uning titri har bir tajriba oldidan aniqlanishi kerak.

Tadqiq etilayotgan mahsulot o'rta namunasidan ekstrakt tayyorlash uchun namuna o'lchami, avvalo, undagi C vitaminini kutiladigan miqdoriga bog'liq holda olinishi kerak. Masalan, sitruslilar tadqiq etilganda 0,1 ml sharbat, karamdan 5—10 g, kartoshka, olma va nokdan esa 10—15 mg namuna o'lchami olinishi kerak. Namuna o'lchami chinni idishlarga miqdor bo'yicha o'tkazilgach, unga C vitaminini oksidlanishdan asrash uchun 15—20 ml 2 % li metafosfor kislotasi eritmasi quyiladi, maydalangan shisha solinadi va bir jinsli massa olingunicha eziladi. Olingan massa miqdor bo'yicha voronka orqali hajmi 100 ml bo'lgan o'lchov kolbasiga o'tkaziladi. Bunda chinni idish va ezgichdagi mahsulot qoldiqlari metafosfor kislotasi bilan yuvilishi va o'sha kolbaga o'tkazilishi kerak. Shundan so'ng kolbadagi suyuqlik distillangan suv bilan kolba belgisigacha yetkaziladi, yaxshi aralashtiriladi va quruq qatlangan filtr orqali filtrlanadi. Olingan ushbu filtrda C vitamini aniqlanadi.

Tadqiqot etilayotgan mahsulotdagi barcha biologik faol C vitamini miqdori degidroaskorbin kislotasi qaytarilguncha va undan keyin alohida aniqlanishi zarur.

*Askorbin kislotasining qaytarilgan shaklini aniqlash.* 10 ml tiniq va rangsiz mahsulot ekstrakti chinni idishga joylashtiriladi va mikroburetkadan tayyorlangan 2,6-DIF eritmasi bilan barqaror och pushti rang hosil qilingunicha titrlanadi.

Qaytarilgan askorbin kislotasi miqdori  $X$  (milligramm-foizda) quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$X = \frac{V \cdot T \cdot V_1 \cdot 100}{g \cdot V_2}$$

bu yerda,  $V$  — ekstrakti titrlashga sarflangan 2,6-DIF miqdori, ml;  $T$  — 1 ml 2,6-dixlorfenolindofenolga mos keluvchi askorbin kislotasi miqdori, mg;  $V_1$  — tadqiq etilayotgan mahsulot namuna o'lchamidan tayyorlangan suvli ekstraktning umumiy hajmi, ml; 100 — milligramm-foizlarda qayta hisoblash;  $g$  — tadqiq etilayotgan mahsulotning namuna o'lchami, g;  $V_2$  — titrlash uchun ekstrakt hajmi, ml.

*Degidroaskorbin kislotasini aniqlash.* 5 ml tayyorlangan ekstrakt sentrifugalash davomida birin-ketin 2 ml 2 % li sirka kislotali

qo'rg'oshin eritmasi, 1 ml 0,5 n  $HCl$  eritmasi va 2 ml 25 % li sirka kislotali natriy eritmasi quyiladi (agar 10 ml ekstrakt olinsa, unda yuqoridagi reaktivlar ikki marotaba ko'proq olinadi). Keyin olingan aralashma orqali, degidroaskorbin kislotasini qaytarish maqsadida 10 minut davomida  $H_2S$  oqimi o'tkaziladi. So'ngra probirka tiqin bilan bekitiladi.  $C$  vitamini to'liq qaytarilishi uchun 10—12 soat tinch qoldiriladi. Ushbu vaqt o'tgach, kolbadagi suyuqlik kichik qatlangan filtr orqali filtrlanadi. Probirka va filtr 2—3 marta 2—3 ml miqdordagi distillangan suv bilan yuvilishi kerak. Olingan filtratga 2 ml 2 n  $HCl$  solinadi va  $CO_2$  oqimi bilan  $H_2S$  to'liq chiqarib yuborilishi kerak. Filtratning  $H_2S$  dan to'liq ozod etilganligini sirka kislotali qo'rg'oshin eritmasi bilan ho'llangan filtr qog'ozi yordamida aniqlash mumkin. Shundan so'ng, filtrat askorbin kislotasining qaytarilgan shaklini aniqlashdagi kabi, 2,6-dixlorfenolindofenol bilan titrlanadi.

*Hisoblash.* Hisoblash askorbin kislotasini qaytarilgan shaklini aniqlash formulasi bo'yicha amalga oshiriladi. Bunda olingan aniqlash natijalari mahsulotdagi umumiy biologik faol  $C$  vitamini miqdoriga (ya'ni ham qaytarilgan shakli va degidroaskorbin kislota) mos keladi. Degidroaskorbin kislotasi miqdori har ikki aniqlashning ayirmasi bo'yicha hisoblanadi.

*C vitamini miqdorini bo'yalgan ekstraktlarda aniqlash.* Bo'yalgan ekstraktlar kalorimetrik usul bilan fotoelektrokolorimetrdan foydalanilgan holda tadqiq qilinadi. 10 g sabzavotlar namuna o'lchami hovonchaga joylashtiriladi, 10—20 ml 1 % li shavel kislotasi solinadi va ezgich yordamida eziladi. Olingan ekstrakt hajmi 100 ml bo'lgan o'lchov kolbasiga o'tkaziladi (dekantatsiya qilinadi). Hovonchadagi qoldiq ustiga yana yuqoridagi miqdorda kislota solinadi, ezgich bilan eziladi va o'sha o'lchov kolbasiga o'tkaziladi. Bunday operatsiya bir necha marta qaytariladi. Ekstraksiyalash yakunlangach, hovoncha va ezgich kislota bilan yuvilib, hovonchadagi qoldiq ham o'lchov kolbasiga o'tkaziladi. Kislota eritmasi bilan kolbadagi ekstrakt hajmi belgisigacha yetkaziladi. Kolbadagi ekstrakt yaxshi aralashtiriladi va konus kolbaga filtrlanadi.

Navbatdagi bosqichda kalorimetrlash uchun ishchi eritma tayyorlanishi kerak. Buning uchun pipetka bilan 10 ml filtrlangan ekstrakt olinadi va u zich bekitiladigan tiqinga ega bo'lgan hajmi 25 ml.li o'lchov silindriga o'tkaziladi. So'ngra silindrga pipetka yoki mikroburetka yordamida 2 ml 0,00 n 2,6-dixlorfenolindofenol eritmasi solinadi va 2 minut o'tgach esa toluol va izobutil

spirtlari aralashmasi (1:1 nisbat)dan iborat 10 ml erituvchi yoki xloroform solinadi. Hammasi ehtiyotkorlik bilan aralashtirilgach, aralashma qatlamlarga to'liq ajralgunicha tinch qoldiriladi. Bunda erituvchi och pushti rangga bo'yaladi.

Parallel ravishda nazorat eritmasi tayyorlanadi. Buning uchun boshqa shunday o'lchov silindriga 10 ml 1 % li shavel kislotasi quyiladi, unga 2 ml 0,001 n 2,6-dixlorfenolindofenolni natriyli tuzi eritmasi va 10 ml erituvchi quyiladi, aralashtiriladi, kislota va bo'yalgan erituvchi qatlamlari hosil bo'lguncha tinch qoldiriladi.

Fotoelektrokolorimetr yordamida nazorat eritmasini optik zichligi ( $\ell_1$ ) aniqlanadi. Buning uchun pipetka yordamida bir qism bo'yalgan erituvchi olinib, ishchi tomonlari o'rtasidagi masofa 5 mm bo'lgan kyuvetkaga o'tkaziladi va boshqa kyuvetadagi toza erituvchiga nisbatan kolorimetrlanadi. Aniqlash svetofiltrda (to'lqin uzunligi 530) o'tkaziladi.

Tajriba nazorat eritmasining yangi porsiyasi bilan takrorlanadi. Hisoblashda ikki parallel aniqlashlarning o'rta arifmetik qiymati olinadi.

Ishchi eritmaning nazorat eritmasiga nisbatan optik zichligi ( $\ell_1$ ) ni aniqlash uchun pipetka bilan ishchi eritmadan bir qism bo'yalgan erituvchi olinadi va kyuvetaga o'tkaziladi. Bu kyuveta kyuvetatutqichidagi erituvchi solingan kyuveta o'rniga joylashtiriladi. Ishchi eritmaning optik zichligi qayd qilinadi. Tajriba ishchi eritmaning yangi porsiyasi bilan qaytariladi. Ikki parallel aniqlashlarning o'rta arifmetik qiymati hisoblash uchun olinishi kerak.

Xom va pishirilgan (qaynatilgan) sabzavotlardagi askorbin kislotasi miqdori ( $X$ , 100 g uchun mg.da) quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$X = \frac{100 \cdot 2T \cdot 100 \cdot \ell_2}{10 \cdot V \cdot \ell_1}$$

bu yerda,  $V$  — tahlil uchun olingan ekstrakt hajmi, ml;  $\ell_1$  — nazorat eritmasining optik zichligi;  $\ell_2$  — ishchi eritmaning optik zichligi;  $T$  — tahlil uchun foydalanilayotgan 2,6-dixlorfenolindofenolning natriyli tuzi eritmasi titri.

Bo'yalgan qaynatmalar tadqiq etilganda, zich bekitiladigan tiqinga ega bo'lgan o'lchov silindriga 5 ml qaynatma solinadi, unga

5 ml 1 % li shavel kislotasi eritmasi qo'shilib, so'ngra ish ekstraktlarni tadqiq etishdagi tartibda davom ettiriladi.

Qaynatmadagi askorbin kislotasi miqdori ( $X$ , 100 ml uchun mg. da) quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$X = \frac{2T \cdot 100 \cdot \ell_2}{V \cdot \ell_1},$$

bu yerda,  $V$  — tahlil uchun olingan qaynatma hajmi, ml;  $\ell_1$  — nazorat eritmasini optik zichligi;  $\ell_2$  — ishchi eritmani optik zichligi;  $T$  — 2,6-dixlorfenolindofenolni natriyli tuzi eritmasini titri.

### NAZORAT SAVOLLARI

1. Oziq-ovqat mahsulotlaridagi namlikni aniqlashning ahamiyati nimadan iborat? Namlik bevosita qanday usulda aniqlanadi?
2. Namlikning o'zgarmas massagacha quritish bilan aniqlash mohiyati va bajarish tartibini tushuntiring.
3. Namlikni bir marotabali quritish bilan aniqlash qanday o'tkaziladi?
4. Mahsulotdagi kul moddasini aniqlash turlarining farqli tomonlari nimadan iborat?
5. Kul moddasi mahsulotdagi quruq moddalarga nisbatan qanday hisoblanadi?
6. Osh tuzini Mor usulida aniqlashning mohiyati va tartibini tushuntiring.
7. Titrlanadigan kislotalik nima? Kislotalikni aniqlash indikator ishtirokida qanday amalga oshiriladi?
8. Aktiv kislotalik nima? Uning potensiommetrik aniqlash usuli mohiyatini izohlang.
9. Potensiommetrik usulda qanday elektrodlar va o'lchov sxemalari ishlatiladi?
10.  $pH$  metrda aktiv kislotalikni aniqlash tartibini tushuntiring.
11. Kislotalikni elektrommetrik titrlash usulining mohiyati nimadan iborat?
12. Qandlar qanday usullarda aniqlanishi mumkin?
13. Qandlarni aniqlashda tadqiq qilinayotgan mahsulot qanday tayyorlanadi?
14. Mis oksidi tuzlari ishqoriy eritmasini qaytarishga asoslangan qandlarni aniqlash usulining mohiyati nimadan iborat?
15. Qaytarilgan mis miqdoriga ko'ra, mahsulotdagi qandlar miqdori qanday hisoblanadi?
16. Qandlarni yodometrik aniqlash usulining mohiyati nimadan iborat?
17. Yodometrik usulda tahlil qanday o'tkaziladi?
18. Kletchatka nima? Klechatkani aniqlash usullari nimaga asoslangan?
19. Kletchatkani Kyurshner va Ganek usulida aniqlash qanday amalga oshiriladi?
20. Oqsillarni qanday usullar yordamida aniqlash mumkin?
21. Umumiy azotni Kyeldal bo'yicha aniqlash usulining mohiyati nimadan iborat?
22. Umumiy azotni Kyeldal bo'yicha aniqlash qanday bosqichlardan iborat?

23. Oqsil miqdorini kalorimetrik aniqlash usuli nimaga asoslangan?
24. Mahsulotdagi «nam» yogʻ miqdorini aniqlash nimaga asoslangan va bu maqsadda qanday usullar ishlatiladi?
25. Yogʻni Sokslet boʻyicha aniqlashda tadqiq qilinayotgan material qanday tayyorlanadi?
26. Sokslet apparati qanday tuzilgan? Uning ishlashi nimadan iborat?
27. Ekstraksiyalash yakunlangach, efirni haydash qanday amalga oshiriladi?
28. Yogʻni kislotali usulda aniqlash nimaga asoslangan?
29. Yogʻni kislotali usulda aniqlash qanday tartibda oʻtkaziladi?
30. Vitaminlar nima?
31. Askorbin kislotasini miqdoriy aniqlash nimaga asoslangan?
32. Askorbin kislotasining qaytarilgan shakli qanday aniqlanadi?
33. C vitaminini boʻyalgan ekstraktlarda aniqlash qanday amalga oshiriladi?

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Химический состав пищевых продуктов. Книга 1. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов. 2-е изд. перераб. и доп. М., ВО «Агропромиздат», 1987.
2. *А.Д. Митюков, А.В. Руцкий.* Оценка качества продуктов питания. Минск, «Ураджай», 1988.
3. Реометрия пищевого сырья и продуктов. Справочник. М., «Агропромиздат», 1990.
4. *А.П. Брусилковский, А.Д. Вайнберг.* Приборы технологического контроля в молочной промышленности. Справочник. 2-е изд. перераб. и доп. М., «Агропромиздат», 1990.
5. *Т.И. Искандаров, Н.К. Бабаходжаев, С.Г. Ким.* Руководство по лабораторному контролю качества пищи. Т., «Гузал К. ЛТД», 1992.
6. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов. М., «Брандес» — «Медицина», 1998.
7. *К.К. Полянский, Е.И. Мохова.* Пищевая химия. Лабораторный практикум. Воронеж, 1998.
8. Пищевая химия. Конспект лекций в 2 ч. М., МГУПП, 1998.
9. *О.У. Скуратовская.* Контроль качества продукции физико-химическими методами. 2-е изд. перер. и доп. М., «ДеЛи принт», 2003.
10. Санитарные нормы безопасности и пищевой ценности продовольственного сырья и продуктов питания. СанПиН — 0138-03.
11. Стандартлар:  
Определение влажности: ГОСТ 5900-73, ГОСТ 26808-86, ГОСТ 66872-90, ГОСТ 3626-73, ГОСТ 21094-75, ГОСТ 9408-89, ГОСТ 5900-73, ГОСТ 12570-98, ГОСТ 28561-90.  
Определение кислотности: ГОСТ 14252-73, ГОСТ 12788-87, ГОСТ 3624-92, ГОСТ 5670-96, ГОСТ 26971-86, ГОСТ 5898-87.  
Определение массовой доли жира: ГОСТ 8756.21-89, ГОСТ 5867-90, 5668-68, ГОСТ 5899-85.  
Определение общего сахара и сахарозы: ГОСТ 13192-73, ГОСТ 3628-78, ГОСТ 5672-68, ГОСТ 5903-89.  
Определение массовой доли золы: ГОСТ 2555.4-91, ГОСТ 27494-87, ГОСТ 12574-93, ГОСТ 28552-90, ГОСТ 5474-66.  
Определение хлористого натрия: ГОСТ 3627-81, ГОСТ 9957-73.

## MUNDARIJA

Kirish.....	3
-------------	---

### **1-bob. Oziq-ovqat mahsulotlari sifatini baholashning usul va mezonlari**

1.1. Oziq-ovqat mahsulotlarini tadqiq etishning asosiy usullari .....	5
1.2. Oziq-ovqat mahsulotlarining oziqaviy va energetik qiymati .....	7
1.3. Oziq-ovqat mahsulotlarining zararsizligi .....	16

### **2-bob. Oziq-ovqat mahsulotlarining fizikaviy tadqiqot usullari**

2.1. Fizikaviy va fizik-mexanikaviy xususiyatlarini aniqlash .....	28
2.1.1. Nisbiy zichlikni aniqlash .....	29
2.1.2. Fizik-mexanikaviy xususiyatlarini aniqlash .....	34
2.1.2.1. Reologiyaning asosiy tushunchalari .....	34
2.1.2.2. Struktura turlari va reologik xususiyatlarni aniqlash usullari .....	37
2.1.2.3. Asosiy reologik tavsiflarni aniqlash asboblari .....	41
2.2. Polarimetriya asoslari .....	51
2.2.1. Polarimetrik tadqiq usulining mohiyati .....	51
2.2.2. Polarizatsiya tekisligining burilishi .....	56
2.2.3. Polarimetr sxemasi .....	58
2.2.4. Polarimetrlar .....	60
2.3. Refraktometriya asoslari .....	67
2.3.1. Sindirish ko'rsatkichi .....	68
2.3.2. Sindirish ko'rsatkichini aniqlash .....	72
2.3.3. Refraktometrlar .....	74
2.4. Fotokalorimetriya asoslari .....	81
2.4.1. Bo'yalgan birikmalar eritmalarining asosiy optik xususiyatlari .....	81
2.4.2. Bo'yalish intensivligini aniqlash usullari .....	88
2.4.3. Fotoelektrik kalorimetrlarning asosiy turlari .....	91
2.5. Oziq-ovqat mahsulotlarini tadqiq etishning spektral usullari .....	105
2.5.1. Absorbsion spektroskopiya .....	105
2.5.2. Infraqizil spektroskopiya .....	110

2.5.3. Atom-absorbsion spektroskopiya .....	112
2.5.4. Mass-spektroskopiya .....	117
2.5.5. Oziq-ovqat mahsulotlarini tadqiq qilishning luminessent usullari .....	117
2.6. Xromatografiya asoslari .....	120
2.6.1. Usulning mohiyati va turlari .....	120
2.6.2. Gazli xromatografiya .....	122
2.6.3. Suyuqlikli xromatografiya .....	133
2.6.4. Yupqa qatlamli xromatografiya .....	139
2.6.5. Kolonkali xromatografiya .....	141

### **3-bob. Oziq-ovqat mahsulotlarining kimyoviy tadqiqot usullari**

3.1. Oziq-ovqat mahsulotlarining namligini aniqlash .....	145
3.1.1. Namlikni bevosita aniqlash usuli .....	146
3.1.2. Namlikni quritish yo'li bilan aniqlash .....	148
3.2. Oziq-ovqat mahsulotlaridagi kul moddasini aniqlash .....	156
3.2.1. Umumiy kul moddasi miqdorini aniqlash .....	157
3.3. Osh tuzi miqdorini aniqlash .....	162
3.4. Kislotalikni aniqlash .....	163
3.4.1. Titrlanadigan kislotalikni aniqlash .....	164
3.4.2. Aktiv kislotalikni aniqlash .....	169
3.4.3. Sutning aktiv kislotaligini <i>pH</i> -222.2 asbobida aniqlash ....	179
3.5. Oziq-ovqat mahsulotlaridagi qandlarni aniqlash .....	185
3.5.1. Qandlarni aniqlash usullari tasnifi .....	186
3.5.2. Tadqiq etilayotgan materialni tahlilga tayyorlash va ekstraktlarni tayyorlash .....	189
3.5.3. Mis oksidi tuzlari ishqoriy eritmalari qaytarilishiga asoslangan usullar .....	193
3.5.4. Glukozani fruktoza va shakar ishtirokida yodometrik aniqlash usuli .....	201
3.6. Kletchatkani aniqlash .....	203
3.6.1. «Nam» kletchatkani Kyurshner va Ganak bo'yicha aniqlash .....	205
3.7. Azotli moddalarni aniqlash .....	206
3.7.1. Umumiy azotni Kyeldal bo'yicha aniqlash .....	207
3.7.2. Oqsil miqdorini kalorimetrik usulda aniqlash .....	214
3.8. Oziq-ovqat mahsulotlaridagi yog'larni aniqlash .....	217
3.8.1. Yog' miqdorini ekstraksion aniqlash usuli .....	219
3.8.2. Yog'ni kislotali usul bilan aniqlash .....	222
3.9. Vitaminlarni aniqlash .....	227
3.9.1. C vitamini (askorbin kislotasi)ni miqdoriy aniqlash .....	228
Foydalanilgan adabiyotlar .....	237



F20 **FAYZIYEV J.S., QURBONOV J.M. Oziq-ovqat mahsulotlari tadqiqotining fizik-kimyoviy usullari.** Oliy o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma T.: «ILM ZIYO», 2009. — 240 b.

BBK 36ya73+36-1<sup>ya</sup>73

**JUNAYDULLA SA'DIYEVICH FAYZIYEV,  
JAMSHID MAJIDOVICH QURBONOV**

**OZIQ-OVQAT MAHSULOTLARI  
TADQIQOTINING FIZIK-  
KIMYOVIY USLUBLARI**

«Xizmat ko'rsatish» sohasidagi «Servis» ta'lim  
yo'nalishi uchun o'quv qo'llanma

Toshkent — «ILM ZIYO» — 2009

Muharrir *I. Usmonov*  
Badiiy muharrir *Sh. Odilov*  
Texnik muharrir *F. Samadov*  
Musahhih *M. Ibrohimova*

2009-yil 20-avgustda chop etishga ruxsat berildi. Bichimi 60x90<sup>1/16</sup>.  
«Tayms» harfida terilib, ofset usulida chop etildi. Nashr tabog'i 15,0.  
Bosma tabog'i 15,0. 500 nusxa. Bahosi shartnoma asosida.  
Buyurtma № 179.

“ILM ZIYO” nashriyot uyi. Toshkent, Navoiy ko'chasi, 30-uy.  
Shartnoma № 16 – 2009.

“KO'HI-NUR” MCH bosmaxonasida matn chop etildi.  
Toshkent sh. “Mashinasozlar” mavzesi, 4.

“PAPER MAX” XK bosmaxonasida muqovalandi.  
Toshkent sh., Sarikul ko'chasi, 34a.



«ILM ZIYO»

ISBN 978-9943-303-84-3



9 789943 303843