

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN DÖVLƏT İQTİSAD UNİVERSİTETİ
MAGİSTRATURA MƏRKƏZİ

Əlyazma hüququnda

Pərvin Nəriman oğlu Ballayev

MAGISTR DISSERTASIYASI

**«Buğdanın bişmə və xırdalanma proseslərinin optimallaşdırılması
yolu ilə etil spirtinin texnologiyasının təkmilləşdirilməsi»**

İxtisasın adı və şifri

060642 «Qida məhsulları mühəndisliyi»

İxtisaslaşma

Şərabçılıq və qıcqırma istehsalının texnologiyası

Elmi rəhbər:

dos. G.A.Abbasbəyli

Magistr proqramının rəhbəri:

dos. G.A.Abbasbəyli

Kafedra müdiri:

dos. M.H.Məhərrəmova

B A K I – 2 0 1 8

MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ	3
I HİSSƏ ƏDƏBİYYAT İCMALI.....	6
1.1. Azərbaycanca qida etil spirtinin istehsalında istifadə olunan əsas xammal-dənli bitkilər.....	6
1.2. Qida etil spirtinin istehsalı və taxılın emalının texnoloji mərhələləri.....	7
1.2.1. Taxılın üyüdülməsi və bişirilməsi.....	8
1.2.2. Taxıl yarmalarının su ilə qarışdırılması.....	9
1.2.3. Taxıl yarmalarının bişirilməsi.....	12
1.3. Nəmləşdirmədə nəmliyin diffuziya əmsalının hesablanması.....	18
1.4. Maya hüceyrələri ilə səməni arasında istilikdəyişməsi.....	23
1.5. Taxılın üyüdülmə nəzəriyyəsi və üyüdülmə dərəcəsinin qida spirtinin istehsalına təsiri.....	25
II HİSSƏ EKSPERİMENTAL HİSSƏ.....	27
2.1. Tədqiqatın obyektini.....	27
2.2. Tədqiqat metodları.....	31
2.3. Bişmiş buğda kütləsinin şəkərləndirilməsi.....	32
2.4. Şəkərləşdirilmiş kütlənin qıcqırılması və rektifikasiya spirtinin alınması.....	35
III HİSSƏ TƏDQIQATIN NƏTİCƏLƏRİ VƏ ONLARIN ANALIZI...	49
3.1. Buğda və qarğıdalı yarmalarının bişirilməsi zamanı nəmliyin diffuziya əmsallarının təyin edilməsi.....	49
3.1.1. Taxılın üyüdülməsi və bişirilməsi nəticəsində alınan kütlənin spirt qıcırmasının riyazi modelinin işlənməsi	49
3.1.2. Bişirilmiş buğda kütləsinin qıcırmasının riyazi modelinin işlənməsi.....	55
3.2. Buğda və qarğıdalı yarmalarının bişirilməsi zamanı nəmliyin diffuziya əmsallarının təyin edilməsi, bütöv və üyüdülmüş halların müqayisəsi.....	59
NƏTİCƏ.....	68
ƏDƏBİYYAT SİYAHISI.....	70

GİRİŞ

Qədim zamanlarda alkoqol ərəb dilində «al-kuhi» - yəni göz boyaları üçün işlədilən tozlara deyilirdi. Alkoqol həmçinin «ruhi essensiya»-da adlandırırıldı, bu da onun təsir keyfiyyətinə görə nəzərə alınmışdır. İspaniyanın uzun müddət ərəblərin əsarəti altında olduğu dövrlərdə alkoqol sözü Avropaya gətirilmişdir.

İlk dəfə fars həkimi alimi, yazıçısı və filosofu Abu Bakr Mohaməd İbn Zakariya ad-Razi tərəfindən alkoqol şərabı disdillə etməklə alınmışdır.

1334-cü ildə əlkimyaçı Arnode Villnev (Fransa) ilk dəfə olaraq üzüm şərabından distildə yolu ilə almışdır. Daha sonralar İtaliya və Fransız monastrları «aqua vital» (həyat suyu) adı vermişlər. Qida məhsullarından etil spirti tündlüyü 81h% olan xam spirt və 96-96,5h% rektifikasiya olunmuş spirt şəklində istehsal olunur.

İnsan yaşadığı dövrdə çoxlu miqdarda alkoqolsuz və alkoqollu içkiləri istər istəməz içməli olur. Lakin bu zaman əsas meyar qida rasionunda müasir insan üçün içkinin rolu və yeri haqqında etibarlı informasiyaya və içmək mədəniyyətinə malik olmaqdadır.

Dünyada inkişaf etmiş ölkələrdə alkoqollu içkilər ticarətdə əsaslı rola malikdir. Azərbaycanda isə rektifikasiya olunmuş qida etil spirtinin istehsalı 1990-cı illərə kimi yox dərəcəsində idi. Ona görə uzun müddət spirt və araq məmulatları Azərbaycana Rusiyadan və Ukraynadan gətirilirdi. Azərbaycan dövləti müstəqillik qazandığı və müstəqilliyimizin daima möhkəmləndiyi son illərdə qida etil spirtinin istehsalına xüsusi diqqət yetirilir. Artıq ölkəmiz investisiya qoyulan ölkədən investisiya qoyan ölkəyə çevrilmişdir və bu sahənin inkişafına real şərait yaranmışdır.

Azərbaycanda qida etil spirtinin istehsalı üçün keyfiyyətli və çox çeşidli xammal bazası mövcuddur. Bunlardan kartof, şəkər çuğunduru, üzüm, meyvə – giləmeyvə, dənli bitkilər – buğda, qarğıdalı, arpa və s. becərməsinə dövlət tərəfindən xüsusi yer ayrılır. İldən-ilə yuxarıda adları qeyd olunan kənd təsərrüfatı mallarını becərməklə yüksək məhsul almaq imkanları çoxalır.

Azərbaycan Respublikası Nazirlər Kabinetinin 21 dekabr 2005-ci il tarixli qərarına əsasən qida etil spirtinin istehsalı daha da artırılmışdır. Bunun üçün bir çox

qida etil spirti istehsal edən zavodlar tikilib istismara verilmişdir. Daxili bazarın qorunması və digər ölkələrdən idxal olunan alkoqollu içkilərin keyfiyyətinə qoyulan tələblərin artırılması yolunda əsaslı işlər aparılır. Azərbaycanda iş adamları tərəfindən İmişli rayonunda şəkər çuğunduru becərilir və yüksək məhsuldarlıqla şəkər emal edən zavod fəaliyyət göstərir. Bu zavod həm Azərbaycan əhalisinin şəkərə, həm də qida etil spirtinin istehsalına olan tələbatının ödənilməsinə xidmət edir. Ölkəmizdə həmçinin taxıldan etil spirtinin istehsalı üçün bir çox destillə aparatları qurulur və sayı artırılır. Qida spirtinin istehsal sahəsinin Azərbaycanda yaxın gələcəkdə yüksək inkişaf səviyyəsinə çatması üçün böyük işlər görülür.

Taxıl, kartof və melassadan istehsal olunan etil spirti şərabçılıq sahəsində likor, araq, şərab istehsalında və tibbdə istifadə olunur. Şərab (30-35%) və likor-araq (60-62%) istehsalında etil spirtindən geniş istifadə edilir. Həmçinin tibbdə dərmanların, peraparatların, dizinfeksiyaedici maddələrin alınmasında istifadə edilir.

Tədqiqatın əsas məqsədi Azərbaycanda yerli şəraitdə yetişdirilən dənli bitkilər emalından alınan qida etil spirtinin müasir texnologiyasının təkmilləşdirilməsidir. Taxılın üyüdülməsi və bişirilməsi proseslərinin optimallaşdırılması üsulu ilə spirtin istehsal texnologiyası təkmilləşdirilməsi imkanlarını öyrənmək və istehsala tövsiyə etmək tədqiqatın əsas məqsədidir.

Qarşıya qoyulan məsələnin aktuallığından irəli gələnləri nəzərə alaraq dissertasiya işinin əsas istiqamətləri aşağıdakı məsələlərin həllinə doğru yönəlmişdir.

a) məlum olan taxılın müxtəlif temperaturalarda bişirilməsi zamanı qeyristasionar diffuziya tənliyinin ədədi hesablamalara əsasən müqayisəli təhlil etmək;

b) buğda və qarğıdalı yarmalarının bişirilmə prosesini eksperimental tədqiq etmək, bu zaman temperaturanın dəyişməsinə nəzərə alaraq bişmə prosesinin modelini işləmək;

d) taxıl yarmasının bişirilmə müddətini və bişirilməyə sərf olunan istiliyini nəzərə alaraq optimal rejimi təyin etmək;

e) taxılın üyüdülməsinə sərf olunan elektrik enerjisinin ümumi miqdarını nəzərə alaraq optimal rejimi təyin etmək;

c) buğda və qarğıdalı yarmalarının bişirilməsi zamanı nəmliyin diffuziya əmsalını təyin etmək;

j) taxılın üyüdülməsi və bişirilməsi nəticəsində alınan kütlənin spirt qıçqırmasının riyazi modelini təkmilləşdirmək.

Tədqiqatda nəzərdə tutulan məsələlərin həllində elmin müasir məhrələsində qida məhsullarının, o cümlədən qida etil spirtinin alınma texnologiyasının təkmilləşdirilməsini klassik metod və üsullardan istifadə edilmişdir.

Tədqiqat əsasən Azərbaycan Dövlət İqtisad Universitetinin “Qida məhsullarının texnologiyası” kafedrasında və “Üzümçülük və Şərabçılıq Elmi-Tədqiqat İnstitutunda” aparılmışdır.

I HISSƏ. ƏDƏBİYYAT İCMALI

1.1. Azərbaycanca qida etil spirtinin istehsalında istifadə olunan əsas xammal – dənli bitkilər

Azərbaycanda qida etil spirti istehsalında əsasən dənli bitkilərdən – buğda, qarğıdalı və arpadan geniş istifadə edilir. Etil spirtinin keyfiyyəti aşağıdakı əsas texnoloji mərhələlərdən asılıdır. Taxılın xırdalanması (üyüdülməsi), taxılın su ilə qarışdırılması, alınan kütlənin bişirilməsi, səmənin fermentasiyası və rektifikasiyası.

Taxılın növü etil spirtinin keyfiyyətinə və texnoloji göstəricilərinə əsas təsir göstərir. Taxıl əsasən 3 anatomik hissədən ibarətdir: rüşeym, endocperma və qalıq. Bu dənələr əsasən 1-2% qarışıqlardan ibarətdir. Taxılın kimyəvi tərkibi onun növündən, sortundan, dənə - əsasən 2 növ xassəsi fərqləndirir: fiziki və fizioloji. Dənin fiziki xassələrinə aşağıdakılar aiddir:

1) Məsaməlik; 2) səpələnmə; 3) öz-özünə sortlaşma; 4) sorbsiya və desorbsiya xassəsi; 5) istilik, mübadilə və s.

2) Dənin fizioloji xassələrinə – tənəffüs, yetişmə və cücərmə prosesləri nəzərdə tutulur.

Taxılın tərkibindəki mikroorqanizmlərlə saxlamanın bütün dövrlərində zəngin olur. Bu mikroorqanizmlərin əksəriyyəti mezofil mikroorqanizmlərdir. Dənin saxlanması şəraiti mikroorqanizmlərə təsir edir. Taxıl kimyəvi tərkibinə görə əsasən 3 qrupa bölünür:

1) Nişasta ilə zəngin; 2) zülallarla zəngin; 3) yağlarla zəngin.

Taxılın tərkibində eyni zamanda su, azotlu maddələr, karbohidratlar, su, vitaminlər, diqmentlər və s. vardır.

Spirt istehsalında istifadə olunan taxılın keyfiyyətinə verilən tələblər aşağıdakılardır: nəmlik, zibil qarışıqlarının miqdarı, dən qarışıqlarının miqdarı, süsərmə enerjisi, zərərvericilərlə zədələnməsi. Yüksək çıxımlı və keyfiyyətli etil spirt almaq üçün əsasən tərkibində yüksək miqdarda nişasta olan, sağlam taxıldan istifadə olunur.

Etil spirtinin istehsalında səməni almaq üçün spirt zavodlarında buğda, səməni, arpa, çovdar, tritikale, yulaf və darıdan istifadə edilir. Müxtəlif dənliyərdən hazırlanan səmənidə üç ferment - α və β -amilaza və dekstrunaza müxtəlif miqdarda olur. Taxılı 3 böyük qruplara bölürlər:

1. darı; 2. yulaf; 3. qarğıdalı.

Qida etil spirti istehsal edən zavodlarda nişastanın artıq dərəcədə çox şəkərləşməsi və emal olunmuş xammaldan atil spirtinin çıxımını artırmaq məqsədi ilə darı və arpa qrup dənələrinin qarışıqından becərilən səmənidən istifadə edilir. Spirt istehsalı üçün əsasən təzə cücərdilmiş səməninin alınma texnologiyası aşağıdakı kimidir: taxılın təmizlənməsi və sortlaşdırılması, su ilə nəmləndirilməsi, cücərdilməsi, yeni cücərmiş səməninin əzilməsi, səmənidən alınan südünün hazırlanması.

Qida etil spirtinin yalnız qida məhsullarının emalından alınır. Ən çox qida spirti geniş yayılmış və iqtisadi cəhətdən ucuz kartofdan istifadə edilir. Çünki taxıla nisbətən kartof nişastasası asanlıqla parçalanır, yapışqanlaşır (və ya kleysterləşir) və şəkərlənir. Kartofdan başqa qida etil spirtinin istehsalı üçün dənli bitkilərdən – buğda, arpa, vələmir, çovdar, qarğıdalı, son illər şəkər çuğundurundan və şəkər patkasından geniş istifadə edilir. Eyni zamanda az olsa da üzumdən, meyvə-giləmeyvədən, yer armudu və təribində zəngin karbohidratlar olan xammaldan qida etil spirti alınır.

Texniki spirt isə əsasən neft məhsullarının turşu hidrolizi vasitəsilə istehsal olunur. Tərkibində çox miqdarda qarışıqlar oldubuna görə texniki spirt qida məqsədi ilə istifadə edilməsi qəti qadağandır.

1.2. Qida etil spirtinin istehsalı üçün taxılın emalının texnoloji mərhələləri

Hal-hazırda Azərbaycanda və xarici ölkələrdə qida etil spirtinin istehsalı üçün taxılın isti-su ilə emalı müxtəlif texnoloji sxemlər üzrə aparılır. Taxılın isti-su ilə emalının texnoloji mərhələləri aşağıdakılardır:

1. Taxılın üyüdülməsi;
2. Taxıl yarmasının su ilə qarışdırılması;
3. Taxıl qarışığının bişirilməsi.

1.2.1 Taxılın üyüdülməsi və bişirilməsi

Taxılın isti-su ilə emalının əsas məqsədi taxıl tərkibindəki nişastanın məhsulunun alınmasıdır. Spirt istehsalı müəssisələri də I mərhələdə taxılı üyüdürlər. Spirt zavodlarında əsasən çəkil və val şəkilli üyüdüclərdən istifadə edilir. Taxılın üyüdülmə dərəcəsi 60-95% 1 mm-lik ələkdən keçməsi ilə xarakterizə olunur. Spirt zavodlarında taxılı bir və ya mərhələdə istehsal edirlər.

Balşəkilli üyüdücü isə qarğıdalını üyütmək üçün istifadə olunur. Eynicinsli struktura malik material hazırlamaq bu üyüdüclər daha çox effektivdir. Bu zaman materila qəbuledicidən üyüdücüyə ötürülür və iki val arasında üyüdüclər. Valların biri hərəkət edir, digəri isə hərəkətsiz olur. Hal-hazırda bir çox istehsalat müəssisələrində yuxarıda qeyd edilən – horixontal üyüdüclərdən istifadə edilir.

Bal şəkilli üyüdüclər 3 növ olurlar: ikivallı, üçvallı və dövrvallı. Eyni zamanda üyüdülmə dərəcəsinə görə orta və daha xırda ölçüdə üyüdüclər. Belə üyüdüclər asan xidmət olunur, daha davamlıdırlar, elektrik enerjisinə qənaət olunur və yarmanın ölçüsünə nəzarət etməyə imkan yaradır.

Posiyada istehsal olunan «TEXNEKS» firmasının xırdayıcı üyüdücü aparatının texniki xarakteristikası aşağıdakı kimidir.

Cədvəd 1.1.

Xardayıcı və üyüdücünün texniki xarakteristikası

Parametrlər	Balşəkilli üyüdücü	Şaquli çəkil üyüdücü	Horizontal çəkil üyüdücü
Məhsuldarlıq t/saat	5 - 40	5 - 25	5 - 80
Hissəciklərin ölçülərinin diapazonu, mkm	600 - 2000	400 - 2000	50 - 2000
Gücü, kVt	15 - 90	75 - 110	110 - 355

1.2.2. Taxıl yarmasının su ilə qarışdırılması

Bircinsli qarışıq almaq üçün qarışdırıcıda taxıl krupalarının su ilə qarışdırılır. Qarışdırılma zamanı çalışmaq lazımdır ki, xəmirşəkili qarışıqlar olmasın, bu itgilərə səbəb olur. Qarışdırma prosesi aşağıdakı amillərdən asılıdır:

1. Qarışdırıcının formasından;
2. Qarışdırıcının fırlanma tezliyindən;
3. Suyun temperaturundan 50°C-dən yüksək olmamalıdır.

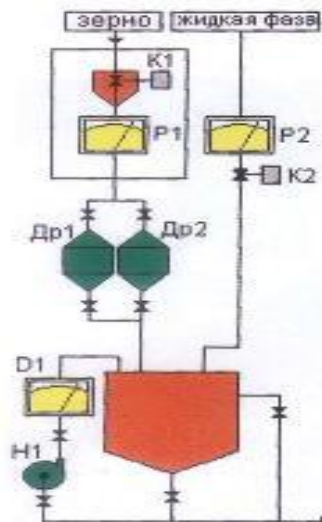
Kontakt başlıqlarda qızdırılmış qarışıq buxar ilə fasiləsiz buxar ilə qarışdırılır və lazım olan temperaturda saxlanılır.

Son zamanlar ǧaxıl yarmasının qarışdırılma və bişirmə mərhələlərində fermentlərdən geniş istifadə olunur. Xırdalanmış taxıl ilə eyni zamanda α - amilaza qarışdırıcıya daxil edilir. Nasos vasitəsi ilə kontakt başlıqdan qarışıq qarışdırıcıdan hidromexaniki və fetmertativ emalın birinci mərhələsinə ötürülür.

Bir çox tədqiqatlarda qarışdırıcılarda «taxıl – su» konturunu qarışdırma prsoesini avtomatlaşdırmaq təklif olunur. Qarışdırma prosesinin avtomatlaşdırılması bir çox spirt zavodlarında texnoloji parametrlərin daha da yaxşılaşmasına imkan yaradır. Şəkil 1.1.-də taxıl ilə maye fazanın qarışdırılması sxemi göstərilmişdir.

Laboratorya analizləri vasitəsi ilə tələb olunan sıxlıq qarışdırıcıda saxlanılır. Aşağıdakı 3 tənzimləyici konturlar sistem daxilində istifadə edilir:

- taxılın istifadəsini tənzimləyən kontur;
- maye fazanın istifadəsini tənzimləyən kontur;
- qarışdırıcıda «taxıl-su» qatılığını tənzimləyən kontur.



- k_1 – taxılın daxil olmasını tənzimləyən kran
- k_2 – maye fazanın daxil olmasını tənzimləyən kran
- p_1 - daxil olan taxılın miqlarını ölçən
- p_1 - sərf olunan maye fazanın miqdarını ölçən
- D_{p_1} D_{p_2} – işçi və ehtiyat taxıl üyüdücüsü
- D_1 – sıxlığı ölçən cihaz
- H_1 – nasos

Şəkil 1.1. Taxılın maye faza ilə qarışdırılmanın funksional sxemi

Taxıl qarışıqlarının hidromexaniki və fermertativ emalının birgə aparılması qırdalama (üyütmə) və qarışdırılma proseslərinin daha da effektiv aparılmasına şərait yaradır.

Qida spirtinin istehsalında dəyirmanların istifadə edilməsi aşağıdakı üstünlüklərə imkan yaradır:

1) kontakt fazanın səthinin sahəsini böyüdür, bu da rektifikasiya olunmuş spitin çıxımını və keyfiyyətini artırır, dəyirman taxılın üyüdülmə dərəcəsini artırır, nəticədə qıcırma müəddəti azalır;

2) dəyirmanın konstruksiyası daha sadədir, kiçik ölçülüdür, sanitariya normalara uyğundur, dəyirmanın yaratdığı səs-küy çəkilmiş üyüdücüdən azdır, icazə verilən norma həddindədir;

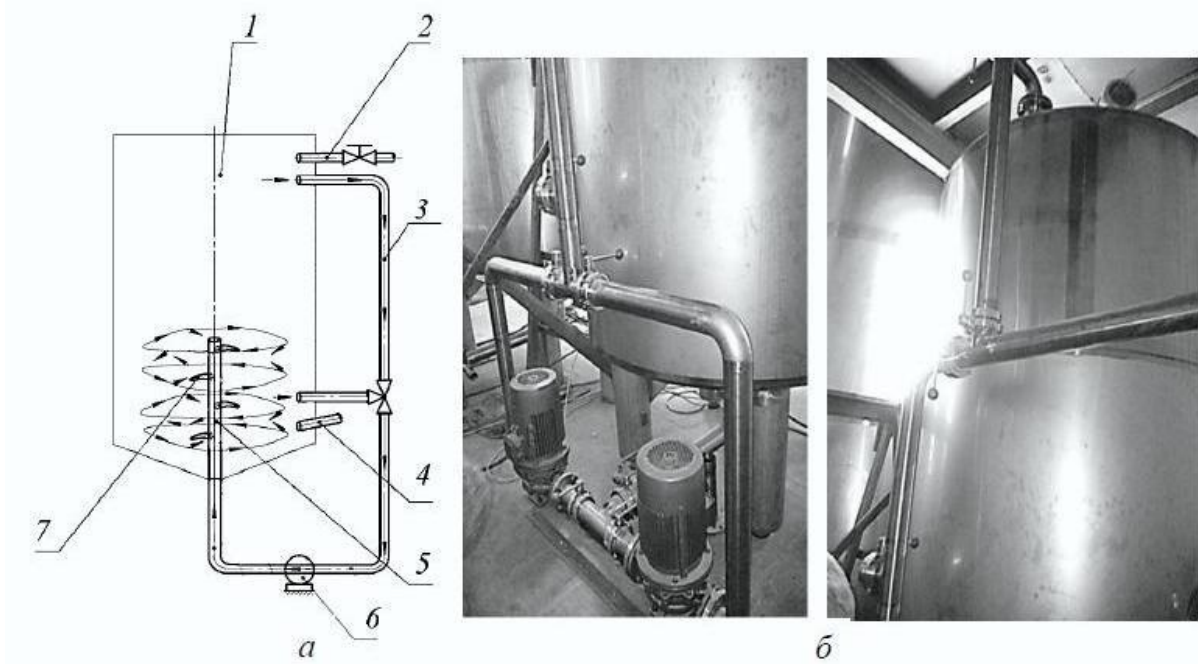
3) quru üyüdülmədən fərqli olaraq yaş üyüdülmədə otaqda toz olmur, bu da tox olan otaqlarda əlavə tədbirlərin görülməsi lazım olmur;

4) dəyirman nəinki, üyüdür, eyni zamanda taxılın homodenizasiyası üçün emulqator kimi yararlı olur.

Yuxarıda qeyd olunan aparatlarla yanaşı şırnaq konstruksiyalı qarışdırıcıdan da istifadə olunur. Belə qarışdırıcılar şırnağın enerjisinə əsaslanır və elektrik enerjisinin xüsusi çəkisinin azalmasına imkan yaradır, maliyyə imkanlarını artırır. Maye şırnağı qarışdırılma zamanı emal olunan taxıla təsir edir və klassik qarışdırıcıyı əvəz edir.

Qarışdırılma prosesi taxıl yarmadasında nişastanın hidrolizə xeyli təsir edir, bu da öz növbəsində alınan spirtin miqdarını artırır. Şəkil 1.2-də şırnaqlı qarışdırıcının

sxemi verilmişdir. 2-boru vasitəsi ilə qarış əsas işçi qaba (çənə) 1 verilir. İşçi qab tamamilə dolduqdan sonra qarışıq nasos vasitəsi ilə sirkulyasiya borusuna 3 verilir və yenidən 5 borusu vasitəsilə işçi qaba ötürülür. Ötürücü boruya 5 nasadkalar yerləşdirilib. Batmış şırnaqlar turbulent səviyyə yaradır, bu zaman qabın içində taxıl yarması qarışdırılır. Emaldan sonra keçici boru 4 vasitəsi ilə qarışıq başaldılır.



a –sxem; *b* –ümumi görünüş

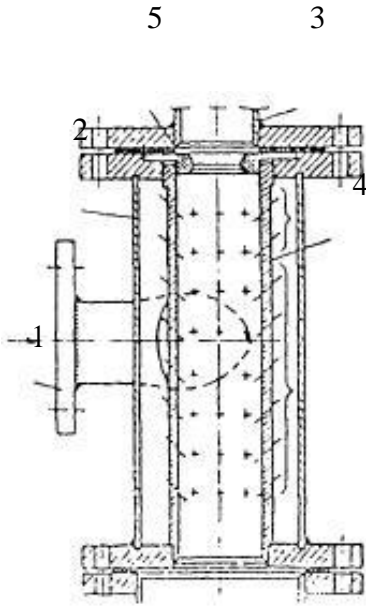
- 1) işçi qab; 2) daxil edən boru;
- 3) sirkulyasiya edən boru; 4) xaric edən boru;
- 5) qidalanan boru; 6) nasos; 7) nasadka

Şəkil 1.2 Şırnaqlı qarışdırıcının təcrübə nümunəsi

Bu qarışdırma prosesi hələ tamamilə öyrənilməmişdir. Yaxın gələcəkdə tətbiq olunması nəzərdə tutulur.

1.2.3. Taxıl yarmalarının bişirilməsi

Qarıxiq fasiləsiz nasos vasitəsi ilə kontaktlı başlıqın daxili borusuna verilir. Eyni zamanda 7-8 atm təzyiq altında qızdırılmış buxar daxil edilir. Bu zaman kontaktlı başlıq injektor kimi işləyir və buxar ilə taxıl qarışığının yaxşı qarışmasına imkan yaradır. Kontakt başlıqda qarışığın temperaturu 165-170°C kimi qızır. Bu üsul yüksək temperaturlu bişirilməyə aid olur.



- 1 - buxarın daxil olması üçün ştucer;
- 2 - korpus;
- 3 – qarışığın daxil olması üçün boru;
- 4 – daxili silindirik truba;
- 5 -soplo.

Şəkil 1.3 Kontaktlı başlıq

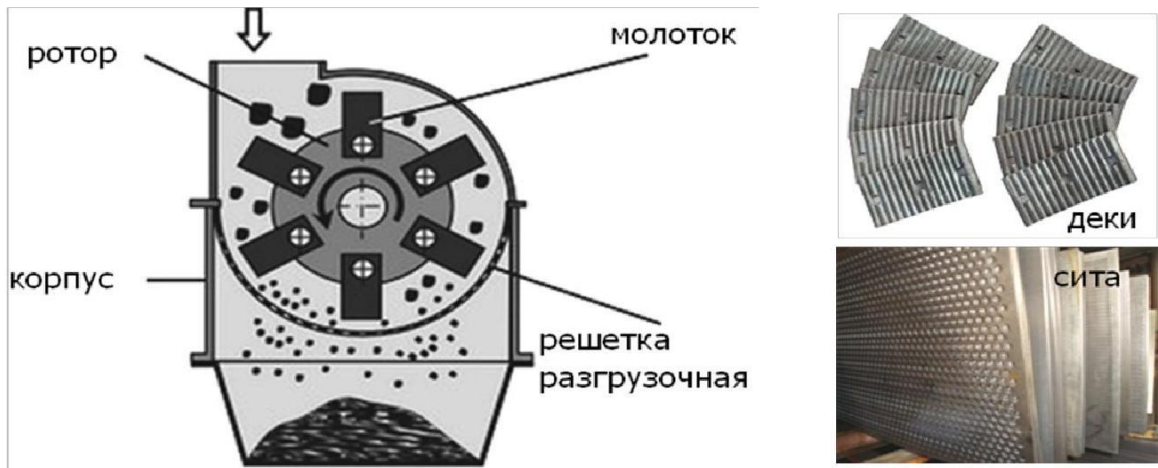
Kontaktlı başlıq birbaşa boru sistemli aparata birləşdirilir. Bu aparat 150mm diametri şaquli borulardan ibarətdir. Onlarda uyğun olaraq ardıcılıqla eyni diametrlili horizontal borularda düz bucaq şəklində birləşdirilib. Bütün birləşmə hissələrdə 40-50 mm. diametri açılışlar yerləşdirilmişdir. Diafraqmadan kütlənin keçdiyi zaman onun sürəti artır, təzyiqi və temperaturası azalır. Temperatur və təzyiqin dəyişməsi nəticəsində (diafraqmanın təsiri ilə) kütlə qarışığı və xammalın xammalın bitgi hissəsi üyüdüür. Qızdırılmış kütlə aparatdan çıxarıldıqda temperaturu 145-150°C olur. Kütlə aparatdan buxar seperatoruna, daha sonra bərkiməyə göndərilir.

Son zamanlar fasiləsiz bişirilmə geniş yayılmışdır. Spirtin çıxımı fasiləli bişirilmə metodundan 0,7-1,2 dal fasiləsiz bişirilmədə daha çox olur. Buxar və

nişastanın sərfi azalır. İrəlidə nümunə üçün spirtin alınmasının iki sxemini nəzərdən keçirək: Birinci sxemdə bişirmə aparatından kütlənin keçirilməsini 2-4 dəqiqədə və bişmə temperaturunu daha yüksək 130-140°C dötürək. İkinci sxemdə immə daha çox müddətdə 50-60 dəqiqədə və aşağı temperaturda 130-140°C-də bişirilir. İkinci metoda da müasir hesab olunur.

Şəkil 1.4.-də nisbətən aşağı temperaturda fasiləsiz olaraq xammalın nişastasının bişirilməsi texnoloji-aparat sxemi verilmişdir.

Ələk və deklər birlikdə rotor ilə maşının işlək hissəsini təşkil edir. xırdalama və üyüdülmə prosesinin əsas mahiyyəti odur ki, üyüdücüyə daxil olan xammalın hissəciklərə bölünməsi, çəkic üyüdücünün işçi hissələri ilə baş verir.



Şəkil 1.4.Çəkic üyüdücünün quruluşu və iş prinsipi

Spirt zavodlarında taxılın çəkiç üyüdücü ilə üyüdülməsi yüksək effekt verir. Şəkil 1.5-də çəkiç üyüdücü verilmişdir. Bu üyüdücüdə üyüdülmüş taxıl eyni ölçülü struktura malik olur və çox az una çevrilir.



Şəkil 1.5 – Şaquli çəkic
üyüdücüsü

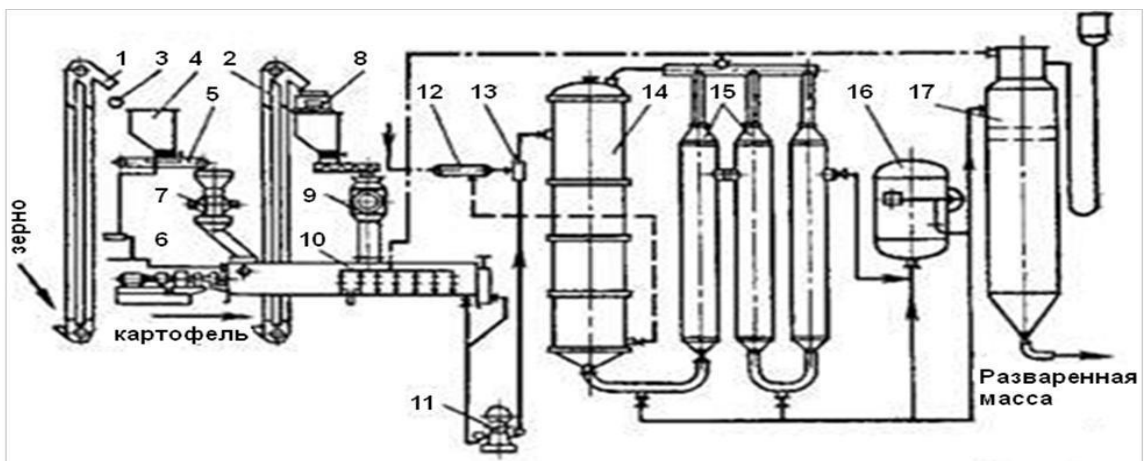


Şəkil 1.6 – Horizontal çəkic
üyüdücüsü

Şəkil 1.5. Şaquli çəkic üyüdücü

Klassik horizontal üyüdücü əsasən bir xətt üzrə yüksək səviyyədə üyüdülmə prosesini təmin edir. Üyüdülmə zamanı yarmada da sellüloxanın miqdarı hər bir hissədə yüksək olur (şəkil 1.6.)

Şəkil 1.6. Horizontal çəkici üyüdücüdən su və xammalın qızdırılmasında istifadə olunur.



Şəkil 1.7. Fasiləsiz nişasta xammalın (taxılın) texnoloji-aparat sxemi

1) Taxıl üçün elevator; 2) kartof üçün elevator; 3) maqnit separator; 4) taxalı qəbul edən bunker; 5) taxılın çəkisini doqalaşdıran (lentşəkilli); 6) suyun miqdarını tənzim edən (qapaq) klapan; 7) taxıl üçün çəkicli üyüdücü; 8) kartov üçün avtomat

tərəzi; 9) çəkicli üyüdücü; 10) bişirilmədən əvvəl qab; 11) nasos; 12) buxar kollektoru; 13) kontakt başlıq; 14) I mərhələ üçün bişirilmə kolonkası; 15) II mərhələ üçün bişirilmə kolonkası; 16) kütlənin səviyyəsini tənzim edən; 17) buxarseperatoru; 18) hidrablik tıxac.

Ölkəmizdə qarışıq mexanik-fermentativ emalı aparılır. Xəttin əvvəlində qarışıq bişirilir, 3 – mərhələli fermentativ emal prosesi aparılır. Kütlə və suslo 3-mərhələli peastik şəkilli istilikvericilərindən keçirilir.

Xəttin işlədilməsi zamanı istilikvericilərə taxılın üyüdülməmiş hissəsi və ya bütövü düşdükdə sıradan çıxır, xarab olurlar. Prastik şəkilli istilaikötürücülərin daxilindəki rezin qoruyucular yüksək temperaturdan tez xarab olur. Bu da xəttin çalışmamazlığını göstərir.

Fasiləsiz bişirilmənin bütün üsulları əsasən xammalın xırdalanmış (üyüdülmüş) halda emalına əsaslanır. Bu zaman taxıl qarışıqları nasoslar vasitəsi ilə ötürülür, bu da spirt emalında itgilərin azalmasına kömək edir.

İlk dəfə 100-105°C-də 1998-ci ildə Rusiyada taxıl xammalının emalı tətbiq olunmuşdur. Bu üsulda aparatlar daha sadədirlər, lakin spirtin keyfiyyətinə və çıxımına emal olunan taxıl xammalının keyfiyyəti daha çox təsir göstərir. Əsasən taxıl xammalı yaxşı, bircinsli üyüdülsə, son məhsulun spirtin keyfiyyəti daha yüksək olur. Məlumdur ki, saxlanmağa və emala istifadə olunan xammal – taxıl torpaqdan, havadan, mikroorqanizmlərlə çirklənirlər. Aşağıdakı cədvəldə aşağı nəmlikdə 1 il müddətində saxlanılmış 1q. keyfiyyətli buğda dənəsində olan mikrofloranın tərkibi göstərilmişdir.

Cədvəl 1.2.

Saxlanılmış buğdanın mikroflorasının tərkibi

Taxıl	1q-da mikroorqanizmlərin ümumi miqdarı	Faizlə nisbətə			
		Presud. herbicda	Maya	Kif	Spor-əmələgətirici bakteriyalar
Buğda	138400-192100	90,4	2,5	3,5	3,6

Bütün mikrobların məhv edilməsi üçün taxıl xammalı 100°C və yüksək temperaturda sterilizə olunması vacibdir. 35-40°C-dən və 90-95°C kimi fermentativ emal zamanı maya mikroorqanizmləri məhv olur. 60°C-də 30 dəqiqəyə kif göbələrələri və

80°C-də 30-60 dəqiqəyə isə bir çox basil məhv olurlar. Lakin bəzi istiyə davamlı basil sporları 105°C-dən 120°C kimi və yüksək temperaturda məhv olurlar.

Cədvəl 1.3-də α - amilaza ilə sterilizasiya zamanı temperatura davamlı sporların taxıl kütləsində məhv olması verilmişdir. Temperaturaya davamlı sporların məhv olması üçün mütləq temperaturanı artırmaq lazımdır.

Cədvəl 1.3.

Qızdırma zamanı sporların məhvolma müddəti dəqiqə ilə

Mikroorqanizmlər	Temperatura, °C							
	100	105	110	115	120-121	125	130	135
Bac.stearothermorhilus	-	-	-	-	12	-	-	-
Bas.subtilis	6-7	-	-	-	-	-	-	-
Cl.botulnum	300	120	90	40	10	-	-	-
Çürümə əmələgətirmə	780	170	41,6	15,6	5,6	-	-	-
Termofil	834	405	100	40	11-12	3,9-4,6	1,7-2,2	0,7-0,9
Torpaq basılı	1020	420	120	15	6	-	-	-

Spirit zavodlarında dənələrin aşağı temperaturda emalı da tətbiq olunur. Eyni zamanda vaxıl xammalının mexaniki-fermentativ emalını daha aşağı temperaturda biokalizimi aparırlar. Həmçinin qarışıqın hazırlanmasından əvvəl mexaniki qurğuların tətbiq edilməsi nəzərdə tutulur: narın üyüdülmüş taxılın tex su ilə qarışdırılması, qarışdırıcıda kütlənin tamam, şişməsini gözləmək, sürətli qarışdırıcı vasitəsi ilə nişastanın həlli almaq. Hidroriz prosesi üçün α - amilaza, qlukoamilaza, fermentativ maddələr – ksilanazlar, sellulozlar və s.

Bir çox tədqiqatlarda taxılın aşağı temperaturu emal mərhələləri aşağıdakılardır: taxılın mexaniki qarışıqlardan təmahlə təmizlənməsi, çəkcik üyüdücüdə taxılı bircinsli yüydək və s.

Şəkil 1.8-də aşağı temperaturda emalın sadə prinsipial sxemi verilmişdir. Bu sxem ilə deffektli taxılın emalı nəzərdə tutulur.

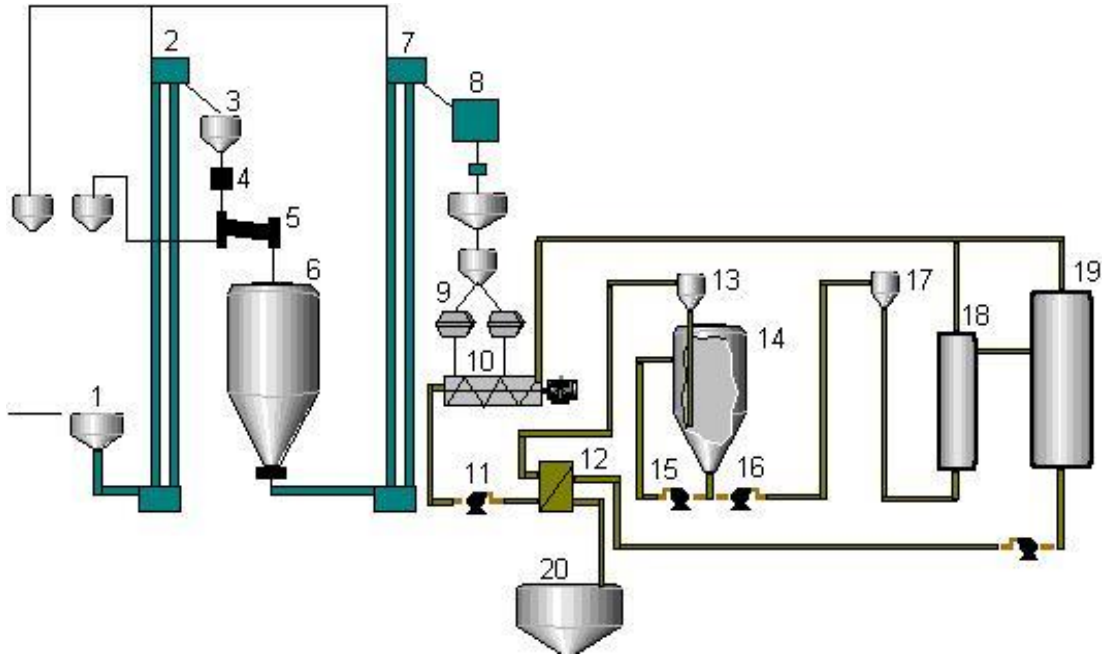


1 – isti su bakı; 2 – bunker; 3 – üydücü; 4 – forqarışdırıcı; 5 – homohenizatorla qarışdırıcı; 6,8,9 – nasoslar; 7 – AFO; 10 – fermen preparatlar olan qablar; 11 – antiseptik; 12 – istilikdəyişdirici; 13 – maya; 14 – qıcdırma çəni.

Şəkil 1.8 Aşağı temperaturda emalın prinsipial sadə sxemi

Bir çox alimlər əvvəlcədən üydülmüş taxılı α - amilaza ilə qarışdırıb 60-90°C-də fasiləsiz olaraq istilik verməklə qarışdırıb, təzyiq altında 60° soyudaraq, bərkiməyə göndərilməsini təklif etmişlər. Bu zaman buxarın sərfi 60% və itgilərin miqdarı azalır. Şəkil 1.9-da mexaniki-fermentativ hazırlıqlı nişasta xammalının emalının texnoloji sxemi verilmişdir.

Əlavə qarışıqlardan təmizlənmiş kartof və taxıl 9-çəkcik üydücüyə daxil edilir. Üydülmüş xammal su və α - amilaza ilə birlikdə qarışdırıcıya dozalandırıcı vasitəsi ilə dazil edilir. Qarışdırıcıda temperatur 50-55°C isti su vasitəsi ilə saxlanılır. Daha sonra qarışıq I mərhələdə nasas 11 vasitəsilə hidrodinamik və fermentativ emal üçün 14 aparatına (QDFO-1) daxil edilir. Kontakt başlıqda qarışıq tez 65-70°C- kimi qızdırılır 120-150 dəqiqə müddətində mexaniki qarışdırıcı ilə qarışdırılır. Temperaturu daimə sabit saxlaman üçün 65-70°C temperaturda buxar verilir.



Şəkil 1.9 Nişasta xammalının qızcırma üçün mexaniki fermentativ texnoloji sxemi

Sonrakı II mərhələdə qızdırılmış qarışıq 16 nasos vasitəsi ilə 18 QDFO-2 aparatına verilir və qarışıq 80-90°C kimi qızdırılır və 30-40 dəqiqə həmin aparatda saxlanılır. QDFO-2 aparatından qarışıq 19 buxar seperatora daxil edilir. Nəzərə almaq lazımdır ki, texnoloji proses ancaq ələkdən 1mm. ölçülərdə 75-80% keçən üyüdülmüş ǧaxıl üçün daha effektivlidir. 3 mm. deşikləri olan ələkdə 0,2% - çox qalıq taxıl olmamalıdır. Ferment aparatları əsasən 1 q – şərti nişastanın aktivliyinə uyğun doxalaşdırılır: 1,5-2,0 vahid α - amilaza QDFO-1 qarışdırıcıya və 6,0-6,5 vahid qlukoamilam bərkidiciyə.

Qeyd etmək lazımdır ki, aşağı temperaturda bişirilmə sxemləri bir o qədər də istehsalatda geniş yayılmamışdır.

1.3. Nəmləşdirmədə nəmliyin diffuziyasının əmsalının hesablanması

Nəzərə almaq lazımdır ki, bişirilmə prosesinin modelləşdirilməsində nəmlik bütün proses boyu diffuziya ilə dənəyə daxil olur. Bunun üçün məlum ədəbiyyat-

lardan istifadə edərək buğda və qarğıdalı dənələrinin nəmləşdirilməsində və qurudulmasında diffuziya əmsalını müəyyən edək.

Təcrübə nəticəsində nəmləşdirmə prosesinin 10-dan 98,3°C-kimi temperaturlarda diffuziya əmsalı hesablanır. Bu diapazonda taxılın hansı növündən asılı olmayaraq Arrhenius formuluna əsaslanır. 1.4 cədvəlində buğdanın nəmləşməsi zamanı diffuziya əmsalının qiymətləri verilmişdir.

Cədvəl 1.4

Buğdanın nəmləşdirilməsi zamanı diffuziya əmsalı

Mənbə	Buğda sortu	Temperatura	Diffuziya əmsalı, $D \cdot 10^{10}$, m^2/S
99	Endosperm Grandin	22	0,8
	Amidon		0,55
	Renville		0,73
	Jagger		0,91
	TAM107		1,4
	Madsen		0,6
	Rely		0,46
	Penawawa		0,55
	Vanna		0,57
99	Bağlangıç hissə	22	
	Grandin		0,13
	Amidon		0,16
	Renville		0,13
	Jagger		0,13
	TAM107		0,042
	Madsen		0,19
	Rely		0,32
	Penawawa		0,42
	Vanna		0,29
82	Aotea (эндосперм)	22	1,8
94	Otane	22	12
80	Thatcher	20,8-79,5	0,069-7,2
81	Thatcher	25	0,018-0,031
90	Ponca	26,7-98,3	0,027-2,456
	Vernum	30-86	0,022-0,752
	Seneca	26,7-98,3	0,031-1,409
	Brevor	30-86	0,027-0,891
119	Buğdanın mərkəzi	10	0,011
		50	0,1
101	Buğdanın mərkəzi	25	0,028
		35	0,0418
		45	0,0624

		55	0,106
		65	0,136
100	Dağılmış buğda	22	
	Grandin		0,62
	Amidon		0,41
	Renville		0,55
	Jagger		0,70
	TAM107		1,09
	Madsen		0,48
	Rely		0,47
	Penawawa		0,44
	Vanna		0,44
100	Bütöv buğda	22	
	Grandin		0,18
	Amidon		0,17
	Renville		0,17
	Jagger		0,19
	TAM107		0,05
	Madsen		0,20
	Rely		0,23
	Penawawa		0,29
	Vanna		0,25

İndi də qarğıdalının dənində, ruşeymində və nişastasında nəmliyin diffuziya əmsalını hesablayaq. Qarğıdalının kütlədəyişmə və fiziki-kimyəvi xassələrini mexaniki qarışdırmadan müxtəlif temperaturalarda müəyyənləşdirilir. Bunun üçün 70, 100°C temperaturalarda qarğıdalını nəmləşdirirlər. Su – qarğıdalının nisbəti 1:3 qəbul edilir. 1.1 düsturundan istifadə edərək D-diffuziya əmsalı hesablanmışdır.

$$E = \frac{C - C_{\infty}}{C_0 - C_{\infty}} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[- \frac{(2n+1)^2 \pi^2 D \tau}{4 a^2} \right] \quad (1.1)$$

harada

E – ifrat buxarın miqdarı; C – τ - müddətində nəmliyin konsentrasiyası; C_0 – $\tau=0$ zamanında nəmliyin ilk konsentrasiyası; C_∞ - nəmliyin konsentrasiyasının tarazlığı; a – paralepipetin tərəflərinin ölçüsü.

İfrat tənliyinin miqdarı aşağıdakı düstur ilə hesablanır.

$$E = \int_0^{\tau} \left(\frac{dC}{dt} \right)_{b^2} + \int_0^{\tau} \left(\frac{dC}{dt} \right)_{c^2} + \int_0^{\tau} \left(\frac{dC}{dt} \right)_{d^2} dt = E_b E_c E_d = f(D, \tau, a), \quad (1.2)$$

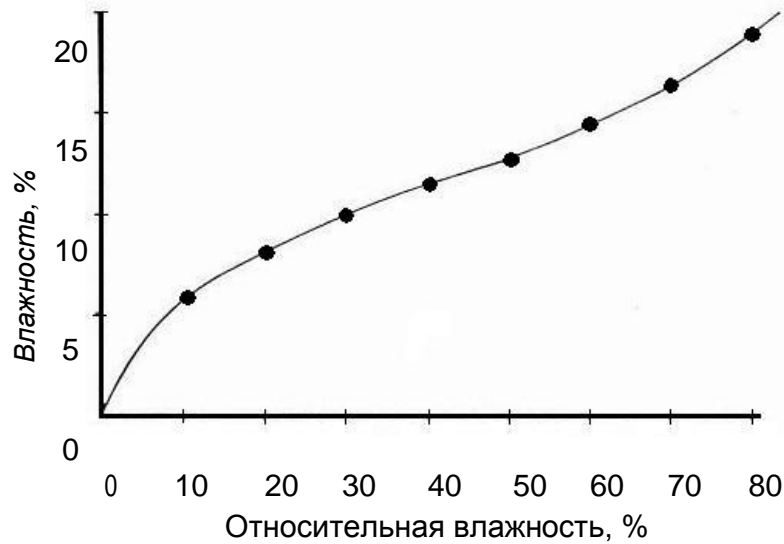
harada b, c, d - paralepipetin uyğun olaraq uzunluğu, eni və qalınlığı t – bişirilmə t -ru.

Bəzi tədqiqatlarda qarğıdalı nişastasının qurudulması hava nəmlik 56 və 62% olduqda aparmışlar. Təcrübənin nəticələrinə əsaslanaraq diffuziya əmsalı 25°C-də 1.3. düsturu ilə hesablanmışdır.

$$\frac{m - m_e}{m_0 - m_e} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp \left(- \frac{n^2 \pi^2 D \tau}{r^2} \right), \quad (1.3)$$

harada m - τ vaxtında dənin daxilində həmliyin qatılığı, m_0 - $\tau=0$ vaxtında yəni əvvəldə nəmliyin qatılığı, m_e – tarazlığa nəmliyin qatılığı, D – diffuziya əmsalı, τ - koordinat.

m_e –nin qiyməti şəkil 1.9-da göstərilən əyridən tapılmışdır. 25°C-də qarğıdalı nişastasının izotermik sorbsiyası zaman əyri alınmışdır.



Şəkil 1.10 Qarğıdalı nişastasının 25°C-də sorbisiyasının əyrisi

Aşağıdakı cədvəl 1.5- də qarğıdalı rüşeymi ilə dəninin 75, 80, 90% nəmlikdə və 25, 30, 35 və 40°C-də qurudulması zamanı diffuziya əmsalının qiymətləri verilmişdir.

Cədvəl 1.5

Qarğıdalı rüşeymi və dənində diffuziya əmsalları $D \cdot 10^7$, m^2 /saat

Temperatur °C	Nisbi nəmlik, %	Qarğıdalı		
		Dəni (növləri)		Rüşeym
		FR27 x MO17	P3576	
25	75	0,97	0,97	0,26
	80	0,68	-	0,16
	90	0,60	0,83	0,15
30	75	1,01	1,36	0,49
	80	0,90	-	0,20
	90	0,78	1,20	0,17
35	75	1,24	1,71	0,60
	80	1,20	-	0,32
	90	0,88	1,09	0,24
40	75	1,40	1,65	1,03
	80	1,32	-	0,39

Bəzi tədqiqatlarda buğda dəninin diffuziya əmsalı 55 və 75°C temperaturda uyğun olaraq $7 \cdot 9,488 \cdot 10^{-11} m^2/S$ və $1,768 \cdot 10^{-10} m^2/S$ qiymətlər almışdır.

Fermentativ qarğıdalının 60, 65 və 70°S-də qurudulması zamanı effektiv diffuziya əmsalı $D_{eff} m^2/S$ 1,4 düsturu ilə hesablanmışdır.

$$\frac{M - M_0}{M_0 - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \exp \frac{-(2n-1)^2 \pi^2 D_{eff} \tau}{4l^2}, \quad (1.4)$$

Harada $M - \tau$ vartında qarğıdalı dənində nəmliyin konsentrasiyası; $M_0 - \tau=0$ vartında, yəni əvvəldə nəmliyin konsentrasiyası M_e – tarazlılıqda nəmliyin konsentrasiyası.

Effektiv diffuziya əmsalı yuxarıda (1.4) düsturuna əsasən hesablanmış və cədvəl 1.6-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1.6

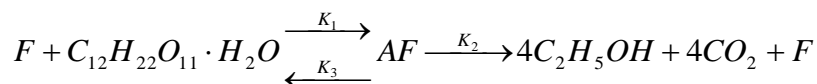
Effektiv diffuziya əmsalı

Quruducu agentin sürəti (hava) m/s	Qurutma temperaturu	Effektiv diffuziya əmsalı, $M^2/S (D_{eff} \cdot 10^{-11})$
1,37	60	2,78
1,37	65	2,95
1,37	70	3,06

1.4 Maya hüceyrəsi ilə səməni arasında istilik dəyişməsi

Qıcqırma prosesi əsasən qlukozanın etil spirtinə və karbon qazına parçalanması, kütlə dəyişikliyi ilə mürəkkəbləşir. Reaksiya əsasən maya hüceyrələrinin daxilində gedir, bu da maya ilə əhatə olunmuş qlukozaya daxil olur. Hüceyrənin içində əmələ gələn etil spirti və karbon qazı kütlə dəyişməsi nəticəsində xarici mAyeyə qarışır. Bununla əlaqədar kütlə dəyişmə prosesinin sürəti qıcqırma prosesinin kinetikasına təsir edir. Fermentativ reaksiyada aşağıdakı S komponent iştirak edir: ferment, qlukoza, qlukoza ilə ferment birləşməsi, etanol və karbon qazı.

Qıvcırma modeli maddənin hüceyrəsinin içində və xarici maye hissədə tarazlığa əsaslanır. Maddə osomotik qüvvə nəticəsində hüceyrəyə diffuziya ilə daxil olur. Fermentativ reaksiya mayalarda aşağıdakı kimi baş verir:



$C_{12}H_{22}O_{11}$ - saxaroza, F - ferment, AF - aralıq komponent, C_2H_5OH - etil spirt, CO_2 - karbon qazı K_1, K_2, K_3 düzünə və əksinə reaksiyaların əmsalları.

Buxar mayenin tərkibi fermentativ reaksiyaya və kütlə dəyişməsinə əsasən dəyişir. Buxar mayesinin qıvcırması proseslərinin aşağıdakı tənlikləri alınmışdır.

$$\frac{dC_A}{d\tau} = (-K_1 C_F C_A + K_3 C_{AF}) + K_2 S(C_A^* - C_A) / V, \quad (1.5)$$

$$\frac{dC_F}{d\tau} = (-K_1 C_F C_A + (K_2 + K_3) \cdot C_{AF}), \quad (1.6)$$

$$\frac{dC_{AF}}{d\tau} = -\frac{dC_F}{d\tau}, \quad (1.7)$$

$$\frac{dC_B}{d\tau} = 4 \cdot K_2 C_{AF} + K_2 S(C_B^* - C_B) / V, \quad (1.8)$$

Harada C_A, C_F, C_B, C_{AF} - maye buxarda saxarozanın, fermentin, spirtin və aralıq komponentin qatılığıdır, τ - qıvcırma müddəti, saat; K_B, K_A - saxaroza və spirtin maye buxardan xaricə kütlə dəyişməsi əmsallarıdır, m/s ; V_n - buxar mayenin həcmi, m^3 ; S - kütlə dəyişməsinin səthi, m^2 ; * - indeksi ilə tarazlıq vəziyyət, indeks Π və H - ilə buxar və xarici maye göstərilir.

1.5. Taxılın üyüdülmə nəzəriyyəsi və üyüdülmə dərəcəsinin qida spirtinin istehsalına təsiri

Bir çox təcrübi tədqiqatlar göstərdi ki, zəif üyüdülmüş taxıl xammalının isti – su emalı aşağı temperaturalarda daha effektivdir. Bu zaman buxarın sərfi azalır və etil spirtinin çıxımı artır. Eyni zamanda bir çox təcrübələr əsasında məlum olur ki, spirtin çıxımı ilə taxılın üyüdülmə dərəcəsi arasında tam asılılıq vardır. Ələklərdə üyüdülmüş taxılın ölçülərinə görə aşağıdakı fraksiyalara ayrılırlar: zəif (0-0,5 mm), xırda (0,5-1mm), orta (1-2mm) və iri (2-3mm). Məlum olur ki, daha çox spirtin çıxımı 1t. zəif üyüdülmüş taxıldan alınır. Beləliklə, müəyyən olunmuşdur ki, üyüdülmə elektrik enerji sərfi, spirtin çıxımı, bişirilmə rejimi asılıdır. Hissəciklərin ölçüləri nə qədər kiçik olursa, elektrik enerjisi daha çox zərflənir, lakin bişirilmə rejimi daha sadə olur və son mərhələdə qida etil spirtinin çıxımı çoxalır.

Müasir nəzəriyyələr taxılın üyüdülmüş dərəcəsinin enerji sərfini hesablamağa imkan vermir. P.Rettinger (1867-ci il), V.L.Kirpiçevin və Kikin hipotezləri məşhurdur. Rettingerin nəzəriyyəsinə əsasən üyüdüldükdən sonra alınan hissəciklərin səthi ilə üyüdülməyə sərf olunan iş düz mütənasibdir. Kirpiçevin nəzəriyyəsinə görə daxili möhkəmliyin gücü üyüdülmüş hissəciklərin həcmi ilə düz mütənasibdir. P.Rittingerin nəzəriyyəsi səthi, V.L.Kirpiçevinki həcmi adlandırılır. Birinci nəzəriyyə əsasən sürtünməyə və dağılmaya əsaslanır və kiçik ölçülü xırdalanma və zəif üyüdülmədə istifadə edilir. İkinci isə böyük və orta xırdalanmaya, yəni maddənin əzilməsinə və burulmasına əsaslanır. Daha sonra bir çox alimlər öz nəzəriyyələrini təklif etmişlər, bu nəzəriyyələr səthi və həcmi nəzəriyyələrin arasında yer tuturlar. Buna görə empirik tənlikdən istifadə edilir.

S.V.Melnikov tərəfindən taxılın üyüdülməsi üçün sərf olunan xüsusi işi hesablamaq üçün aşağıdakı tənliyi təklif etmişdir.

$$A_{\text{üyüd}} = C_1 \lg \lambda + C_2 (\lambda - 1) \frac{D_j}{kq} \quad (1.9)$$

burada λ - üyüdülmə dərəcəsi (üyüdülmüş maddənin ölçüsünün əvvəlki dənələrin ölçülərinə nisbəti)

C_1, C_2 - üyüdülmə maddəsinin xassələrindən asılı olan əmsaldır

$$\text{Taxıl üçün } C_1 = 12k \frac{Dj}{kq} \quad \text{və} \quad C_2 = 8k \frac{Dj}{kq}$$

Taxılın üyüdülməsi üçün lazım olan gücü aşağıdakı düstür ilə hesablayırlar.

$$N = G_T A_{\text{üyüd}} \quad (1.10)$$

Burada N - xırdalanmış gücü V_t , G_T - mal olunan taxılın miqdarı

B.A.Ustinov tərəfindən spirtin çıxımının, taxılın xırdalandıqdan (üyüdüldükdən) sonra ölçüləri ilə asılılıq aşağıdakı tənliklə göstərilib:

$$Y = A - Bd \quad (1.11)$$

Harada Y -lt. məlum üyüdülmə dərəcəsinə əsasən spirtin çıxımı; A, B – xammalın nöçündən, vəziyyətindən və bişirilməsindən asılı olan əmsallar; d – dənəciklərin orta ekvivalent diametri, mm.

Diametri 0,5-dən 3mm-ə kimi olan, buğda yarmaları üçün tənlik belə olar.

$$Y = 66,2 - 0,43d \quad (1.12)$$

(1.9) – (1.12) tənlikləri bu dissertasiyada taxılın üyüdülmə və bişirilmə proseslərinin optimallaşdırılmasında istifadə edilir.

II HİSSƏ. EKSPERİMENTAL HİSSƏ

2.1. Tədqiqatın obyektı

Tədqiqatın əsas məsələlərindən biri istifadə olunan xammal taxıdır. Tədqiqatın əsas obyektləri və istifadə olunan taxıl – buğda, qarğıdalı, arpa, barja, barja distillat, rektifikasiyalı spirt. Texnoloji rejimlər Azərbaycanın bir çox spirt emalı zavodlarında tətbiq olunmuşdur və təcrübədən keçirilmişdir. Buğda və qarğıdalı dənələrinin bişirilməsi təcrübi tətbiqi, bir neçə spirt zavodlarında aparılmışdır. Yarmaların üyüdülmə dərəcəsi 1 mm. ələkdən 90% keçən yarma hissəciklərinə uyğun götürülmüşdür.



bugda

qarğıdalı

aqra

Şəkil 2.1. Etil spirtini almaq üçün emal olunan əsas dənli bitkilər (taxıl)

Şəkil 2.1-də əsas taxıl – buğda, qarğıdalı və vələmirin şəkilləri verilmişdir. Bu taxıllar əsasən qida rektifikasiyalı spirtin alınması üçün əsas xammallardır. Bu dənli bitkilərdə nişastanın miqdarı digər dənli bitkilərdən xeyli fərqlənir və çoxdur. Ona görə buğda, qarğıdalıdan və vələmirdən alınan qida spirtinin tərkibində ixopronil spirti çox az $0,5-0,6 \text{ dm}^3/\text{dm}^3$ olur. Buna əsasən «Ekstra» və «Lyuks» spirtləri bu taxıllardan istehsal olunur.

Yuxarıdakı şəkildə göstərilən xammal taxıl növləri Azərbaycanda bir çox zavodlarda və sexlərdə istifadə olunur.

Təcrübə üçün hər iki – çəkil və çəkil-val şəkilli üyüdücülərdən istifadə edilmişdir. Yarmaları su ilə qarışdırmaq üçün qarışdırıcı olan qarışdırma aparatından

istifadə olunur. Şəkil 2.2-də 1 mm. diametri ələkdən 90% keçirilmiş qarğıdalı (*a*) və buğda (*b*) yarmaları göstərilmişdir.



Şəkil 2.2. Qarğıdalı (*a*) və buğda (*b*) yarmaları

Hər iki ekspertimentdə 2 mərhələli bişirilmə prosesi aparılmışdır. I mərhələdə yüksək təzyiqdə bişirilmə prosesi, II mərhələdə soyudulma, bərkidilmə prosesi təzyiqin kəskin düşməsi hesabına aparılır. Bu zaman təkrar (II) buxar ayrılır.



Şəkil 2.3 Rektifikasiya aparatları



Şəkil 2.4. Rektifikasiya aparatları

Şəkil 2.3. və 2.4-də spirt zavodlarında sexlərdə rektifikasiya aparatları göstərilmişdir.

Yuxarıda adları çəkilən zavodlarda – taxılın emalı nəticəsində alınan qida etil spirti yüksək keyfiyyətli olub, «Ekstra» və «Lyuks» markalarına uyğundur.

Gündə 3000 dal rektifikasiyalı spirt almaq üçün üçkoloqkalı aparat diametri 1600 mm. olan qıçqırtma kolonkasından, diametri 1200 mm. olan distilləyic kolon-

kasından və diametri 1600 m. olan rektivikasiya kolonkasından ibarətdir. Qıvcırtma kolonkası 24 qabdan ibarətdir və rektivikasiya kolonkasına oxşayır. Distilləyici kolonka 39 qab vardır. Bunların 20-i əsas qidalandırıcıdır. Rektivikasiya kolonkası 82 qaba malikdir, bunlardan 16 qab qidalandırır. Tərkibində 2-nponanol 1mq/dm^3 olan rektivikasiyalı spirt almaq üçün emal sxeminə yenə də təmizləyici kolonka birləşdirilir.

Həmçinin nümunə üçün götürüləcək spirtin və yağın miqdarı, yeri müəyyən edilmişdir. Rektivikasiya kolonkasının fasiləsiz iş rejimi işlənilib hazırlanmışdır. Bir çox tədqiqatlarda buğda, qarğıdalı və buğda-arpa qarışığından alınan rektivikasiyalı spirtin keyfiyyəti öyrənilmişdir.



Şəkil 2.5. Barj, yağ və spirt

Şəkil 2.5-də şüşə qablarda birjanın, yağın və rektivikasiyalı spirt verilmişdir. Spirt qarğıdalıdan alınmışdır.

2.2. Tədqiqat metodları

Tədqiqat aparmaq üçün ələk analizi, xromatoqrafik analizi, miqdarı analizi və setka metodlarından istifadə olunmuşdur. Fermentativ bişirilmə zamanı əsasən ferment kimi 2 – amilazadan istifadə edilmişdir. Qarğıdalı yarmasının qacqırması üçün «NPTurb» mayalarından istifadə edilmişdir. Spirt – su məhlulunun möhkəmliyi standartlara uyğun «Su-spirit məhlulları etil spirtinin qatılığının təyin edilməsi metodu» - ilə təyin edilmişdir. Üyüdülmə dərəcəsi Beynəlxalq standartlara uyğun «Kombi-yem Mədəni və yabanı bitgi dənələrinin üyüdülmədə üyütmə dərəcəsi və üyüdülməmişlərin miqdarı».

Laboratoriya analizlərini aparmaq üçün termostatdan, mikroskopdan, mərhələlərlə işləyən şərti rektifikasiya gurgusundan istifadə edilmişdir. Bişmə prosesinin hesablama proqramı (proqramlaşmış) Pascal dilində aparılmışdır. Texnoloji sxeminin hesablama proqramı HYSYS inteqrallaşmış mühitdə işlənmişdir.

Spirt qarışığının tərkibi qaz «Kristall-2000M» xromatoqrafında müəyyən edilmişdir. Burada qaz-daşıyıcı kimi azotdan istifadə edilir. Eyni zamanda qarışıqlarda komponentlərin miqdarı analiz edilmiş, müəyyənləşdirilmişdir. Elektron hesablayıcı marşınlarla xromatoqraf siqnalları geniş işlənmişdir. Analiz üçün maye mikrometrik şpirislər vasitəsi götürürlər.

Taxılın bişirilmə prosesinin modelləşdirilməsi üçün sxem qəbul edilmişdir. Bu metod həmçinin diferensial tənliyin hər iki tərəflərinin həlli kimi qəbul edib, setka metodu adlanır. Əyrini çəkmək üçün absis oxunda diffuzantın (suyun) hərəkəti, ordinat oxuna isə vaxt qeyd olunur. Diferensial tənlikdə daxil olan rəqəmlər formuldakı qiymətləri əks etdirir. Bu əyri vasitəis ilə diffuziya prosesinin bir çox məsələləri aydınlaşdırılır.

«Bişirilmə prosesinin qeyristasionar diffuziya tənliyi bazasında» proqramında müəyyən vaxtda temperaturanın dəyişməsinə müəyyənləşdirir. Həmçinin mikroskop vasitəsilə yarma dənələrinin səthindən nişasta qramillərini ayırılması foto şəkli çəkilmişdir. Diffuziya əmsalının temperaturadan asılılığı. Arrepius tənliyi ilə

müəyyən edilir. Burada diffuziyanın aktivləşmiş enerjisi nəzərə alınır. Hesablamalar nəticəsində müəyyən edilir ki, 1 mm. ölçülü dənə 200 dəfəyə üyüdüldü.

Məlumdur ki, I lay maye ilə axırını isə dəninin mərkəzilə toqquşur. Nəmlik birinci laydan sonuncuya kimi keçir.

Qeyri stansion diffuziya ilə, «şişərək» böyüyüb və qopan nişasta damçısının «hesablanma» proqramı aşağıdakıları nəzərə alır: nişastanın şişərək damcı əmələ gətirməsi, müəyyən vaxt ilə temperaturun dəyişməsi, bişən yarmadanda şişmiş nişasta damlasının ayrılması.. Şişmiş nişasta damlasının əmələ gəlməsi kinetikasi kimyəvi reaksiyanın ikinci qaydasına əsasən modelləşir, qeyri-stansion diffuziya tənliyində əsasən isə nəmlik ilə diffuziya prosesi baş verir.

2.3.Bişmiş buğda kütləsinin şəkərləndirilməsi

Taxılın tərkibindəki nişastanın fermentativ hidroliz prosesi nəticəsində şəkərlərə qədər qıvcırdılır. Bu proses əsas və çox vacibdir. Elə buna görə də bu proses şəkərləşdirmə prosesi adlanır. Bu zaman bişmiş qarışıqın şəkərləşdirməsinin hesabına aralıq məhsul-spirit istehsalının şirəsi alınır.

Etil spirtinin istehsalında fermentlərin xammalın tərkib hissələrinə təsiri bir çox texnoloji mərhələdə baş verir: xammalın təkrar bişirilməsi prosesində; nişastanın şəkərləşməsinin xüsusi mərhələsində-amilolitik şəkər əmələ gətirən fermentlərin təsiri üçün lazım olan optimal temperaturda və sonda qıvcırma mərhələsində - mayaların fəaliyyəti üçün əlverişli olsa da, amilolitik fermentlər üçün tam əlverişli mühit alınmır (daha aşağı temperatur və mühitin pH-ı). Əgər bişirilmiş kütlə Səməni südü ilə bişirilmiş taxıl kütləsinin şəkərləşdirilməsi zamanı onda nişasta 70-75% maltoza və qlükozaya; 25-30% dekstrinlə hidroliz baş verir.

Səməni vasitəsi ilə şəkərləşdirmə zamanı alınmış şirənin tərkibində şəkərin ümumiyyətlə miqdarına əsasən 71-76% maltoza və 24-25% qlükozaya vardır. Eyni zamanda fermentlərlə şəkərləşdirildikdə onlar uyğun plaraq maltoza 14-21% və qlükoza 79-86% olur. Səməni ilə şəkərləşdirilmədən alınan şirə 71-76% maltoza və

24-29% qlükozaya (qıvcıran şəkərin ümumi miqdarından), ferment preparatları ilə şəkərləşdirildikdə isə uyğun olaraq 14-21 və 79-86% malik olur.

Bişirilmiş kütlənin şəkərləşdirilməsi prosesində proteolitik ferment preparatlarının təsiri altında aminturşular, pepton və peptidlərin artması baş verir. Bişirilmiş taxıl yarmasında həll olan azotun miqdarı artır. Bişirilmiş kütlənin tərkibində azotun daha yüksək miqdarı əsasən 150⁰C temperaturda bişirilmiş kütlənin şəkərləşdirilməsi prosesində, daha az isə (33%-ə qədər) 100⁰C temperaturda baş verir.

Sellüloza, hemisellüloza və digər qeyri-niştastalı polişəkərlər səməni fermentləri ilə əsasən, hidrolizə uğramır mikrob mənşəli fermentlərlə hidroliz isə çox az hidroliz prosesi baş verir.

Şəkərləşmə prosesi amilolitik fermentlərin təsiri üçün optimum 57-58⁰C-də alınır. Spirt istehsal edən zavodlarda bişirilmiş buğda kütləsinin şəkərləşdirilməsi prosesi fasiləsiz aparılır. Az spirt istehsal edən zavodlarda isə bir neçə mərhələdə fasilələrdə alınır. Bişirilmiş kütlənin şəkərləşdirilməsi əsasən fasiləsiz üsulla, yalnız az güclü zavodlarda-fasiləli üsulla həyata keçirilir.

Şəkərləşmə prosesi aşağıdakı mərhələlərdə aparılır:

1) ilk növbədə bişirilmiş kütləni aşağı müəyyən temperatura qədər soyudmaq lazımdır, hansı ki, kütlə səməni südü ilə (mikrob məhlulu ilə) qarışdırıldıqdan sonra temperatur şəkərləşmə üçün lazım olan səviyyəyədək azalması baş verir;

2) bişirilmiş taxıl kütləsinə səməni südü ilə (müəyyən miqdarda) qarışdırılması;

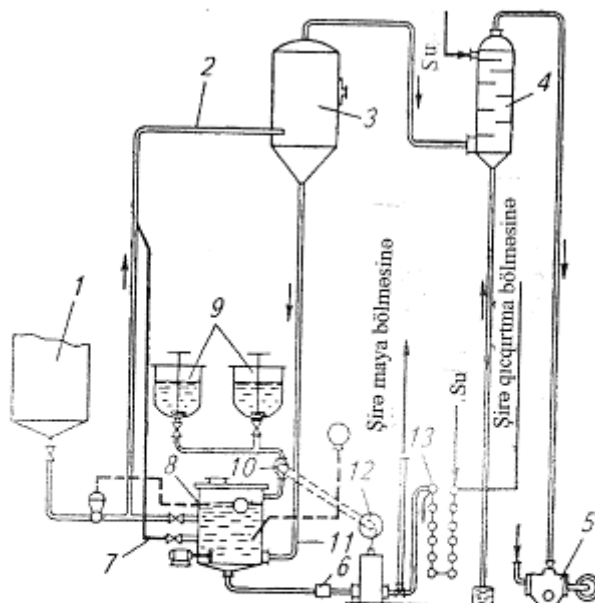
3) bişirilmiş taxılın tərkibindəki niştastanın şəkərləşdirilməsi;

4) alınan şirənin qıvcırmanın ilk temperaturuna qədər soyudulması;

5) alınan şirənin zavodun qıvcırtma və maya şöbələrinə ötürülməsi.

Azərbaycanda fəaliyyət göstərən etil spirt zavodlarında bişmiş kütlənin bir pilləli vakuum-soyutma ilə fasiləsiz şəkərləşdirilməsi geniş yayılmış üsullardan biridir (şəkil 2.5.). Bişirilmiş kütlənin vakuumdən istifadə edilərək soyudulması fermentlərin inaktivasiya olunmasının qarşısını alır və nəticədə niştastanın tam şəkərləşməsi prosesi gedərək, spirtinin çıxımı da artır. Bu üsulun üstün cəhəti odur ki, soyutma zamanı şirədən kondensasiya olunmayan tərkibində qazlar metil spirti, furfurool uçucu turşular kimi qarışıqlar da kənarlaşdırılır, bu da etil spirtinin rektifikasiya prosesini

asanlaşdırmasına imkan yaradır.



Şəkil 4.5. Bişirilmiş kütlənin birinci dərəcəli vaakum soyudulması ilə fasiləsiz şəkərləşdirmə sxemi

1-buxar seperatoru; 2 və 7-borular; 3-buxarlandırıcı kamera; 4-kondensator; 5 və 12-nasos; 6-qumtutucu; 8-şəkərləşdirici; 9-paylayıcı çən; 10-dozator; 11-barometrik qəlyan; 13-istilik mübadilə edici

Yodla şəkərləşmə prosesinin bitməsini yoxlayırlar. Yod əlavə edildikdən sonra şirənin rəngi dəyişməzsə deməli, şəkərləşmə prosesi normal aparılmışdır; əgər qırmızı rəng alınarsa dekstrinlərin artıqlığını; göy bənövşəyi rəng isə şəkərləşməmiş nişastanın olmasını göstərir. Bişmiş kütlə səməni ilə şəkərləşdirildikdən sonra alınan şirə üçün yodla rəngin yuxarıdakı kimi dəyişməsi baş verir. Mikroskopik göbələklərin ferment preparatları ilə şəkərləşdirmə zamanı kütlənin rəngi göy-bənövşəyi olur və qıçqırma prosesində itir.

Şəkərləşdirməyə səməninin sərfi onun şəkərləşdiricilik xüsusiyyəti (Şxü) qəbul edərək müəyyən olunur. Dəndə olan və bişirilmə prosesinə göndərilən 1 qr nişasta xammalına 0,6-0,7 vahid Şxü qəbul edilir. Tələb olunan miqdarda şəkərləşdiricilik xüsusiyyəti iki, yaxud üç miqdarda götürülür. Bu zaman istifadə olunan darı, yaxud yulaf səmənisinin payı ümumi sərfin miqdarının 25-30% təşkil edir.

Səməni hazırlanmasına verilən dənələrin istifadə olunan orta miqdarı xammalın

kütləsinə görə taxılın emalında 14,9%, kartof 13,0%, yulaf, sorqo və düyüdə 18,5%-dən çox götürülmür.

MDB ölkələrində etil spirti istehsal edən zavodlarda aşağıdakı maye və quru ferment preparatlarından istifadə olunur; bunlar aşağıdakılardır: amilosubtilin QX, QZX, qlukoavamorin QX, QZX, qlukobatatin QX, QZX, qlukoendomikopsin QX, amilorizin PX, qlukoavamorin PX.

Eyni zamanda etil spirti zavodlarında xaricdə istehsal olunmuş qatılaştırılmış ferment preparatlarından da geniş istifadə edilir. Hollandiyanın «Novo-Nordisk» firmasının istehsal etdiyi sıxlığı 1,20-0,25 qr/sm³ olan şərbətə-bənzər preparatlar tətbiq olunur.

Termamil preparatlar 120 L və BAN 240 L istiliyə davamlı α -amiloza mənbəyi olub, 85-95⁰C temperaturda fəallığını xeyli saxlayır və nişastanı tamamilə parçalayır. AMQ 300 L və San super 240 L preparatlarının tərkibində qlukoamilaza və proteaza xeyli üstünlük təşkil edir. Onların təsiri üçün optimal şərait 55-60⁰C-i qəbul olunur.

Şəkərləşdirilmiş şirədə tərkibində həll olan maddələrin miqdarı 16-18%, o cümlədən qıçqırdılan karbohidratlar 13-15% təşkil edir. Şirənin turşuluğu 0,2-0,3⁰ qiymətə malik olması vacibdir. Alınan 20 sm³ şirənin titrləşdirilməsinə sərf olunan 1 MNaOH məhlulunun 1 sm³ miqdarına turşuluğun bir dərəcəsi uyğun olunur.

Turşuluq aşağı endikcə yoluxucu mikroorqanizmlər intensiv inkişaf baş verir. Turşuluq yüksək olduqda isə amilolitik fermentlər fəallığını itirməsi baş verir, bunun nəticəsində braqada şəkərləşməmiş dekstrinlərin miqdarı artır.

2.4. Şəkərləşdirilmiş kütlənin qıçqırdılması və rektifikasiya spirtinin alınması

Qıçqıran şirə braqa adlanır. İstehsalat şəraitində çoxaldılmış maya məhlulunun soyudulmuş şirəyə vurulan anından qıçqırma başlayır. Spirt istehsalı üçün nəzərdə tutulan şirədə 75-77% qıçqırdılan şəkərlər (bişirilmiş kütlənin səməni ilə şəkərləşdirilməsi zamanı əsasən maltoza; mikrob mənşəli fermentlərlə şəkərləşdirilməsində əsasən qlükoza), 20%-ə yaxın dekstrinlər və 4-6% həll olmayan formada olan nişasta

olur. Mono- və dişəkərlərin qıçqırması zamanı dekstrin və nişastanın sona qədər şəkərləşməsi baş verir. Qıçqırma dövründə şirə ilə daxil olan həll olmayan nişastanın təqribən 60%-i şəkərləşir. Yetişmiş braqada 40% həll olmayan nişasta qalır ki, bu da istehsala daxil olan nişastanın ümumi miqdarının 1,5-2,0%-i təşkil edir.

Dekstrinlərin son miqdarı dekstrinaza (oliqo-1,6 qlükozidaza) yaxud qlükoamilaza fermentinin təsiri altında uyğun olaraq maltoza yaxud qlükozaya qədər şəkərləşir. Şəkərləşmənin sürəti şirədə və braqada olan həmin fermentlərin qatılığından asılıdır. Qıçqırmanın davam etmə müddəti də öz növbəsində braqada olan dekstrinlərin şəkərləşmə sürətindən asılıdır.

Qıçqırma fasiləli, fasiləsiz-axım, axım-dövretmə və dövü üsullarla aparılır. Fasiləli üsul yalnız xırda zavodlarda aparılır.

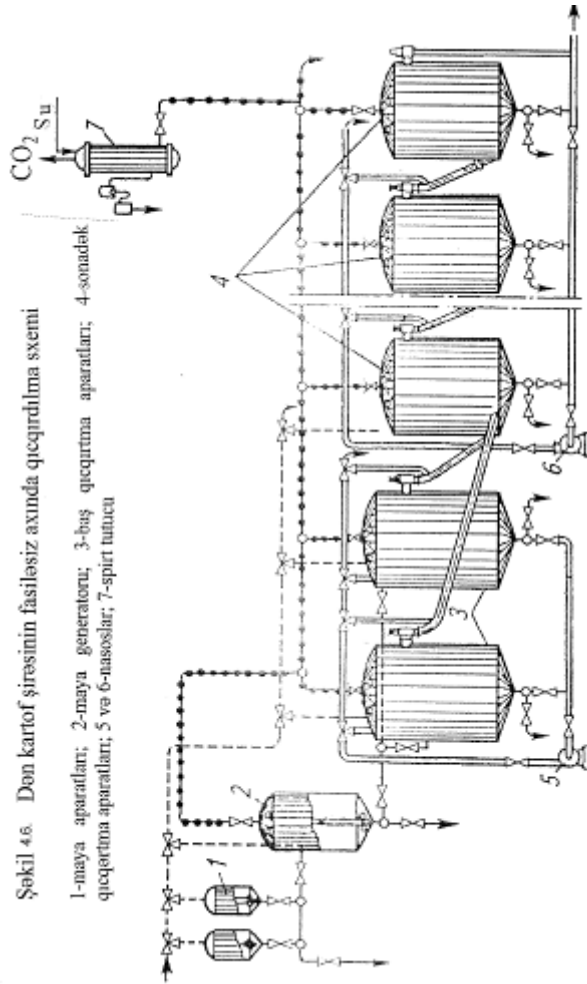
Fasiləli üsulda qıçqırma 72 saat, fasiləsi-60-62 saat davam edir.

Şirənin qıçqırma prosesini üç dövrə bölmək olar: qıçqırmanın başlanması hansı ki, mayaların çoxalmasının davam etməsi ilə xarakterizə olunur; əsas qıçqırma, bu halda şəkərin əsas miqdarının qıçqırması baş verir; sona qədər qıçqırma-amilolitik fermentlər tərəfindən dekstrinlər və nişastanın sonadək şəkərləşdirilməsi və mayalarla sona qədər qıçqırılması ilə əlaqədardır.

Qıçqırmanın dövrü üsulu yarım fasiləsiz olub, fasiləsiz əsas qıçqırma ilə fasiləli sonadək qıçqırmanı özündə ifadə edir. Az gücə malik zavodlarda tətbiq oluna bilər.

Professor V.L.Yarovenko tərəfindən işlənilib hazırlanan və təklif olunan fasiləsiz axımda nişastalı xammaldan alınan şirənin qıçqırılması üsulu daha mütərəqqi və səmərəlidir. Bu üsulda qıçqırılan şirə axımda fasiləsiz şəkildə aparatdan aparata keçirilir. Şəkərləşmiş şirə baş adlandırılan birinci və ikinci qıçqırma aparatına daxil olur. Əsas qıçqırma əsasən baş aparatlarda, sona qədər qıçqırma isə sonrakı aparatlarda gedir. Qıçqırma qurğusunun sonuncu qıçqırma aparatından yetişmiş braqa fasiləsiz şəkildə götürülür və destilləyə verilir.

Fasiləsiz axımda qıçqırma aparılan qurğu iki mexanikləşdirilmiş maya aparatından, mayaların çoxaldılmasının ikinci mərhələsi gedən aparatdan, iki baş qıçqırma aparatından, sonadək qıçqırma aparatından, spirt tutucudan və iki nasosdan ibarətdir (şəkil 2.7.).



Şəkil 2.7. Dən buğda şirəsinin fasiləsiz axında qıcqdılma sxemi

Maya aparatları mayaların çoxaldılması üçün olub, onun birində artırılan mayalar hazırlanır, digərində isə mayaların çoxaldılmasının birinci mərhələsi həyata keçirilir. Sonrakı aparatda mayaların çoxaldılmasının ikinci mərhələsi həyata keçirilir. Maya aparatları və ikinci mərhələni aparan aparat daxildən ilanvari boru və qarışdırıcı ilə təchiz olunmuşdur. Maya aparatlarının tutumu mayaların çoxaldılmasının ikinci mərhələsini aparan aparatın tutumunun 25%-i, sonuncu isə baş qıcqurtma aparatının tutumunun 40%-i təşkil edir.

Maya aparatına daxil olan şirə 80°C temperaturda 30 dəqiqə müddətində pasterizə olunur, 30°C -yə qədər soyudulur, sulfid turşusu ilə $0,7-1^0$ -yə qədər turşudulur (pH 3,6-3,8 olmuşdur) və üzərinə ikinci maya aparatından birinci maya aparatının tutumunun 25-30%-i miqdarında çoxaldılacaq maya məhlulu vurulur.

İstehsalat mayalarının çoxalmasının birinci mərhələsi başlayır və 5-6% şəkər qalana qədər davam etdirilir. Maya aparatından mayaların əsas kütləsi (70-75%) mayaların çoxaldılmasının ikinci mərhələsi gedən aparata ötürülür. Eyni zamanda aparatda soyudulmuş şirə doldurulur. Sonra bütün kütlə sulfid turşusu ilə 0,4-0,5⁰ turşuluğa qədər turşulaşdırılır, qızcırma və mayaların çoxalması üçün sakit buraxılır.

Bir qədər qızcırmış anaqlıq (çoxaldılacaq) mayaların az hissəsi (25%-i) birinci maya aparatından (istehsalat mayalarının birinci böyünmə mərhələsindən), mərkəzdənqaçma prinsipi ilə işləyən nasosla ikinci maya aparatına, təzə hazırlanmış şirədə çoxaldılmaq üçün verilir. Beləliklə, ikinci maya aparatı çoxaldılacaq mayaların hazırlanmasına xidmət edir.

Mayaların ikinci çoxalma mərhələsi gedən aparatda quru maddələrin qatılığı 5-6%-ə çatdıqda, kütlə baş qızcırma aparatının birincisinə buraxılır. Bu zaman qızcıran şirəyə maya hüceyrələrinin miqdarı 120 mln/ml səviyyəsində tənzimlənir.

Maya aparatları və çoxalmanın ikinci mərhələsi gedən aparat hər dəfə qızcıran kütlədən azad oludqdan sonra möhkəm yuyulur və isti buxarla işlənərək tələb olunan sterilliyi təmin olunur.

Birinci baş qızcırma aparatı şirə ilə dolmağa başladığıda, qızcıran şirənin axım borusu ilə ikinci baş aparata axımı başlayır. Baş aparatlar dolduqdan sonra qızcıran kütlə onlardan fasiləsiz qaydada ardıcılıqla üçüncü, üçüncüdən-dördüncü qızcırma aparatına və s. daxil olur. Sonuncu aparatdan yetişmiş braqa nasosla destilləyə verilir.

Baş qızcırma aparatlarında braqanın temperaturu 26-27⁰C, üçüncü aparatda 29-30 və sonuncuda 27-28⁰C arasında tənzim olunur.

Birinci baş aparatda 73%, ikincidə 13%-ə qədər şəkər qızcırdılır. Qalan 14% şəkər sonrakı aparatlarda-sona qədər qızcırdıcılarda qızcırdılır. Beləliklə, şəkərin əsas kütləsi qızcırma batereyasının ilk dörd aparatında qızcırdılır.

Qızcırma prosesində əmələ gələn karbon qazı spirt buxarları ilə birlikdə qızcırma aparatlarından qaz borusu ilə spirt tutucuya daxil olur və burada qaz axımından spirt soyuq su ilə adsorbsiya olunaraq tutulur. Spirdən ayrılan karbon qazından xüsusi sexdə maye karbon qazı və ya quru buz alınır.

Qızcırma batereyasında kənar mikrofloranın inkişafının qabağını olmaq üçün

(hansı ki, əvvəlcə birinci aparatlarda inkişaf edir), hər 24-30 saatdan bir baş aparatlar boşaldılır və təmiz su ilə daxili divar, həmçinin ilanvari boru üzərində olan braqa qalıqları tam təmizlənməyə qədər yuyulur. Sonra yenidən maya və şirə ilə doldurulur. Bununla yanaşı dövrü şəkildə ardıcılıqla hər qıçqırtma aparatının daha təmiz sterilizəsi aparılır. Baş aparatların sterilizəsi hər 48-60 saatdan bir yerinə yetirilir.

Birinci baş aparat boşaldıqda onu sterilizə etmək üçün onda olan braqa, ikinci baş aparata vurulur. Birinci baş aparat sterilizə olunduqdan sonra ona əvvəlcədən hazırlanmış mayalar (çoxaltmanın ikinci mərhələsini aparan aparatdan) və şirə vurulur. Bu zaman braqa ikinci baş aparatdan-üçüncüyə vurulur. Boşalan ikinci aparat yuyulur, sterilizə olunur və ona bu müddətə birinci aparata doldurulmuş braqanın yarısı vurulur və hər iki aparatı şirə axımı istiqamətləndirilir. Qalan qıçqırtma aparatlarının sterilizəsi hər 65-70 saatdan bir aparılır. Üçüncü aparat sterilizə olunarkən ondakı braqa dördüncüyə vurulur. Boşalmış aparat yuyulur, isti buxar verilir və oraya bu müddətə birinci və ikinci baş aparata dolmuş braqadan verilir. Üçüncü aparatın doldurulması üçün tələb olunan müddətdə, dördüncü aparat boşaldılır, sterilizə olunur və yenidən işə salınır və s. Belə iş rejimində qıçqırtma batereyasının baş aparatlarına təzə şirənin axı-mı dayandırılmadan qıçqırmanın fasiləsiz axımda aparılma imkanı yaranır.

Yetişmiş braqanın əsas texnoloji göstəricilərindən olan tündlüyü-etil spirtinin həcmdə faizlə miqdarını ifadə edir. Bu göstərici 8-9,5 h.% arasında olmalıdır. Yetişmiş braqanın tündlüyünün aşağı düşməsi zavodun məhsuldarlığının azalmasına və destilləyə buxar sərfinin yüksəlməsinə səbəb olur.

Texnoloji proseslərin düzgün aparılmasında vacib göstərici yetişmiş braqada olan qıçqırmamış şəkərlərin miqdarıdır. İstehsal mədəniyyətindən, texnoloji rejimə dəqiq əməl edilməsindən və texniki təminatdan asılı olaraq zavodlarda alınan braqalarda qıçqırmamış şəkərlərin miqdarı yol verilən normadan xeyli aşağı ola bilər. Zavodun işi braqada həll olan karbohidratların miqdarına görə (%-lə) «əla» 0,250; «yaxşı»-0,251-0,350; «kafi»- 0,351-0,450 və «qeyri-kafi» 0,450-dən yuxarı qiymətləndirilir. Bu halda braqada nişastanın miqdarı 0,03-dən 0,2%-ə qədər dəyişir.

Braqada həll olan karbohidratların itkisi 0,25-0,45% miqdarında, bütün

xammalla daxil olan qıvcırdılan şəkərlərin miqdarına görə 1,92-3,46% təşkil edir.

Yetişmiş braqada turşuluq texnoloji proseslərin normal gedişində 0,3-0,4⁰ olur. Qıvcırma prosesində braqada turşuluğun yüksəlməsi 0,2⁰-i ötməməlidir. Turşuluğun çox yüksəlməsi şəkəri, yaxud spirti turşuya çevirən kənar mikroorqanizmlərin mövcudluğuna dəlalət edir. Turşuluğun yol verilən miqdardan 0,1⁰ artıq olması istehsala daxil edilən karbohidratların 0,313% itirilməsi ilə nəticələnir. Bundan başqa braqanın turşuluğunun yüksəlməsi amilolitik fermentlərin fəallığının itirilməsinə səbəb olur, mayalara ziyanlı təsir göstərir, spirt çıxımının xeyli aşağı düşməsinə səbəb olur.

Braqa mürəkkəb çoxkomponentli sistem olub, tərkibinə (kütlədə %-lə)-82-90 su, 3-10 quru maddələr və uçucu qaraşıqlara 5-8 (yaxud 6-10 h.%) etil spirti daxildir. Braqanın tərkibi xeyli dərəcədə ilkin xammalın növündən və spirtin ayrılmasını şərtləndirən proseslərdən asılıdır.

Braqanın quru maddələrinə həm asılqan hissəciklər (maya hüceyrələri, ilk xammalın həllolmayan hissəcikləri-qabıq, dənəvər bərk hissələr), həm də su-spirt məhlulunda həll olan üzvi və qeyri-üzvi ekstrakt maddələri (qıvcırmamış şəkərlər, dekstrinlər, mineral maddələr) daxildir. Dən-kartof braqası xeyli miqdarda asılqan hissəciklərə və melassadan alınan braqaya nisbətən böyük özlülüyə malikdir. Lakin melassa braqasında quru maddələrin ümumi miqdarı (8-10 kütlə %) dən (5-7 kütlədə %) və xüsusən kartofda (3-4 kütlə %) müqayisədə çoxdur.

Spirtə uyğun gələn üçüncü qarışıqlar daha böyük rəngarəngliyi ilə fərqlənir. Onların sayı 70-dən çox olmasına baxmayaraq ümumi miqdarı etil spirtinin 0,5%-i ötmür. Öz təbiətinə görə bütün qarışıqları 4 qrupa bölmək olar: spirtlər, aldehidlər, turşular və efirlər. Bundan başqa azotlu birləşmələr (ammonyak, aminlər, aminturşular), kükürlü birləşmələr (hidrogen sulfid, sulfid anhidridi, sulfoturşular, merkaptan) və bəzi digər maddələr tapılır.

Uçucu qarışıqların tərkibi və miqdarı xammalın növündən və keyfiyyətindən, onun emalına tətbiq olunan texnoloji rejimlərdən asılıdır. Qarışıqlar əsasən xammaldan, sudan, köməkçi materiallardan keçir və həmçinin qida mühiti hazırlandıqda əmələ gəlir, lakin qarışıqların əsas miqdarı qıvcırma prosesində əmələ gəlir.

Qarışıqların əsas miqdarı (etil spirtinin 0,35-0,45% miqdarında) metil, propil, izobutil, izoamil spirtinin payına düşür. Onların son üçü ali spirtlər qrupuna aid edilir və siviş yağlarının əsasını təşkil edir. Etil spirtinin 0,30-0,35% miqdarında olmaqla, spirt qıçqırmasının köməkçi məhsulları hesab olunurlar.

Dən-kartof braqasında metil spirti olur və bitki xammalındakı pektin maddələrinin su-isti işlənməsi və qıçqırtma zamanı parçalanmasından əmələ gəlir. Metil spirtinin miqdarı adətən etil spirtinin miqdarından 0,13%-i ötmür.

Uçucu turşular (sirkə, yağ, propion, valerian və b.) braqada etil spirtinin 0,005-0,1% miqdarındadır. Aldehidlərin əsas miqdarı spirt qıçqırmasının aralıq məhsulu olan sirkə aldehidinin payına düşür. Aldehidlər xammal və braqanın isti işlənməsi, spirtlərin hava oksigeni ilə oksidləşməsi və bəzi ikinci reaksiyalarda əmələ gəlir. Melassa braqasında aldehidlərin miqdarı (etil spirtinin miqdarından 0,05%-ə yaxını) dən-kartof braqasındakını 10-50 dəfə üstələyir.

Mayaların generasiyası prosesində şirənin güclü havalandırılması braqada aldehidlərin miqdarını kəskin artırır.

Qıçqırma və isti işləmə zamanı braqada olan spirtlərlə turşuların qarşılıqlı təsirindən xeyli miqdarda efirlər əmələ gəlir. Onların braqada miqdarı spirtin miqdarının 0,05%-i təşkil edir. Efirlər qrupu əsasən sirkə etil, qarışqa etil, sirkə etil, izoyağ etil şəklində təmsil olunurlar.

Braqadan spirt ayrıldıqda onunla bərabər spirtə uyğun gələn xeyli miqdar uçucu qarışıqlar da buxarlanır. Uyğun gələn uçucu qarışıqlarla (efirlər, aldehidlər, digər spirtlər) birgə destilyata keçən etil spirti xam-spirt adlanır.

Standarta görə xam spirt rəngsiz şəffaf, kənar qarışıqsız, xarakterik iy və dadlı (xammalın növündən asılı olaraq) azı 88 h.% tündlüyə malik maye olmalıdır.

Aşağıda müxtəlif xammaldan alınan xam spirtə qarışıqların yol verilən miqdarı verilmişdir.

Xam spirtə texniki məqsədlər üçün yaxud rektifikasiya olunmuş etil spirtinin alınmasında istifadə olunur.

Rektifikasiya olunmuş spirt xam spirtin rektifikasiyası ilə ona uyğun olan uçucu qarışıqlardan təmizlənməsi yolu ilə alınır (cədvəl 2.1.).

Xam spirtə qarışıqların miqdarı

Göstəricilər	Dən, kartof, yaxud müxtəlif xammal qarışığında	Melas-sadan
Aldehidlər, mq, 1 dm ³ susuz spirtə görə	300	500
Mürəkkəb efirlər, mq, 1 dm ³ susuz spirtə görə	500	700
Sivuş yağları, mq, 1 dm ³ susuz spirtə görə	5000	50000
Metil spirti, susuz spirtin həcminə görə %-lə	0,13	Təyin olunmur

Rektifikasiya-maye uçucu qarışıqların komponentlərə yaxud komponentlər qrupuna (fraksiyalara) ayrılma prosesidir. Bu əks hərəkət edən buxar və maye axımları arasında çoxqat ikitərəfli kütlə və istilik mübadiləsi hesabına baş verir. Rektifikasiya prosesi üçün vacib şərait ayrı-ayrı komponentlərin müxtəlif uçuculuq xüsusiyyətləridir.

Rektifikasiya prosesi əks axım aparatlarında-kalonkalarda həyata keçirilir. Burada mayedən ayrılan buxarlar aşağıdan yuxarıya hərəkət edir və yuxarıdan axan maye ilə (fleşma) qarşılaşır. Maye və buxar arasında qeyri-bərabər (çoxqat buxarlanma və kondensasiya zamanı) istilik və kütlə mübadiləsi baş verir. Nəticədə buxar asan uçucu, maye isə az uçucu (çətin uçucu) komponentlərlə zənginləşir. Əks hərəkətli axımların kifayət qədər böyük yolda təması yekunda kalonkanın yuxarı hissəsindən çıxan və özünü çox az təmizlikdə göstərən asan uçucu komponentlərdən ibarət buxar kimi biruzə verir. Onun kondensasiyası destilyat verir. Kalonkanın aşağı hissəsindən isə nisbətən təmiz çətin uçucu komponent-kub qalığı alınır.

Kalonkanın yuxarı hissəsindən çıxan buxarın xüsusi istilik-mübadilə edici aparatda-defleşmatorda tədricən doymuş buxara çevrilməsi (kondensasiya) hesabına fleşma əmələ gəlir. Kalonkada buxar axımı yaratmaq üçün onun aşağı hissəsinə

müəyyən miqdar istilik verilir. Bu birbaşa qaynar buxarın buraxılması ilə (kalonkanın açıq qızdırılması halında), yaxud onu xüsusi istilik mübadilə ediciyə verməklə (qapalı qızdırma halında-bu halda istilik qaynayan kub qalığına ötürülür) həyata keçirilir.

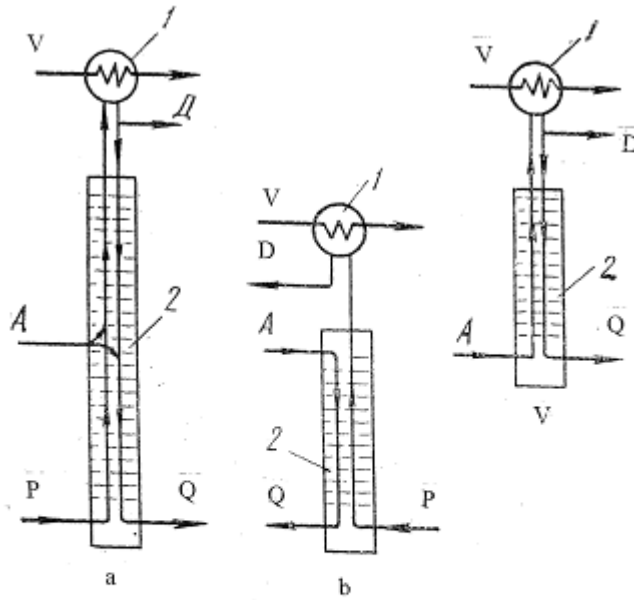
Ayrılacaq qarışıq (qida) əsasən kalonkanın orta hissəsinə (şəkil 2.8.) maye, buxar yaxud qarışıq şəkildə verilir. Kalonkanın qida verilən hissəsindən yuxarıda yerləşən hissə-qatılaşdırıcı yaxud tündləşdirici, ondan aşağıda yerləşən hissəsi destilləedicidir yaxud tükəndirici adlandırılır. Buxar və maye arasında təmas xüsusi təmas qurğusunda-tarelkalarda (nimçələrdə) həyata keçirilir. Kalonkanın destillə hissəsinin yuxarı nimçəsi qida yaxud qidalandırıcı nimçə adlandırılır.

Qatılaşdırıcı və destillə hissəsi olan kalonka tam rektifikasiya kalonkası (şəkil 2.8., a) adlanır. Belə kalonkada təcrübi olaraq təmiz şəkildə hər iki binar qarışıqın (etil spirti-su) komponentlərinin alınması üçün əlverişli şərait yaranır. Bununla belə destillə və qatılaşdırıcı kalonkaların müstəqil fəaliyyəti də mümkün olur. Belə kalonkalar natamam adlandırılır. Natamam destillə kalonkasının aşağı hissəsindən (şəkil 2.8., b) maye halında təcrübi olaraq təmiz çətin uçucu komponent, üstdəki nimçədə isə asan uçucu komponentlərlə bir qədər zənginləşmiş buxar alınır.

Natamam qatılaşdırıcı kalonkaya (şəkil 2.8., v) ayrılacaq qarışıq onun aşağı nimçəsindən buxar şəklində daxil edilir. Qatılaşdırıcı kalonkanın yuxarı hissəsindən buxar şəklində praktiki təmiz asan uçucu komponentlər, aşağı nimçədən çətin uçucu komponentlərlə bir qədər zənginləşdirilmiş fleqma alınır.

Tam rektifikasiya kalonkasından fərqli olaraq, natamam destillə kalonkasında destilyatın asan uçucu komponentlərlə, yaxud qatılaşdırıcı kalonka qalığının çətin uçucu komponentlərlə zənginləşdirilməsi üçün onların təkrar rektifikasiyası lazımdır.

Braqanın uçucu hissəsi əsasən sudan və etil spirti qarışıqından ibarətdir. Ona görə də spirtin ayrılması prosesində braqaya etil spirti və sudan ibarət ikili (binar) qarışıq kimi baxılır. Binar uçucu qarışıqların ayrılmasının əsasında D.P.Konavalov və M.S.Vrevskinin qanunları durur. Həmin qanunlara görə spirtin aşağı qatılığı (təqribən 30-40 kütlə %) olan məhlulda təzyiq yüksəldikdə spirtin yüksək miqdarına malik buxar əmələ gəlir. Spirtin yüksək qatılığı olan məhlullarda isə spirtin az miqdarına



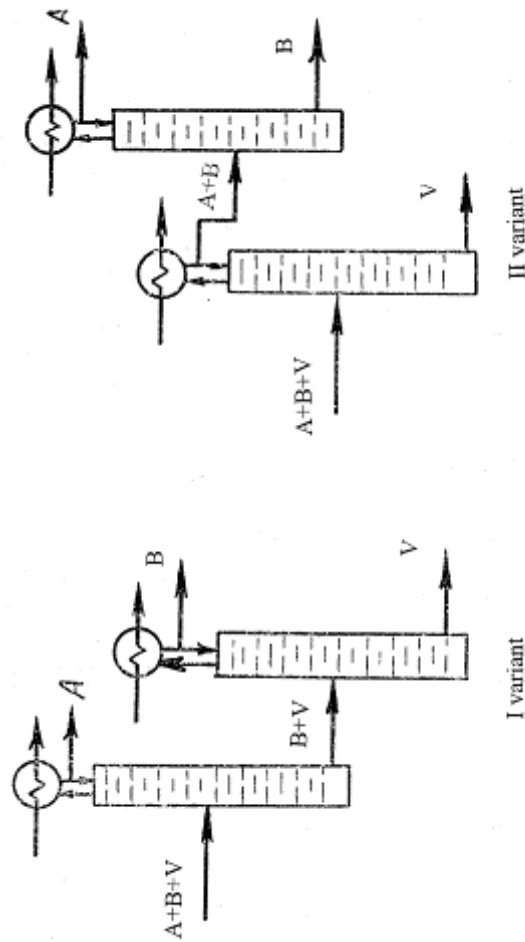
Şəkil 4.7. Rektifikasiya kalonkalarının sxemi

a) tam; b) natamam qovucu; v) natamam qatılaşdırıcı;

1-defleqmatör; 2-kalonka (A-qida, V-suyuducu agent (su), D-destilyat, Q-qalıq, P-qaynar buxar)

malik buxarlar əmələ gəlir. Odur ki, daha yüksək tundlukdə spirt almaq üçün (məsələn, susuz spirt) təzyiq azaldılmalıdır. Rektifikasiya yolu ilə (çox buxarlandırma və kondensasiya) atmosfer təzyiqində etil spirtinin 97,2 h.%-ə qədər maksimal qatılığına nail olunur.

Çoxkomponentli qarışığın ayrılmasının nəzəri əsasları. Çoxkomponentli qarışığın ayrılması üçün bir neçə ardıcıl işləyən tam rektifikasiya kalonkası tətbiq olunur. Onların hər biri daxil olan qarışığı bir və ya bir neçə asan uçucu komponentlərdən ibarət destilyata və həmçinin bir və ya bir neçə çətin uçucu komponentlərdən ibarət olan qalığa ayırır. Üç komponentdən ibarət qarışığı onu təşkil edən hissələrə praktik olaraq təmiz şəkildə ayırmaq üçün iki kalonka lazımdır. (şəkil 2.9.).



Şəkil 4.8. Üç komponentli qarışıqın ayrılma sxemi

Onlardan birincidə (I variant) qarışıq kalonkanın yuxarı hissəsində destilyat şəklində ayrılan təmiz asan uçucu komponentə A və kalonkanın aşağı hissəsində qalıq şəklində ayrılan az uçucu komponentlərə B və V bölünür. İkinci kalonkada birincidən daxil olan və iki komponentdən ibarət olan qalıq özünün praktik təmiz komponentlərinə A və B ayrılır. lakin ayrılma prosesi II variantda göstərilən qaydada da təşkil oluna bilər. Bu halda birinci kalonkanın destilyatını ayırmaq ikinci kalonkaya nəşib olur.

Dörd komponentdən ibarət olan qarışıqı ayırmaq üçün üç kalonka, beş komponentdən ölçü-dörd kalonka tələb olunur. Ümumi halda n sayda qarışıqı ayırmaq üçün n-1 sayda kalonka tələb olunur.

Spirit istehsalı təcrübəsində əvvəlcə braqadan bütün uyğun qarışıqları ilə birgə spirit destillə olunaraq, xam spirit alınır. Xam spirit çox komponentli qarışıq olub, tərkibində çoxlu sayda qarışıqlar olur. Xam spirdə olan maddələri kimyəvi

xarakterinə görə dörd əsas qrupa bölmək olar: spirtlər, aldehidlər, efirlər və turşular.

Xam spirtə olan qarışıqların xarakteri və miqdarı xammalın növündən və onun keyfiyyətindən, zavodda qəbul olunmuş iş üsulundan və istehsal aparılan avadanlıqdan asılıdır.

Qarışıqlar əsasən qıvcırma prosesində meydana gəlir. Onların miqdarı və tərkibi qıvcırma aparılan şəraitdən-havalandırma dərəcəsiindən, maya irqindən, mühitin pH-dan şəkərin qatılığında, temperatur və digər amillərdən asılı olaraq dəyişə bilər.

Spirt qıvcırmasının köməkçi məhsulları kimi əmələ gələn maddələr qrupundan biri siviş yağlarıdır. Onun tərkibinin əsas hissəsini ali spirtlər- amil, izobutil və b. təşkil edir.

Hətta bu və ya digər xammal növündən asılı olaraq materialda siviş yağlarının tərkibi xeyli fərqlənir (cədvəl 2.2.). Məsələn, kartofun emalından alınan yağda izoamilolun miqdarı 34,4-68,7% arasında dəyişir.

Lakin yağın keyfiyyət tərkibi (başqa sözlə komponentlərin nomenklaturası) bütün nümunələr üçün demək olar ki, dəyişilməz qalır.

Ali spirtlərdən siviş yağlarında əsasən izoamil spirti tapılır. Erlixə görə amil və digər ali spirtlər qıvcırma zamanı aminurşuların deaminləşməsi (amin qrupunu itirməsi) yolu ilə alınır.

Bu zaman aminurşu molekulunun karbonat hissəsindən spirt əmələ gəlir. Quruluşuna görə bu başlanğıc aminurşularına bənzəsə də bir karbonun az olması ilə fərqlənir.

Genevaya görə ali spirtlər qıvcırma zamanı aminurşuların iştirakı olmadan asetaldəhiddən əmələ gəlir.

Veselovun fikrincə ali spirtlərin əmələ gəlməsi maya biokütləsinin toplanması ilə əlaqədardır.

Siviş yağlarının çıxımına qıvcıran kütlənin tərkibi, onda azotun miqdarı və forması təsir göstərir.

Xam spirtə olan uçucu turşular braqada olan yoluxucu mikroorqanizmlərin həmçinin də mayaların həyat fəaliyyətinin nəticəsidir.

cedvəl 4.2

Müxtəlif bitkilərdən alınan nümunələrdə sıvı yağlarının miqdarı (kütlədə %-lə)

Komponentlər	Başlanğıc xammal											
	Kartof	Arpa	Qarığdala	Çovdar	Melassa	Çucumdur						
İzoamil	68,76	52,6	47,5	47,7	61,8	64,3	79,85	82,6	166	19,8	67,7	63,1
H. amilol		0,5										8,1
İzobutanol	24,35	4,2	5,6	5,6	17,5	17,6	15,76	16,3	0,8	14,4	6,1	14,15
H. butanol	4,40		5,9	5,9	8,4	8,4			2,9	7,2	6,1	7,0
İzopropanol	18,70	6,5							14,2		4,0	-
H. propanol	6,85	5,2	35,4	35,7	4,2	4,0	3,69	0,4	1,5	15,1	-	15,3
Heksanol və digər ali spirtlər	izi	0,1	0,9	0,9	1,4	1,3	0,13	izi	0,6	0,3	izi	0,35
Sərbəst yağ	0,01	0,2			izi							
turşuları	0,02	0,3	0,3	0,4								
Efirler												
Aldehidler, cüm-lədən furfural	0,01	izi	izi	izi								izi
Terpenlər		0,36										
Asetallar												
Müeyyen olmayan birləşmələr	7,67	30,9	4,5	3,9	6,3	4,1			0,8			
										2,9	5,0	

Təmiz qızcırma turşuların və beləliklə də efirlərin miqdarının azalmasına səbəb olur. Efir əmələ gəlməsi qızcırma çənlərində baş verməklə, braqa destillə edən və müəyyən qədər də rektifikasiya aparatlarında davam edir.

Bir sıra qarışıq növləri xammalın su-isti işlənməsi prosesində əmələ gəlir və onların miqdarı bu işlənmənin ciddiliyindən, başqa sözlə işlənmə temperaturu və müddətindən asılıdır. Onlara metil spirti, bəzi xammal növündən alınan xam spirtə rast gəlinən terpen sıra məhsulları, güman ki, akrolein aiddir.

Belə güman olunur ki, akrolein xammalın su-isti işlənməsi prosesində onda olan yağların yanmasından əmələ gəlir. Onun qızcırmanın köməkçi məhsulu kimi əmələ gəlməsi də ehtimal olunur.

Metil spirti bitki mənşəli materialların emalı zamanı pektin maddələrinin parçalanması nəticəsində əmələ gəlir. Klimovski və əməkdaşlarına görə metil spirtinin daha çox miqdarı kortofun, az miqdarı isə-dənlilərin emalında əmələ gəlir. Çoxlu pektinə malik şəkər çuğundurunun spirtə emalında çoxlu miqdarda metil spirti əmələ gəlir. Bişirmədə təzyiqin (uyğun olaraq temperaturun) artırılması metil spirtinin miqdarını artırır.

Şəkər çuğundurunun emalında metil spirtinin əmələ gəlməsi məsələsi V.A.Verjbiski və A.L.Malçenko tərəfindən tədqiq olunmuşdur. Onlar göstərir ki, şəkər çuğundurunu spirtə emal etdikdə metil spirti yüksək temperaturda bişirmə prosesində əmələ gəlir. Bişirmənin yüksək temperaturu və uzunmüddətli təsir çuğundurun pektin maddələrinin metil spirti əmələ gəlməsi ilə intensiv hidrolitik parçalanmasına gətirib çıxarır. Şəkər çuğunduru həlməşiyinin qızdırılma temperaturu nə qədər yüksək olarsa, onda bir o qədər çox metil spirtinə təsadüf olunur.

Valterə görə metil spirti spirt qızcırması prosesində pektaza fermentinin təsiri altında pektin maddələrinin parçalanması nəticəsində əmələ gəlir.

Xam spirtə olan sirkə aldehidi spirt qızcırmasının aralıq məhsullarındandır. Onun və digər aldehidlərin spirtlərin oksidləşmə məhsulu kimi və bəzi ikinci reaksiyalar hesabına əmələ gəlməsi də mümkündür.

III HİSSƏ. TƏDQIQATIN NƏTİCƏLƏRİ VƏ ONLARIN ANALİZİ

3.1. Buğda və qarğıdalı yarmasının bişirilməsi zamanı nəmliyin diffuziya əmsallarının təyin edilməsi

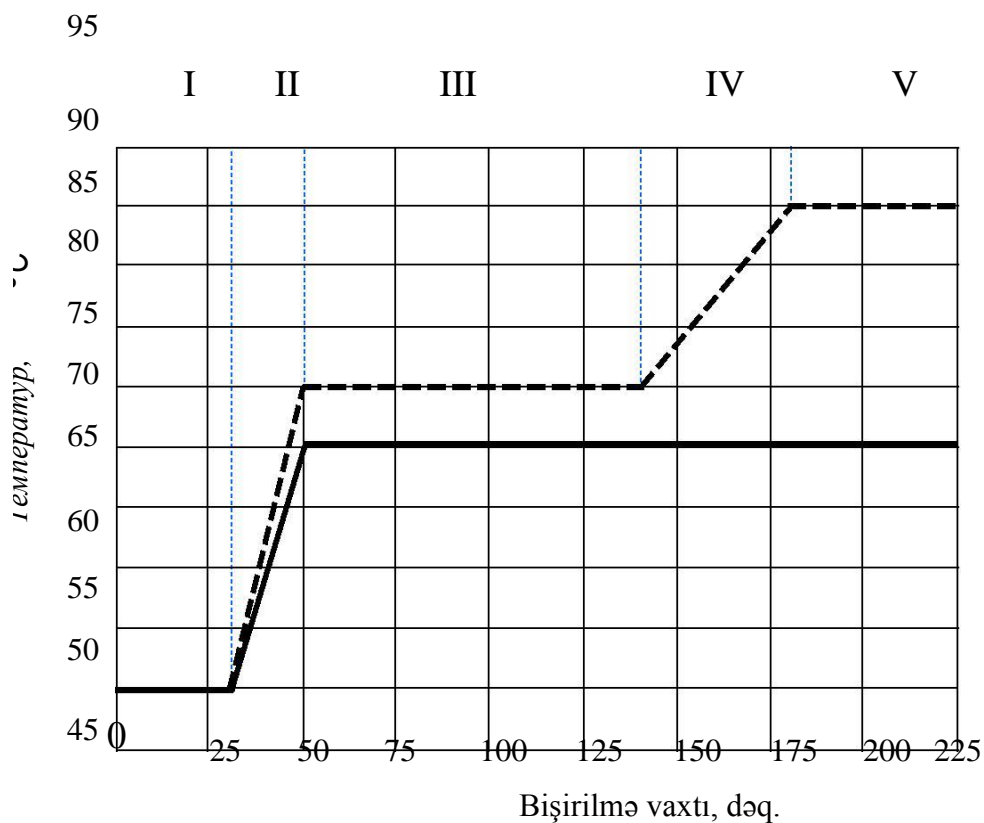
3.1.1. Müxtəlif temperatur rejimlərində arpa dənələrinin bişirilməsinin təcrübi göstəricilərinin müqayisəvi analizi

Dissertasiyanın əvvəlində göstərdiyi kimi, qida etil spirtinin keyfiyyət göstəricilərinin taxılın xırdalanması, yəni üyüdülməsi təsir edir. Spirtin çıxımına, dənənin üyüdülməsinə sərf olunan elektrik enerjisinin təsirini göstərən empirik tənlik optimallaşdırma məqsədini görür. Bişirilmə prosesindən başlayaq. Laboratoriya şəraitində arpa dənələrinin bişirilmə prosesi aparılmışdır. Bu zaman aşağı temperaturla yüksək konsentrasiyalı susla hazırlamaq üçün isti-su və fermentativ parametrlərin arpa dənələrinə təsiri öyrənilmişdir. Aşağı temperatur rejimlərində arpa dənələrinin isti-su və fermentativ emalı üçün 1:2,5 nisbətində nümunələr hazırlanmışdır. 3.1 şəklinə göstərilən temperatur rejimlərində arpa dənələrinin qarışığının isti-su və fermentativ emalı göstərilmişdir. Temperatur rejiminin dəyişməsi ilə təcrübələr 50-75-90°S və 50-70°S iki seriyalı aparılmışdır. 14,7% nəmliyi olan arpa dənələri tədqiqat obyektinə olmuşdur. 1 mm. diametrlə ələkdən 90% keçən arpa dənələri üyüdülməklə, üzərindən təcrübə aparılmışdır. ERBSLÖH firmasının istehsal etdiyi fermentlərdən - α -amilaza və ksilanaza istifadə edərək fermentativ hidroliz prosesini aparılmışdır. α -amilazanı aktivləşdirmək üçün BA-T Xüsusi Distisim preparatından 1 q. nişasta üçün 0,5 – 2,5 AS-bahidi ilə istifadə edilmişdir. Ksilaza üçün isə Distisim XL fermentativ preparatından 1 q. nişastaya görə 0,5-dən 1,0 KS vahidinə kimi istifadə edilmişdir.

Temperaturanın artması ilə diffuziya əmsalının dəyişməsinə nəzərə alaraq təcrübə nəticələrini modelləşmə və identifikasiya etmək üçün qeyristasionar diffuziya üçün model işlənmişdir. Bu nəticələr bişirilmə prosesinin riyazi modelinin işlənməsi üçün istifadə edilmişdir. Belə ki, yarmanın nəmliyinin artması diffuziya mexanizmi

üzrə getdiyinə görə, təcrübə nəticələrinin modelləşməsi və identifikasiyası qeyristasionar diffuziya tənliyi ilə (3.1) gösrərilir:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = D(t) \frac{\partial^2 C}{\partial X^2} \quad (3.1)$$



50-70°C-də temperatur rejimi
 50-75-90°C-də temperatur rejimi

Şəkil 3.1. Arpa dənəsinin isti-su temperatur rejimi

harada C – materialın zaman müddəti də dəyişən nəmliyi m^3/m^3 ; τ - zamaus; X – laya perpendikulyar koordinat, m; $D(t)$ – materialda suyun diffuziya əmsalı, m^2/S .

Temperaturanın prosesə təsiri Arrenius tənliyi ilə müəyyən olur.

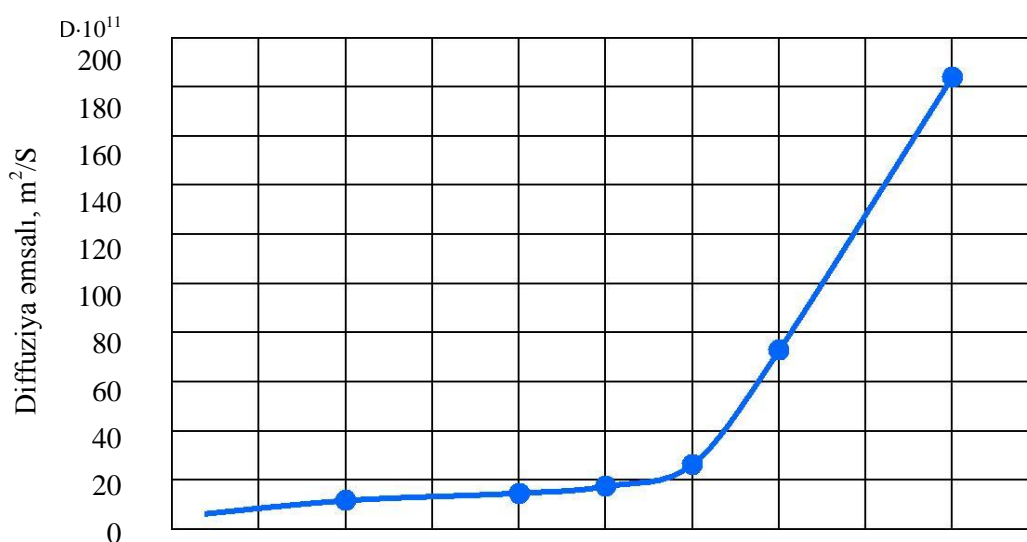
$$D(t) = D_{od} e^{E_{ad} / RT} \quad (3.2)$$

Harada

D_{od} – diffuziya faktoru, E_{ad} – adsorbsiya olunmuş suyun diffuziyası üçün aktivləşmə enerjisi, D_j/mol ; T – temperatur, K ; R – qaz sabiti $R=8,314 D_j/mol.K$); d – diffuziya indeksi.

Aydın olur ki, nəmliyin diffuziya əmsalı diffuziyanın aktivləşmə enerjisindən və diffuziya faktorundan asılıdır.

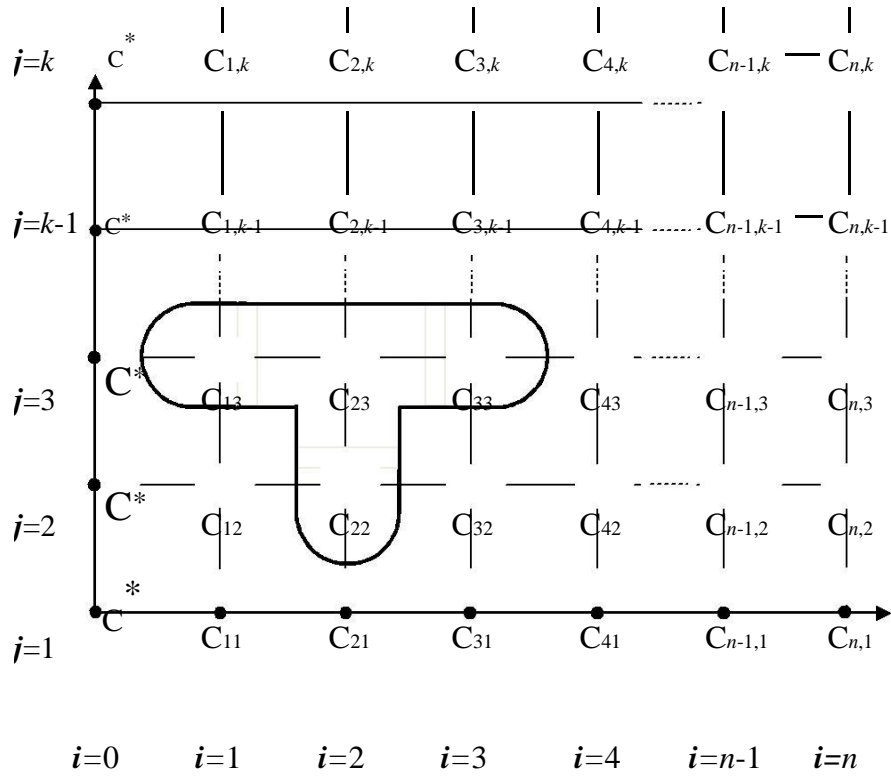
Diffuziya faktoru D_0 (3.2) tənliyində $T \rightarrow \infty$ olduqda D_t riyazi nöqtəyi nəzərdən D_t – diffuziya əmsalına bərabərdir. Görünür ki, fiziki bir məna daşımır. Ona görə D_0 prosesin maksimum temperaturunda götürmək olar. Aşağı temperatur bitirilmədə temperatur $90^\circ C$ -dən çox olmur. Ona görə D_0 - $100^\circ C$ -dəki qiyməti müəyyən olur. Buna əsasən diffuziya əmsalının temperaturdan asılılığı əyrisi 3.2 şəklində verilmişdir.



Şəkil 4.2 Diffuziya əmsalının temperaturdan asılılığı

Yuxarıdakı şəkildə göstərilən əyri arpanın qurudulma prosesinin kinetikasının tədqiqi nəticəsində alınmışdır, təcrübədən alınan qiymətlərə əsasən D_0 qiyməti $5,5 \cdot 10^{-9} m^2/S$ alınmışdır.

(3.1) - tənliyinin qeyristasionar diffuziya üçün həlli setkaların sayına əsaslanır. Bəzi qiymətlərin fərqliyini aradan qaldırmaq üçün aşağıdakı şəkildəki qeyri-müəyyən sxemdən istifadə edilmişdir.



Şəkil 3.3. Qeyri-müəyyən sxeminin trafareti

Aşağı qatlardakı nəmliyin miqdarı məlumdur ki, yuxarı qatlardakı nəmliyi müəyyən etmək lazımdır. (3.1) tənliyi müxtəlif laylarda aşağıdakı kimi olur:

$$\frac{C_{i,j+1} - C_{i,j}}{\Delta \tau} = D(t) \left[\frac{C_{i-1,j+1} - C_{i,j+1}}{(\Delta x)^2} - \frac{C_{i,j+1} - C_{i+1,j+1}}{(\Delta x)^2} \right] \quad (3.3)$$

Bəzi dəyişiklərdən sonra alırıq:

$$-F_o \cdot C_{i-1,j+1} + (1 + 2F_o)C_{i,j+1} - F_o \cdot C_{i+1,j+1} = C_{i,j}, \quad (3.4)$$

harada $F_o = (\Delta x) \frac{D(t)\Delta \tau}{(\Delta x)^2}$ (3.5) olur.

ilk sətirlər: $\tau = 0, C_{i,j} = C_0$

Səthlərdə şərtlər:

Su ilə səthdə $x = 0, C_{0,j} = C^*$

dən ilə səthdə $x = \frac{\delta}{2}, C_{n-1,j} = C_{n,j}$

Harada C_0 - dənin ilk nəmliyidir. ($C_0 = 0,194$ həcmi faizi və ya $0,14$ külə faizi);

C^* - bərk maddənin səthindəki fazada nəmliyin tarazlılıq qatlılığı (təxminən $0,888$ həcm faizi və ya $0,85$ kütlə faizi).

$x = \frac{\delta}{2}$ -də $\frac{\partial C}{\partial x} = 0$, yəni $C_{n-1,j} = C_{n,j}$ olur.

Daha sonra səthi tənliklərin həlli üçün üçdioqanallı matrisiyadan istifadə edilmişdir. Onları öz növbəsində qeyri-müəyyən sxemi n hissələrə bölərək və k -ya bərabər vaxtlarda inteqriro bat tapılmışdır.

İlk vaxtda yaranan layda ($j=1$) və ikinci layda ($j=2$) n - hissələrdə (3.4) tənliyi üçdioqanallı matrisə aşağıdakı formada olur:

$$-F_0 \cdot C_{0,2} + (1 + 2F_0)C_{1,2} - F_0 \cdot C_{2,2} = C_{1,1} \quad (3.6)$$

$$-F_0 \cdot C_{1,2} + (1 + 2F_0)C_{2,2} - F_0 \cdot C_{3,2} = C_{2,1} \quad (3.7)$$

$$-F_0 \cdot C_{n-2,2} + (1 + 2F_0)C_{n-1,2} - F_0 \cdot C_{n,2} = C_{n-1,1} \quad (3.8)$$

$$C_{n-1,1} = C_{n,1} \quad (3.9)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, hər bir qonşu laylarda temperatur müxtəlifdir, buna uyğun $F_0 = (\Delta x) \frac{D(t)\Delta\tau}{(\Delta x)^2}$ dəyişir. Demək olar ki, hər bir layda temperatur, $0,05^\circ\text{C}$

fərqlənir. Ona görə hər növbəti layda temperatur və F_0 tapılır.

Aşağıdakıları qeydiyyat aparsaq

$$A_i = -F_0; B_i = (1 + 2F_0); D_i = -F_0; \varepsilon_1 = C_{1,1}; \varepsilon_2 = C_{2,1}; \varepsilon_3 = C_{3,1} \dots \varepsilon_{n-1} = C_{n-1,1};$$

$$\varepsilon_n = C_{n,1}; \varepsilon'_1 = \varepsilon_1 - A_1 C^*; B'_1 = B_1$$

Nəzərə alsaq ki, $C_{0,j} = C^*$ onda

$$B'_1 C_{1,2} + D_1 C_{2,2} = \varepsilon'_1 \quad (3.10)$$

$$A_2 C_{1,2} + B_2 C_{2,2} + D_2 C_{3,2} = \varepsilon_2 \quad (3.11)$$

$$A_{n-1}C_{n-2,2} + B_{n-1}C_{n-1,2} + D_{n-1}C_{n2} = \varepsilon_n \quad (3.12)$$

$$C_{n-1,1} = \varepsilon_n \quad (3.13)$$

(3.10) və (3.13) tənliklərini birlikdə həll edərək, hər birini A_2/B'_1 bururuq, alınır:

$$A_2C_{1,2} + D \frac{A_2}{B'_1} \cdot C_{2,2} = \frac{A_2}{B'_1} \cdot \varepsilon' \quad (3.14)$$

(3.11) tənliyindən (3.14) tənliyini çıxaraq:

$$\left(B_2 - D \frac{A_2}{B'_1} \right) C + D_2 C_{3,2} = \varepsilon_2 - \frac{A_2}{B'_1} \cdot \varepsilon'_1 \quad (3.15)$$

Aşağıdakıları işarə etsək

$$B'_2 = B_2 - D \frac{A_2}{B'_1}; \quad \varepsilon'_2 = \varepsilon_2 - D \frac{A_2}{B'_1} \varepsilon'_1; \quad (3.16)$$

Onda (3.15) tənliyi (3.16)-i nəzərə alaraq, belə şəkildə olar.

$$B'_2 \cdot C_{2,2} + D_2 C_{3,2} = \varepsilon'_2 \quad (3.17)$$

Daha sonrakı dəyişiklərdən sonra aşağıdakı ümumi tənlikləri almaq olar:

$$B'_2 \cdot C_{1,2} + D_1 C_{2,2} = \varepsilon'_1 \quad (3.18)$$

$$B'_2 \cdot C_{2,2} + D_2 C_{3,2} = \varepsilon'_2 \quad (3.19)$$

$$B'_{n-1} \cdot C_{n-1,2} + D_{n-1} C_{n,2} = \varepsilon'_{n-1} \quad (3.20)$$

Yuxarıdakı tənliklərdən

Bilərək (3.20) tənliyində qatılığı, (3.19)-dan qatılığı, (3.18) tənliyindən - qatılıqlarını taparaq (3.18-3.20) tənlikləri aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$C_{n-1,2} = \frac{\varepsilon'_{n-1}}{B'_{n-1} + D_{n-1}} \quad (3.21)$$

$$C_{2,2} = \frac{\varepsilon'_2 - D_2 C_{3,2}}{B'_2} \quad (3.22)$$

$$C_{1,2} = \frac{\varepsilon'_1 - D_1 C_{2,2}}{B'_1} \quad (3.23)$$

3.1.2. Bişirilmiş buğda kütləsinin qıçqırmasının riyazi modelinin işlənməsi

Analoji olaraq hər bir laydan digərinə keçərək setkanın bütün laylarında qatılığı ğapmaq olar.

Yuxarıda göstərilən metoda əsasən hər müddətdə laylarda qatılığı təyin etmək olar.

Qeyri stasionar diffuziya tənliklərinin köməyi ilə bişmə prosesinin hesablaması Pascal proqramı dilində yazmaq olar.

Diffuziya əmsalı 3.1 şəklində verilmiş temperatur rejimində hesablanmışdır.

I hissədə 50°C temperaturda 0-30 dəqiqə arasında hesablanmışdır.

II hissədə $(75-50)/(50-30)^{\circ}\text{C}/\text{dəq.}$ 30-50 dəqiqə müddətində

III hissədə 75°C temperaturda 50-140 dəqiqə sabit qəbul edilmişdir.

IV hissədə $(90-75)/(180-140)^{\circ}\text{C}/\text{dəq.}$ Temperaturda 140-180 dəqiqəyə kimi artmışdır.

V hissədə 90°C temperaturda 180-225 dəqiqə sabit qəbul edələrək hesablanmışdır.

Hesablamalar 3.4 şəkildə verilmişdir.

Şəkildən görüldüyü kimi, nəmliyin miqdarı müddətlə və sahələr üzrə dəyişir. Aşağıdakı temperatur rejimlərinə uyğun nəticələr alınmışdır.

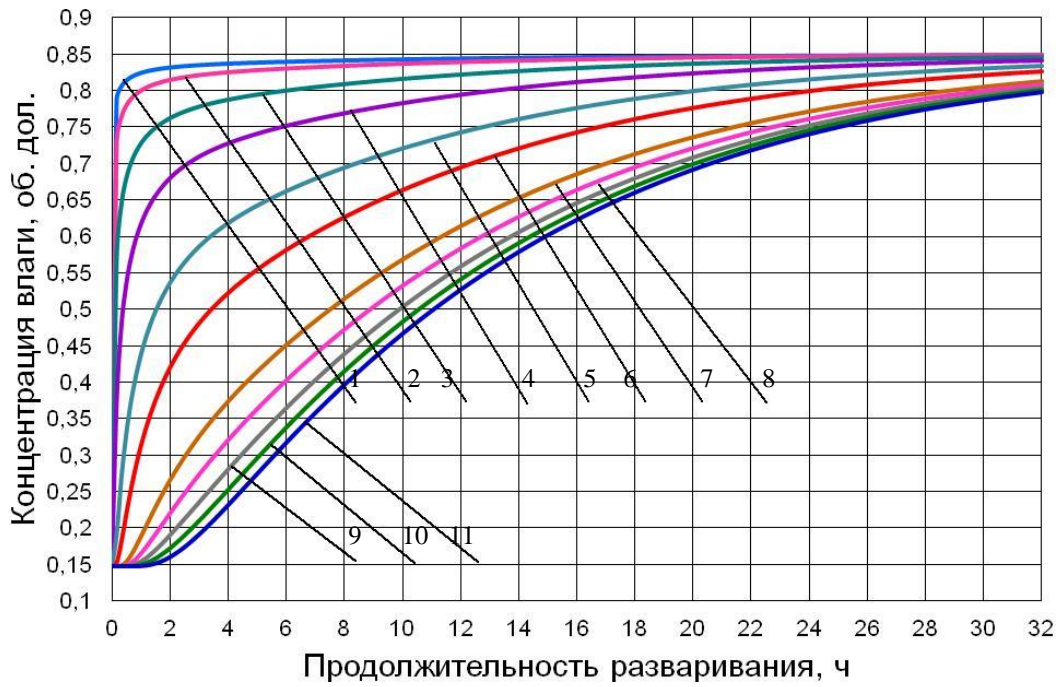
1) birinci 30 dəqiqədə temperatur 50°C

2) 30-5- dəqiqədə temperatur 50°C ilə 70°C arasında dəyişir.

3) 50 dəqiqədən yüksək temperatura 70°C sabit qalır.

Beləliklə, 1 mm. qalınlığı olan yarmanın bişirilməsi üçün, temperatur dəyişikliyi nəzərə alaraq 32 saat vaxt olmalıdır, lakin bişmə 225 dəqiqəyə bitmişdir.

Zaman fərqlərinə əsasən qeyristasionar diffuziya tənliyini layların qeyri müəyyən sxeminə əsasən yenidən analitik həlli aşağıdakı tənliklərdə (3.27) və (3.28) göstərilmişdir.



Layların nömrələri: 1 – 1; 2 – 2; 3 – 5; 4 – 10;

5 – 20; 6 – 30; 7 – 50; 8 – 60; 9 – 70; 10 – 80; 11 – 100

Şəkil 3.4. Diffuziya modelinə görə hesabat

$$C(x, \tau) = C \left[1 - \frac{4}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2n+1} \exp\left(-\frac{D}{\delta^2} \frac{(2n+1)^2 \pi^2 \tau}{2}\right) \sin\left(\frac{(2n+1)\pi x}{\delta}\right) \right] \quad (3.27)$$

$$C(x, \tau) = C \left[1 - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(2n+1)\pi} \exp\left(-\frac{D}{\delta^2} \frac{(2n+1)^2 \pi^2 \tau}{4}\right) \cos\left(\frac{(2n+1)\pi x}{2\delta}\right) \right] \quad (3.28)$$

harada; x – koodinat m.; δ -nəmləşdirilən dənin qalıqlığı mm, τ - vaxt; C^* - fazaların birləşmə səthlərində tarazlılıq qatılığı m^3 nəmlik/ m^3 nəm material.

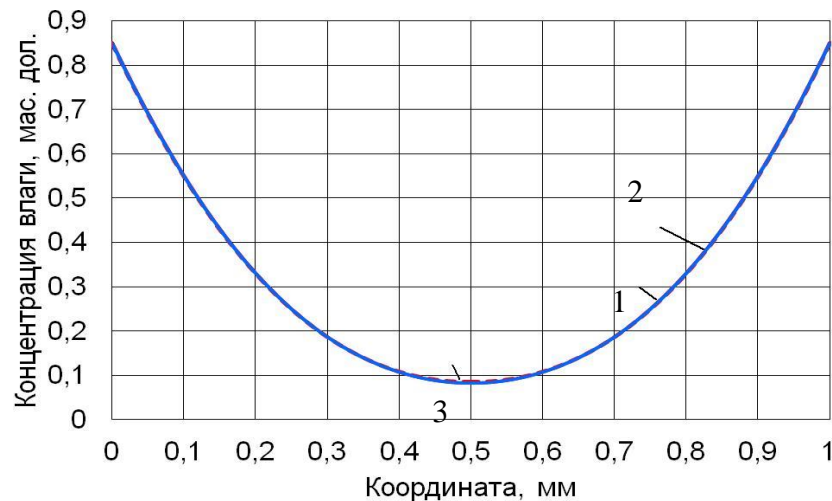
Bəzi məlum olan temperatur dəyişikliyi olmadan nişasta hissəciklərinin şişib qopması prosesi diffuziyanın məlum analitik həllinə uyğundur. Ona görə $D(t)=const$ qəbul edib, (3.1) tənliyini belə yazman olar:

$$\text{İlk şəraitdə } C(x, 0) = 0 \quad (3.29)$$

$$\text{Səth şəraitdə } C(0, \tau) = C(\delta, \tau) = C^* \quad (3.30)$$

Nəmləşdirilən materialın hissəciyinin qalınlığı δ -1mm. qəbul olunub buda üyüdülmüş taxılın 90%-nin 0,1 mm. diametri ələkdən keçdiyini göstərir. Ədədi hesablamaların köməyi ilə alınan tənliyin qrafik əyrisi qurulur. (3.27) və (3.28) tənliklərinə əsasən 1000-ə yaxın tənliklərin həlli və 4500 yaxın inteqrasiya olunmuş qəbul olunur.

1 mm. qalınlıq hissəciyin 225 dəqiqədə nəmliyin dəyişməsi 4,5 şəkilində verilmişdir, burada 1, 2, 3 əyriləri bir əyri şəklində birləşir.



1, 2 – (5) və (6) tənlikləri

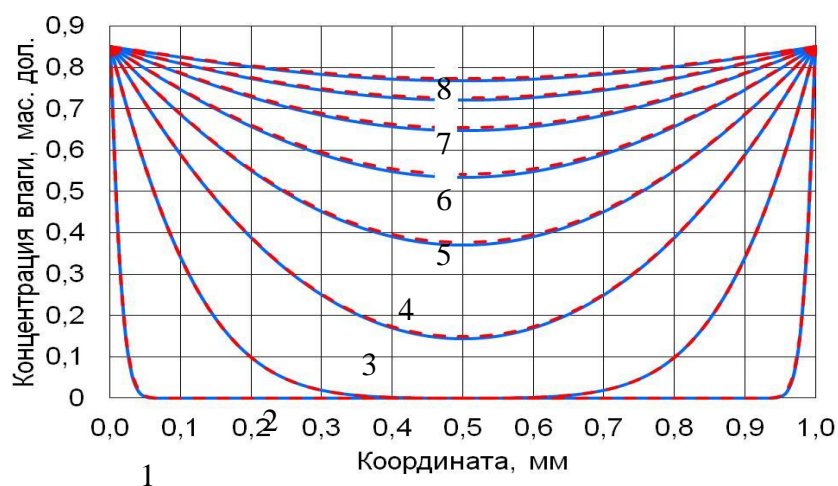
Şəkil 3.5 Qeyristasionar diffuziya tənliyinin müqayisəli həlli

Şəkil 3.5.-dən görünür ki, (3.27) və (3.28) tənliklərin ədədi və analitik həlli az fərqlənir. Şəkil 3.5-də verilən məlumatlar 3.1. cədvəldə göstərilmişdir.

Cədvəl 3.1-də ədədi və analitik hesablamaların müqayisəli nəticələri aşağıda verilmişdir:

Koordinat, m	Həllin nəticələri		
	(4.27) tənliyi	(4.28) tənliyi	Setka metodu, qeyriməlum sxem
0	0,85	0,84914	0,85
0,00001	0,81662	0,81577	0,81663
0,00002	0,78395	0,78309	0,78396
0,00003	0,752	0,75115	0,75202
0,00004	0,7208	0,71996	0,72083
0,00005	0,69037	0,68953	0,6904
0,00006	0,66071	0,65988	0,66075
0,00007	0,63185	0,63102	0,6319
0,00008	0,60379	0,60297	0,60384
0,00009	0,57654	0,57572	0,5766
0,0001	0,5501	0,5493	0,55018
0,0002	0,33037	0,32968	0,33066
0,0003	0,18673	0,18614	0,18751
0,0004	0,10761	0,1071	0,10942
0,0005	0,08259	0,08211	0,08634

Belə ki, hissəcikdə nəmliyin qatılığı əsas iki dəyişən (vaxt və koordinatlar) asılıdır, ona görə prosesə diffuziya vaxtının dəyişməsinə nəzərə almaq lazımdır (şəkil 3.6).



Şəkil 3.6. Ədədi və analitik həllin dəqiqliyinin müqayisəsi

Şəkil 3.6-dən göründüyü kimi, 225 dəqiqəyə 1mm. yarmanın hissəciyi tamamilə bişməyir. Bu temperaturanın dəyişməsi ilə deyil, nişasta hissəciyinin şişməsi və ayrılması ilə əlaqədardır. Ədədi həllini dəqiqliyi çox yüksəkdir.

3.2. Buğda və qarğıdalı yarmalarının bişirilməsi zamanı nəmliyin diffuziya əmsallarının təyin edilməsi, bütöv və üyüdülmüş halların müqayisəsi

Laboratoriyada və istehsalatda aparılan bişmə prosesinin modelləşdirilməsi üçün yarmanın daxilində diffuziya əmsalını bilmək lazımdır. Təcrübədə qurutma və nəmləndirmə proseslərində diffuziya əmsalını müəyyən etmək üçün materialın kütləsini vaxtaşırı ölçmək lazımdır. Bu hissədə diffuziya əmsalı həm nəmləşdirmədə, həm də bişirilmə zamanı baxılır. Nəmləndirmədə diffuziya əmsalı nisbətən aşağı temperaturlarda ölçülür. Bu diapazonda onlar Arrhenius tənliyinə uyğundur, xammalın hissəciklərindən və növündən asılı deyillər. Təcrübədə alınan nəticələr qeyristasionar diffuziya tənliyinə əsasən düzgün qeometrik formaya uyğun hesablanır:

- 1) Materialda başlanğıcda nəmliyin qatılığı bərabər paylanır.
- 2) Maye fazada kütlədəyişmənin müqaviməti az olur və bərk maddənin nəmliyinin qatılığı ətraf mayenin qatılığı ilə tarazlıqda olur.
- 3) Vaxtın hər bir $\tau > 0$ anında, materialın səthindəki nəmliyin qatılığı sabit olur.

Sonsuz lay, sonsuz silindir və sfera üçün ümumi həll aşağıdakı kimi olur:

$$\frac{m - m_0}{m^* - m_0} = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} B_n \exp(-A_n^2 F_0) \quad (3.33)$$

Harada

m - vaxtla nəmliyin quru maddəyə görə %-lə orta nəmliyi;

m^* - nüvənin üzərindəki tarazlıq nəmliyi, %-lə quru maddəyə görə;

m_0 - nüvənin əvvəlki nəmliyi;

$A_n \text{const}(2_{n-1})(\pi/2)$ sonsuz lay üçün;

τ_{can} - sonsuz silindir və n_{π} - sonsuz şar üçün.

$B_n = const [2/A_{n^2}$ sonsuz lay, $4/A_{n^2}$ sonsuz silindir və $6/A_{n^2}$ - şar üçün]; F_0 – Furse ədədi $F_0 = D\tau/L^2$; D – diffuziyv əmsalı, m^2/S ; L_c – qeometrik parametr, m (sonsuz lay üçün layın yarı qalınlığı, sonsuz silindir üçün silindrin radiusu və şarın radiusu) τ_{san} ;

τ_{san} – Bessel funksiyasının müsbət köküdür, $J_0(\tau_{san})=0$; $J_0(x)$ – Bessel funksiyasıdır, τ - zaman, s.

Bişirilmiş taxıl yarmasına modelləşmədə sonsuz lay kimi baxmaq olar. Nişasta hissəciklərinin şişmə sürətinin analizi nəticəsində bir neçə alimlər belə nəticəyə gəlmişlər ki, şişmə sürəti diffuziya sürətindən çoxdur. Bu da diffuziya əmsalının bişmə prosesində tapılmasına imkan verir. Xarici səthin qopmasına səbəb də materialın daxilinə nəmliyin diffuziya vasitəsi ilə baş verir. Prosesin mürəkkəbliyini nəzərə alaraq onun təsviri ancaq həllinin ədəd metodla hesabladığıda mümkündür.

Bir çox tədqiqatçıların istifadə etdiyi mütamadi rejimdə ədədi hesablama metodunun dəqiqliyi və fərqi müəyyən etmək üçün səth lay üçün qeyristasionar diffuziyanın analitik həlli hesablanmışdır.

δ - qalınlıqda hissəciyin nəmlənməsini C_0 və su ilə sərhəddə tarazlıq nəmliyini C^* təyin edək. hissəcikdə qeyristasionar diffuziya baş verir.

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 C}{D \cdot \partial x^2} \quad (3.34)$$

Başlanğıc şərt

$$C(x,0) = C_0 \quad (3.35)$$

Səthdə şərt

$$c\left(\frac{\delta}{2}, \tau\right) = c^* \quad (3.36)$$

$$\left(\frac{\partial C}{\partial x}\right)_{x=0} = 0 \quad (3.37)$$

harada x – koordinatdır, m .

(3.34) tənliyini belə yazmaq olar:

$$\frac{\partial C}{\partial^2 C, \partial \tau \partial \varphi^2} = \theta_2 \quad (3.38)$$

harada

$$\varphi = \partial^{x_2}; \quad \theta_2 = \frac{(\partial^D)_2}{2} \quad (3.39)$$

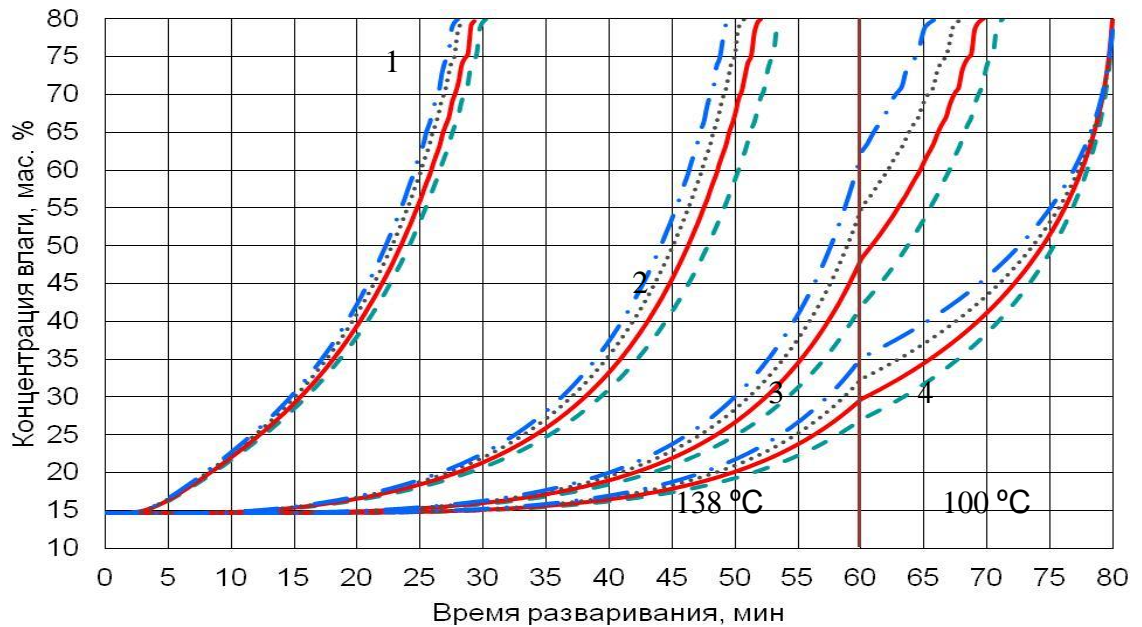
$Y = C - C^*$ işarə etsək, dəyişənlərin bölünmə metodunu qəbul edib, belə həll etmək olar:

$$Y(\varphi, \tau) = x(\varphi) \cdot T(\tau) \quad (3.40)$$

(3.40) tənliyini aşağıdakı kimi də yazmaq olar:

$$T(\tau) = \exp(-\lambda^2 \theta^2 \tau) \quad (3.41)$$

Beləliklə, bişmiş hissənin səthindən layların ayrılması nəticəsində hissəciyin ölçüləri azalır. Buğda yarmasının 138° və 105°C temperaturlarda 60 və 20 dəqiqə müddətində bişmə prosesinin identifikasiya modeli hazırlanmışdır. İdentifikasiya prosesində taxıl yarmasının tamamilə bişməsi əsas götürülmüşdür. Şəkil 3.14-də nəmliyin müxtəlif koordinat laylarda dəyişməsi göstərilmişdir. Layların ümumi sayı 100 qəbul edilmişdir. Sonuncu 100-cu layda hissəcik tamamilə bişmişdir. 60 dəqiqə müddətində temperatura 138°C götürülmüşdür. Daha sonra temperatur 105°C – kimi endirilmişdir. Aktivləşmə enerjisi $32,12 \text{ kDj/mol}$ bərabərdir.



Koordinatlı laylar:

1 – 30 laylar; 2 – 60 laylar; 3 – 80 laylar; 4 – 100 laylar

$$E_a = 16,59 \text{ kDj/mol}; \quad D = 10_{-9} \text{ m}^2/\text{s} \quad D = 7,789 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$$

	0		
$E_a = 24,345 \text{ kDj/mol};$	$D = 10_{-8} \text{ m}^2/\text{s}$	$D = 8,106 \cdot 10^{-12}$	m^2/s
-----	0		
$E_a = 32,12 \text{ kDj/mol};$	$D = 10_{-7} \text{ m}^2/\text{s}$	$D = 8,273 \cdot 10^{-12}$	m^2/s
-----	0		
$E_a = 39,91 \text{ kDj/mol};$	$D = 10_{-6} \text{ m}^2/\text{s}$	$D = 8,464 \cdot 10^{-12}$	m^2/s
-----	0		

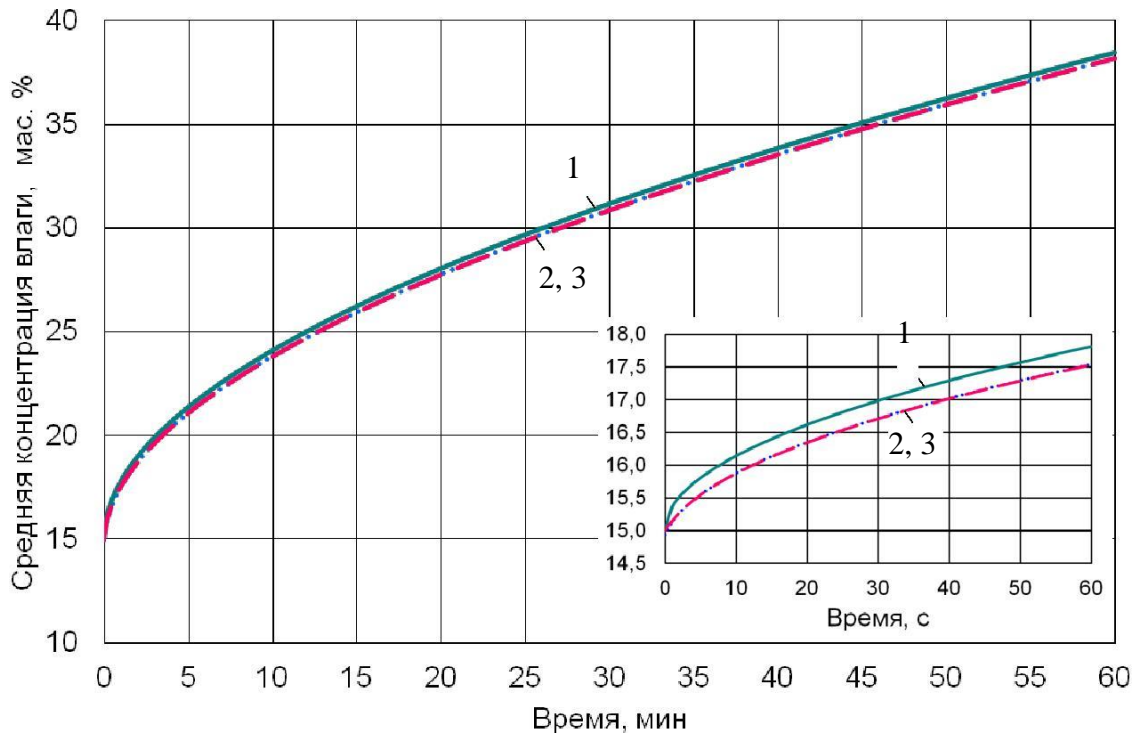
Şəkil 3.14 Koordinat laylarda zamandan asılı qatılığın dəyişməsi

138°C və 105°C temperatur rejimlərdə D_0 və E_a eyni qiymətləri qəbul edilmişdir. Yüksk temperaturda bitgi mənşəli bərk maddələr öz strukturlarını xeyli dəyişirlər. Əgər 105°C-də 20 dəqiqə müddətində bərk maddənin strukturu dəyişmirdisə, sonrakı temperatur və zamanda tamamilə dəyişir. Diffuziya əmsalı $3,641 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ olur.

Məlumdur ki, taxıl qeyriorganik materialdan fərqli olaraq tərkibində mikroelementlər, nişasta, zülallar, yağlar və karbohidratlar vardır. Nəzərə almaq lazımdır ki, bütün bunlar nolimer halındadırlar. Buna görə çoxkomponentli qarışıqlarda kütlədəyişmə və diffuziya tənliklərini baş verən proseslər üçün yazmaq olmur.

Əvəldə qeyristasionar diffuziya üçün həll oolunmuş tənliklərə əsasən aldığımız qiymətlər daha dəqiq olmuşdur. Bu da qeyriməlum sxemindən setka metoduna əsaslanır. Şəkil 3.15 nəticələrin müqayisəsi verilmişdir.

Şəkil 3.15-dən görünür ki, 138°C temperaturda diffuziya, setka metodu ilə ədədi həll ilə hesablamalara uyğun gəlir (3.33) tənliyinə əsasən hesablama (əyri 1) bir qədər dəqiq həlldən başlanğıc zamanda vərqlənir. Bu da bütün izometrik diffuziya nəticələrinin müqayisəsi və tperaturun dəyişməsi zaman bişmə üçün əsasdır.



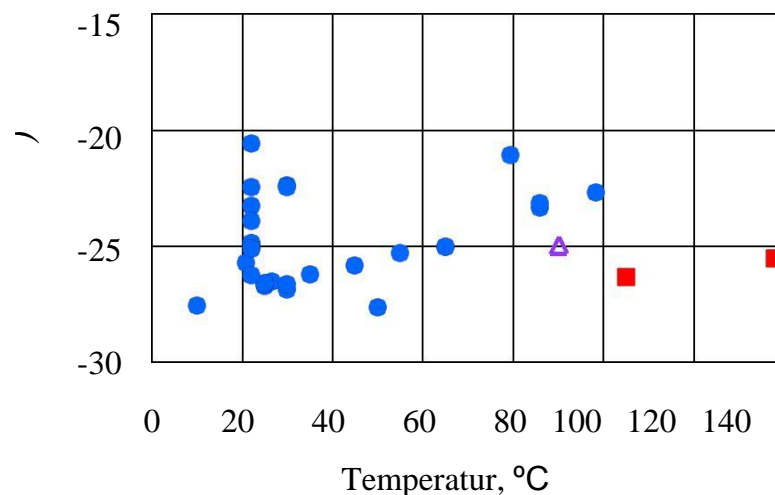
— 1 – (3.33) tənliyinə görə əyrisi;

- - - 2 – (3.50) tənliyinə görə analitik həllin əyrisi;

- - - 3 – setka metoduna əsasən qeyri müəyyən sxem üçün hesablama əyrisi

Şəkil 3.15. Həllin nəticələrinin müqayisəsi

Buğda dəninin (bütöv dən, nüvəsi və s.) nəmlənməsi zamanı diffuziya əmsalının təcrübi qiymətləri, bişirilmə və fermentativ bişmə temperaturadan aslılığı $L(D)$ 3.16 – şəkildə göstərilmişdir. Diffuziya əmsalının qiymətləri 20-70°C-də material bir o qədər dəyişikliyə məruz qalmır və Arrhenius tənliyinə uyğun diffuziya əmsalı təsvir edilib. 22°C-də isə YAMK-vasitəsi ilə diffuziya əmsalı hesablanmışdır. Taxıl yarmadalarının nəmlik ilə doyması bişmə zamanı 155°C - kimi baş verir. Taxılın bişməsi zamanı gedən proseslərə aid bir çox materiallar spirt sənayesində toplanmışdır.

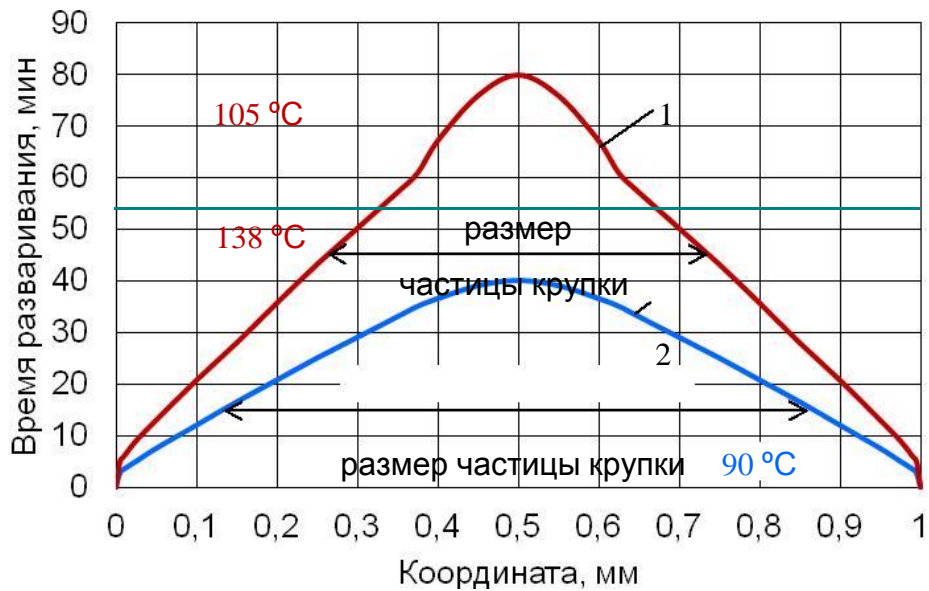


- 100 °C-də nəmləşmə;
- 105 и 138 °C-də istehsalat şəraitində bişmə;
- ▲ 90 °C-də laboratoriya şəraitində fermentativ bişirilmə.

Şəkil 3.16. Buğdanın temperaturdan (D) asılılığı

Aparılan tədqiqatlar nəticəsində məlum olur ki, temperaturun artması diffuziya əmsalının qiymətinin aşağı düşməsinə səbəb olur. Buna səbəb nişasta hissəciklərinin yüksək temperaturda dəyişməsidir. İstehsalat təcrübəsində 60 dəqiqə müddətində temperatur 138°C saxlanılmışdır. 105°C temperaturda 20 dəqiqə ərzində hissəciyin strukturu sabit qalmışdı, sonrakı müddətdə və temperaturda əsas strukturu dəyişmişdir. Bizmə zamanı 105°C-də diffuziya əmsalı $3,641 \cdot 10^{-12} \text{m}^2/\text{san}$. idisə, 138°C temperaturda isə $8,273 \cdot 10^{-12} \text{m}^2/\text{san}$. Olur. Laboratoriya şəraitində fermentativ bizmə zamanı 90°C-yə nisbətən çoxdur. Bu da alfa-amilaza fermentinin təsiri ilə nişastanın bir qisminin tərkiməsi ilə izah olunur.

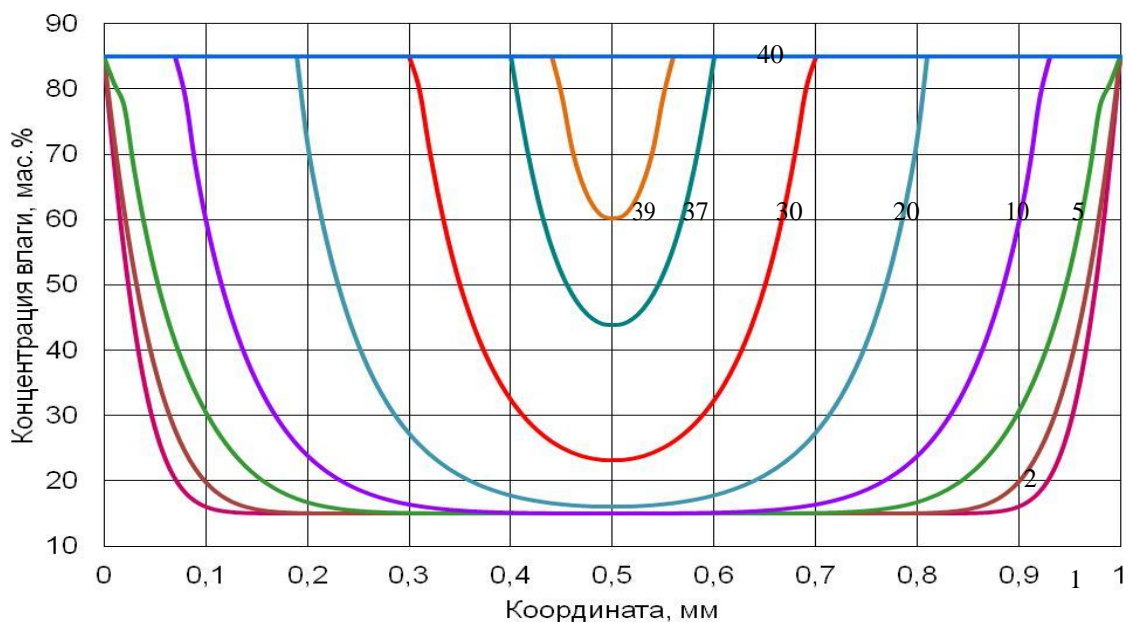
3.17 şəkilində istehsalatda bişmə zamanı hissəciyin ölçüsünün dəyişmə əyrisi (1)-ə, laboratoriyada fermentativ bişmə zamanı dəyişməsi (2) əyrisi göstərilmişdir.



- 1 –138 və 105 °C-də bişirilmə;
- 2 –90 °C-də fermentativ bişirilmə

Şəkil 3.17. Bişmə prosesində temperaturdan və zamandan asılı olaraq, hissəciyin səthinin qorpması nəticəsində ölçülərinin azalması

Şəkil 3.17-də 0,5 mm. koordinat hissəciyin ortasına kimi, əyrinin tərəsi tam bişməyə uyğundur. 60 dəqiqə müddətində bişmə prosesində əyri aşağı düşür bu da onunla izah olunur ki, 138°C-dən temperatur 105°C –ə düşür və bişmiş kütlə bişmə qurğusundan 3,6 – 3,8 atm təzyiqdə buxar separatora boşaldılır.

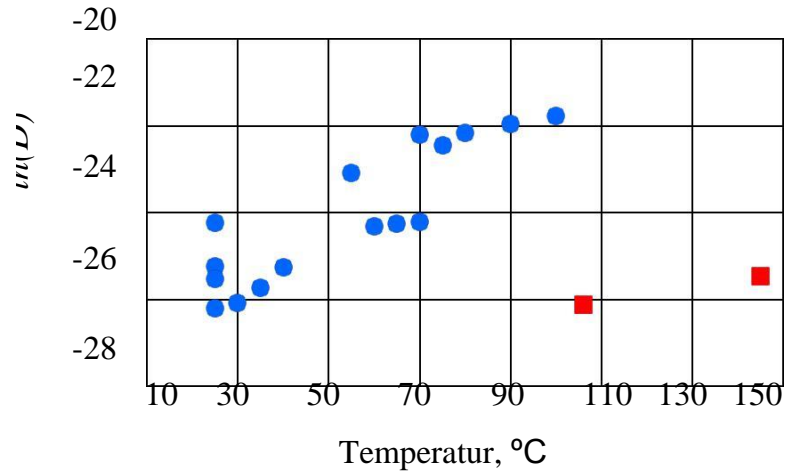


Şəkil 3.18 Ədədlərlə bişmənin zamanı işarə olunub

Şəkil 3.18 90° temperaturda buğda hissəciyinin fermentativ bişmə zamanı nəmliyin dəyişməsi qeyriməlum sxem üzrə ədədi hesablamalara əsasən göstərilmişdir.

Hesablama zamanı aktivləşmə enerjisinin qiymətindən istifadə olunmuşdur, çünki identifikasiya üçün əsas parametrdir. Bişmə prosesi 40 dəqiqə müddətində aparılmışdır. Əvvəlki hesablamalarda alınan nəticələrə əsasən, xarici səthin qopması qatılığı 80 kütlə, %, tarazlaqda qatılıq 85 kütlə, % qəbul edilmişdir.

Qarğıdalı dənələrinin qurutma prosesində diffuziya əmsalının dəyişməsi şəkil 3.19 nöqtələrlə göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi təcrübə məlumatları 100°C-yə kimi verilmişdir.



Şəkil 3.19 Qarğıdalı üçün $Ln(D)$ -nin temperaturadan asılılığı

Qarğıdalı dənəsinin 145°C-kimi yüksək temperaturda iki mərhələli bişirilməsi tədqiq olunmamışdır. Lakin bişmə zamanı nəmlik hissəciyin daxilində diffuziya vasitəsi ilə dəyişkən temperaturda daxil olur və şişmiş nişasta hissəcikləri səthdən ayrılır. Qarğıdalı dənəsinin 1 mm. ölçüdə iki mərhələləri bişmə prosesi modelləşdirilmişdir. Modelləşmə taxıl qarışığının bişirilməsinin riyazi modeli əsasında işlənmişdir. İdentifikasiya parametri kimi diffuziya əmsalının temperaturadan asılı olaraq Arrhenius tənliyinə əsasən qəbul edilmişdir. 22,412 kJ/mol . I və II mərhələlərdə aşağıdakı yarmasında nəmliyin diffuziya əmsalı şəkil 3.19-da göstərilmişdir və aşağıdakı qiymətlərə malikdir.

$$D_I = 8,70 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2 / \text{S} (t = 145^\circ \text{ S})$$

$$D_{II} = 4,48 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2 / \text{S} (t = 106^\circ \text{ S})$$

$\ln(D)$ -nin temperaturadan asılılıq qrafikindən görünür ki, yüksək temperaturada diffuziya əmsalı, dənin hissəciyi nəmlikdən doyduqda azalır. Qeyd olunur ki, buna səbəb yüksək temperaturda nişasta hissəcikləri öz strukturunu dəyişir.

Cədvəl 3.3-də ikimərhələli istehsalatda və laboratoriyada aparılan təcrübələrə əsasən aktivləşmə enerjisinin E_A və D – diffuziya əmsalının qiymətləri verilmişdir.

Cədvəl 3.3

İstehsalat şəraitində ikimərhələli bişirilmə			
Qarğıdalı yarması		Buğda yarması	
Aktivləşmə enerjisi, kDj/mol	Difuziya əmsalı, $D, m^2/S$	Aktivləşmə enerjisi, kDj/mol	Difuziya əmsalı, $D, m^2/S$
22,412	$8,7 \cdot 10^{-12}$ $t=145^\circ \text{C}$	32,12	$8,27 \cdot 10^{-12}$ $t=138^\circ \text{C}$
	$4,48 \cdot 10^{-12}$ $t=106^\circ \text{C}$		$3,64 \cdot 10^{-12}$ $t=105^\circ \text{C}$
Laboratoriya şəraitində aşağı temperaturda bişirilmə			
Arpa yarması		Buğda yarması	
21,75	$1,67 \cdot 10^{-12}$ $t=50^\circ \text{C}$	32,12	$1,46 \cdot 10^{-11}$ $t=90^\circ \text{C}$
	$2,68 \cdot 10^{-12}$ $t=70^\circ \text{C}$		
	$4,08 \cdot 10^{-12}$ $t=90^\circ \text{C}$		

Cədvəl 3.3-dən görünür ki, buğda dənin aktivləşmə enerjisi, qarğıdalıya nisbətən çoxdur. Bu onu göstərir ki, buğda yarmasını bişirmək üçün vaxt çox olmalıdır.

NƏTİCƏ

Tədqiqat nəticəsində taxılın üyüdülməsi, yarmaların bişirilməsi və rektifikasiyası qida atıl spirtinin alınma texnologiyasının təkmilləşdirilməsi məqsədi ilə öyrənilmişdir.

Aşağıdakı nəticələr əldə edilmişdir:

1. Taxıl qarışığının bişirilməsi zamanı aşağıdakı hallar baş verir, qeyristasionar diffuziya, nişasta qranullarının şişməsi və parçalanması və bişən yarmanın üst səthindən qopması.

2. Qarğıdalı yarmasının ölçülərinin ümumi enerji sərfinə taxılın üyüdülməsi və qarışıqın bişirilməsi zamanı təsiri öyrənilmişdir.

İkimərhələli bişmə prosesinin optimallaşdırılması həll edilmiş 1 mm-lik dəlikləri olan ələkdən keçən taxıl yarmalarının optimal üyüdülmə dərəcəsi müəyyən edilmiş və istehsalatda tətbiq edilmişdir.

3. Eyni zamanda müəyyən edilmişdir ki, bişmə zamanı yarmanın daxilində diffuziya əmsalı, qurutma və nəmləşdirmədən azdır. Bu da materialın strukturunun dəyişməsi ilə izah olunur. Bişmə zamanı nəmliyin diffuziya əmsalı: buğda yarması $8,273 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{S}$ - 138°C temperaturda və $3,641 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{S}$ - 105°C -də, qarğıdalı yarması üçün isə $8,7 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{S}$ - 145°C və $4,48 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{S}$ - 106°C uyğundur.

4. Spirtin qıçqırma prosesinin riyazi modeli təkmilləşdirilmişdir.

5. İntegrasiya mühitdə HYSYS (mürəkkəb kimya-texnoloji sistemlərin integrasiya mühitinin hesablanması) proqramı işlənmiş və 6 – kolonkalı rektifikasiya qurğusu alınmış nəticələrə əsasən identifikasiya edilmişdir.

6. Taxılın optimal üyüdülmə dərəcəsi hesablanmışdır. Bunun üçün funksiya kimi üyüdülməyə sərf olunan enerji, bişməyə sərf olunan istilik və xammal taxılın qiyməti istifadə olunmuşdur. Taxılın optimal üyüdülmə dərəcəsi 0,5 mm. qəbul edilmişdir.

7. Taxılın üyüdülməsi və bişirilməsi proseslərinin optimallaşdırılması yolu ilə etil spirtinin istehsal texnologiyası təkmilləşdirilmişdir. Bu zaman iqtisadi effekt yüksəlmişdir.

8. Dissertasiya işində aparılan tədqiqatların nəticələri əsasında etil spirtinin istehsalının texnoloji instruksiyası işlənmişdir.

ƏDƏBİYYAT SIYAHISI

1. Abbasov S.A. Azərbaycanca şərabçılıq Bakı, Azər nəşr, 1962, 200 səh.
2. Fətəliyev H.K. Şərabçılıq Bakı, Bilik, 1995, I hissə, 260 səh.
3. Fətəliyev H.K. Şərabçılıq Bakı, Bilik, 1995, II hissə, 160 səh.
4. Баракова Н.В. Разработка технологии этилового спирта при пониженных температурных режимах водно-тепловой и ферментативной обработки высококонцентрированных замесов из ячменя: Дис. ... канд. техн. наук, 05.18.07.-Санкт-Петербург, С.-Пб ГУНИПТ, 2010. 120 с.
5. Громов С.И. Особенности низкотемпературной переработки зернового сырья на спиртовых заводах // Ликероводочное производство и виноделие, 2005. № 4 (64). С. 4-6.
6. Громов С.И. Перспективы низкотемпературной технологии переработки зерна на спиртовых заводах // Ликероводочное производство и виноделие, 2008. № 5. С. 17-20.
7. Драгунова Ю.Е. Влияние степени измельчения зернового сырья и предварительной активации дрожжей на выход спирта / Ю.Е Драгунова, Н.А. Атыкян, В.В. Ревин // Вестник ОГУ, 2012. № 10. С. 72-77.
8. Дробилка Валковая Мельница, измельчитель Валковый
9. Константинов Е.Н. Моделирование процесса брожения с учетом инактивации дрожжей и массопередачи / Е.Н. Константинов, Т.Г. Короткова // Известия вузов. Пищевая технология, 2012. № 4. С.98-101.
10. Константинов Е.Н. Разработка модели разваривания зернового замеса / Е.Н. Константинов, Т.Г. Короткова, С.Ю. Ксандопуло, С.В. Черепов // Вестник ВГУИТ, 2014. № 1. С. 40-46.
11. Короткова Т.Г. Научное обоснование и разработка инновационных технологий пищевого спирта, абсолютированного этанола и биоэтанола: Дис. ... д-ра техн. наук, 05.18.01; 05.18.12. – Краснодар, КубГТУ, 2013. 575 с.
12. Короткова Т.Г. Моделирование разваривания кукурузной крупки / Т.Г.

- 13.Короткова, А.А. Схаляхов, Х.Р. Сиюхов, С.В. Черепов [Электрон-ный ресурс] // Научные труды КубГТУ: электрон. сетевой политематич.
- 14.Черепов С.В. Оптимизация степени измельчения пшеничного зернового сырья при производстве спирта / С.В. Черепов, Т.Г. Короткова, Н.Ю. Истошина // Известия вузов. Пищевая технология, 2014. № 4. С. 95-98.
- 15.Черепов С.В. Анализ режимов высокотемпературного и низкотемпературного разваривания зерновой крупки спиртового производства / С.В.
- 16.Черепов, А.А. Схаляхов, Х.Р. Сиюхов // Матер. Всерос. научно-практич. конф. аспирантов, докторантов и молодых ученых. – Майкоп: МГТУ, 2014. С. 53-54.
- 17.Chen, G., Campanella, O.H., Purkayastha, S., 2007. A dynamic model of crosslinked corn starch granules swelling during thermal processing. Journal of Food Engineering, 81, 500–507.
- 18.Crank J., The mathematics of diffusion (2nd ed.). Oxford: Oxford University Press, 1975.
- 19.Константинов Е.Н., Кузнечиков В.А. Математическая модель турбулентного массообмена в многокомпонентной смеси // Теоретические основы химической технологии. 1975. Т. 9. № 2. С. 163.
- 20.Константинов Е.Н., Короткова Т.Г., Шаззо Р.С. Математическая модель кинетики процесса брожения суслу // Известия вузов. Пищевая технология, 2007.- № 5-6, С. 66-67.
- 21.Константинов Е.Н. Моделирование процесса брожения с учетом инактивации дрожжей и массопередачи / Е.Н. Константинов, Т.Г. Короткова // Известия вузов. Пищевая технология, 2012. № 4. С.98-101.
- 22.Константинов Е.Н., Короткова Т.Г. Фазовое равновесие в пищевой технологии. Система «твердое тело – жидкость – пар» : монография / Кубан. гос. технол. ун-т. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВПО «КубГТУ», 2013. 160 с.
- 23.Константинов Е.Н. Разработка модели разваривания зернового замеса / Е.Н. Константинов, Т.Г. Короткова, С.Ю. Ксандопуло, С.В. Черепов // Вестник ВГУИТ, 2014. № 1. С. 40-46.

24. Константинов Е.Н. Математическое моделирование разваривания кукурузной крупки и ректификации бражки / Е.Н. Константинов, С.Ю. Ксандопуло, Т.Г. Короткова, С.В. Черепов, О.А. Кривова [Электронный ресурс] // Научные труды КубГТУ: электрон. сетевой политематич. журн. 2014. № 1.
25. Короткова Т.Г. Использование неявной схемы и метода исключения Гаусса при моделировании насыщения зерновой крупки водой и сушки упаренной барды / Т.Г. Короткова, Л.М. Левашова, С.В. Черепов // Новые технологии, 2012. № 2. С.19-26.
26. Короткова Т.Г. Научное обоснование и разработка инновационных технологий пищевого спирта, абсолютированного этанола и биоэтанола: Дис. ... д-ра техн. наук, 05.18.01; 05.18.12. – Краснодар, КубГТУ, 2013. 575 с.
27. Короткова Т.Г. Моделирование разваривания кукурузной крупки / Т.Г. Короткова, А.А. Схалыхов, Х.Р. Сиюхов, С.В. Черепов [Электронный ресурс] // Научные труды КубГТУ: электрон. сетевой политематич.
28. Короткова Т.Г. Определение оптимальной степени измельчения зернового сырья при производстве ректифицированного спирта / Т.Г. Короткова, С.В. Черепов // Инновации в индустрии питания и сервисе: Электронный сб. матер. I Межд. научно-практич. конф. – Краснодар: Изд. КубГТУ, 2014. С. 73-75 с.
29. Крикунова Л.Н., Кузьменкова Н.М., Гернет М.В. Исследование процесса предобработки зерна кукурузы на основе метода гидротермической обработки // Техника и технология пищевых производств. 2011. № 4.
30. Левашова Л.М. Научное обоснование и разработка энергосберегающей совмещенной технологии получения пищевого спирта и кормовой сухой барды из зерна кукурузы: Дис. ... канд. техн. наук, 05.18.01. – Краснодар, КубГТУ, 2012. 153 с.