

# **AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI**

*Əlyazması hüququnda*

## **SÜDÜN SƏMƏRƏLİ AKTİVİZASIYA TEXNOLOGİYASININ VƏ TEXNİKİ VASİTƏLƏRİNİN TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ**

**İxtisas: 3102.01 – Aqrımühəndislik**

**Elm sahəsi: Texnika elmləri**

**İddiaçı: Tərxan Hakim oğlu Bayramov**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi  
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

### **AVTOREFERATI**

**Gəncə – 2022**

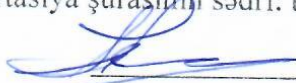
Dissertasiya işi Aqromexanika Elmi-Tədqiqat İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

**Elmi rəhbər:** texnika elmləri doktoru, professor  
**Qabil Balakişi oğlu Məmmədov**

**Rəsmi opponentlər:** - texnika elmləri doktoru, professor  
**Bayram Məhəmməd oğlu Bağirov**  
- texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent  
**Mahil İsa oğlu Məmmədov**  
- texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent  
**Elçin Məhəmməd oğlu Cavadov**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən FD 2.26 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri: texnika elmləri doktoru, dosent

 **Tariyel Məhəmməd oğlu Pənahov**

Dissertasiya şurasının elmi katibi: texnika üzrə fəlsəfə doktoru,  
dosent

 **Vüqar Tofiq oğlu Ağayev**

Elmi seminarın sədri: texnika elmləri doktoru, professor

 **Camaləddin Ələkbər oğlu Məmmədov**



## İŞİN ÜMUMİ SƏCİYYƏSİ

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.** Süd və süd məhsullarının maya dəyərinin azaldılması həmçinin kiçik emal müəssisələrinin və südçülük təsərrüfatlarının istehsal bazasının gücləndirilməsi ilə təmin edilə bilər. Ümumi istehsal olunan südün isə 60%-dən çoxu belə təsərrüfatların payına düşür. Belə təsərrüfatlar regionda kəndlər üzrə dağınıq halda yerləşdiyindən, burada texniki bazanın olmaması səbəbindən südün ilkin emalı çətinliklə üzləşir.

Hazırda bu sahənin inkişafı südün tərkibində bioloji dəyərli maddələrin və onun orqanoleptik keyfiyyətinin maksimum qorunması üçün yeni, ənənəvi olmayan, səmərəli bakterisid texnologiyaların işlənməsi və tətbiqini tələb edir. Südün ilkin emalı və sonrakı emalı üzrə mütərəqqi texnologiya və texniki vasitələrin olması istehsalın rəqabət qabiliyyətini və rentabelliliyini kəskin şəkildə artırır. Odur ki, kompakt, bahalı olmayan və az enerji tutumlu texnoloji qurğuların işlənilib hazırlanması süd sənayesinin inkişafında mühüm problemlərdən sayılır. Bütün bunlar son zamanlar süd istehsal edilən təsərrüfatlarda südün istiliklə işlənmə keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması daha çox diqqət cəlb etməkdədir. Bu baxımdan kiçik emal müəssisələri və südçülük təsərrüfatları üçün enerji qənaətli elektropasterizatorların işlənməsi və tətbiqi, bu obyektlərin istehlakı ilə birbaşa əlaqənin qurulmasına, hazır məhsulun son qiymətinin azalmasına imkan yarada bilər. Belə halda məhsul dövlət standartlarına cavab verməli və ondan süd məhsulları hazırlanmasına yararlı olmalıdır.

Son zamanlar kombinə edilmiş enerji tətbiqinə əsaslanmış qurğular daha çox maraq doğurmağa başlamışdır. Ən perspektiv istiqamət isə maye qida məhsullarının infraqırmızı (İQ) şüalanmanın südə və onda olan mikroorqanizmlərə istiqamətlənmiş təsiri imkanlarının öyrənilməsi hesab edilə bilər.

Südün İQ (infraqırmızı) və UB (ultrabənövşəyi) şüalanma sahəsində südün işlənməsinin nəzəri əsaslarına İ.A.Roqov, A.E.Myand, V.N.Maqda, V.Q.Qizatulın, S.Q.İlyasov, Y.P.Tyurev və b. əhəmiyyətli töhvə vermişlər. Şüalanma sahəsinin (aktinizasiya hadisəsinin) tətbiqinin nəzəri əsaslarının işlənməsi bu üsulun geniş imkanlarının olduğunu göstərir. Son on illər ərzində bu sahə əhəmiyyətli dərəcədə

inkişaf tapmış, istehsal proseslərinin müxtəlif sahələri üçün kiçik qabaritli, enerji qənaətli qurğuların işlənilib hazırlanması üçün real imkanlar yaranmışdır.

Qeyd olunanları nəzərə alaraq südün enerjiyə qənaətli pasterizasiyası üçün infraqırmızı (İQ) və ultrabənövşəyi (UB) şüalanma tətbiqinə əsaslanan aktinizasiya texnologiya və texniki vəsaitlərinin işlənməsi sahənin inkişafının aktual problemi kimi qiymətləndirilir.

Südün şüa sahəsində xüsusi ilə kombinə edilmiş şəkildə işlənməsi nisbətən yeni proses olduğu və az öyrənilməsi nəzərə alınaraq bu tədqiqat işi məhz bu istiqamətə yönəlmişdir.

**Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri.** Tədqiqatın məqsədi südün aktinizasiya texnologiyası və qurğusunun səmərəli parametrlərinin əsaslandırılmasından ibarətdir.

Qarşıya qoyulmuş məqsədə uyğun olaraq aşağıdakı vəzifələr müəyyənləşdirilmişdir:

- südün texnoloji prosesə təsir edən fiziki-mexaniki xassələrinin tədqiqi;

- südün şüa sahəsində işlənməsi prosesində hidrodinamikası və spektral xarakteristikasının öyrənilməsi;

- şüa sahəsində südün aktinizasiya prosesinin riyazi modelinin işlənməsi;

- seçilmiş koaksial silindrik qızdırıcı konstruksiyasının hesabat metodikasının işlənməsi;

- eksperimental aktinatorun konstruktiv texnoloji variantının işlənməsi, eksperimental yol ilə işçi parametrlərinin əsaslandırılması;

- eksperimental aktinatorun işinin istehsalat şəraitində yoxlanması, iş qabiliyyətinin və səmərəliliyin qiymətləndirilməsi.

**Tədqiqat metodları.** Süd, onun fiziki-mexaniki və optiki xassələri, infraqırmızı (İQ) və ultrabənövşəyi (UB) şüalanma təsirinə əsaslanan eksperimental aktinator tədqiqat obyekti təşkil etmişdir. Tədqiqatın predmeti İQ və UB şüalarının bakterisid xassəsindən istifadə etməklə südün pasterizasiya prosesidir. Nəzəri tədqiqatlar istilik texnikası, optika, hidrodinamika, elektrotexnika, hidravlikanın klassik qanunlarından yeni tərzdə qoyulmuş məsələlərin həllində istifadə etməklə yerinə yetirilmişdir. Eksperimental tədqiqatlar laboratoriya və istehsalat şəraitində eksperimental aktinator, müasir ölçü cihazları

və çoxfaktorlu eksperimentin planlaşdırılması metodu ilə yerinə yetirilmişdir. Eksperimental tədqiqatların dəqiqlik tələb edən təkrarlıqlarla aparılmış, alınmış nəticələr riyazi statistika üsulu ilə işlənmişlər.

**Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar:**

- nazik pərdəli infraqırmızı şüalandırıcının optimal konstruktiv forması və üsulu;
- infraqırmızı spektr sahəsində südün spektral xarakteristikası;
- faydalı model səviyyəsində işlənib hazırlanmış infraqırmızı şüaların təsirinə əsaslanan eksperimental aktinator;
- infraqırmızı şüalanma sahəsində südün pasterizasiya prosesinin riyazi modeli;
- ənənəvi pasterizasiya ilə müqayisədə aktinorda işlənmiş südün dayanıqlıq, orqanoleptik və digər keyfiyyət göstəriciləri;
- eksperimental aktinatorun istehsalat sınağının nəticələri və iqtisadi səmərəliliyi.

**Tədqiqatın elmi yeniliyi.** Avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sisteminin köməyi ilə eksperimental aktinator üçün nazik təbəqə formalaşdırıcı orqan nəzəri və eksperimental olaraq əsaslandırılmış, südün optik xarakteristikası tədqiq olunmuş, İQ şüalanmanın südə effektiv təsir edən dalğa uzunluğu müəyyən edilmişdir. Tədqiqat nəticələri əsasında tələb olunan şüalandırma qabiliyyətinə malik  $\lambda_{\max} = 1500-2700$  nm kvars səth üzərinə cərəyankeçirici pərdə çəkilməklə İQ şüalandırma mənbəyi seçilmişdir.

Tamfaktorlu eksperiment əsasında infraqırmızı qızdırıcı elementli aktinorda kombinəedilmiş şüalandırma pasterizasiyanın rəşional parametrləri müəyyən edilmişdir.

İQ (infraqırmızı) şüalandırma sahəsində südün pasterizasiya prosesinin riyazi modeli işlənmiş, bunun əsasında pasterizatorun işini Mathcad-15 mühitində modelləşdirən proqram yaradılmışdır. Bu proqram İQ şüalandırıcıların və onların parametrlərinin hesablanmasına və layihələndirilməsinə imkan yaradır.

İşlənib hazırlanmış pasterizasiya texnologiyası və aktinatorun yeniliyi Azərbaycan Respublikası Patent və Əmtəə Nişanlarının Ekspertiza Mərkəzi tərəfindən faydalı model olaraq təsdiqlənmişdir (U 2019 0012).

**Tədqiqatın nəzəri və praktik əhəmiyyəti.** Südün pasterizasiyası üçün aktinatorun hesabat metodikasının işlənməsi, texnoloji sxemin və konstruksiyanın yenidən işlənməsi, rejim parametrlərini əsaslandırmaq üçün təqdim olunan riyazi asılılıqlar, prosesin riyazi modelinin qurulması əsasında təhlili nəzəri əhəmiyyət daşıyır.

Kompleks eksperimental nəzəri tədqiqatlar əsasında südün təsərrüfat şəraitində aktinator tətbiqi ilə pasterizasiya olunmasının keyfiyyət və iqtisadi cəhətdən məqsədəuyğunluğunun sübuta yetirilməsi praktiki əhəmiyyətə malikdir. Faydalı model səviyyəsində işlənilib hazırlanmış aktinatorun fermer təsərrüfatında tətbiqinin illik səmərəliliyi 5572,26 manat etmişdir.

**İşin aprobeasiyası və tətbiqi.** Tədqiqat işinin nəticələri “Aqromexanika” Elmi-Tədqiqat İnstitutunun Elmi şurasında (Gəncə, 2017-2020-ci illər), Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin (ADAU) “Mühəndislik” fakültəsinin professor-müəllim heyəti, aspirant və magistrlərin elmi-praktik konfransında (Gəncə, 2017-2019-cu illər), Azərbaycan Texnologiya Universitetində “Qida və yüngül sənayenin aktual problemləri” mövzusunda Beynəlxalq elmi-praktik konfransda (Gəncə, 2019-cu il), Azərbaycan Texnologiya Universitetində “Universitet sənaye əlaqələrinin keyfiyyət təminatının əsas problemləri” mövzusunda Beynəlxalq elmi-praktik konfransda (Gəncə, 2020-ci il), Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin Elmi-Texniki Şurasında (Gəncə, 2021) və “Davranış nəzəriyyələri və Rusiya elminin təcrübəsi” mövzusunda Beynəlxalq elmi-praktiki konfransda (Sankt - Petrburq, 2021) məruzə edilmişdir.

İşlənilib hazırlanmış aktiniazator Goranboy rayonunun “Türk Qida Sənaye” MMC şirkətinin heyvandarlıq təsəttüfatında tətbiq edilərək onun iş qabiliyyəti və iqtisadi cəhətdən əlverişliliyi sübuta yetirilmişdir.

**Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.** Dissertasiya işi “Aqromexanika” Elmi-Tədqiqat İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

**Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi.** Dissertasiya işi girişdən, dörd fəsildən, nəticələrdən, 152 sayda istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından və əlavələrdən ibarətdir. Burada 59 şəkil, 15

cədvəl və 3 əlavə vardır. Dissertasiyanın məzmununda giriş 5 səhifə olub 10224 işarədən, birinci fəsil 40 səhifə olub 72814 işarədən, ikinci fəsil 34 səhifə olub 32763 işarədən, üçüncü fəsil 20 səhifə olub 35497 işarədən, dördüncü fəsil 40 səhifə olub 54579 işarədən, nəticələr 2 səhifə olub 3809 işarədən, istehsalata tövsiyələr 1 səhifə olub 1143 işarədən və istifadə edilmiş 152 sayda ədəbiyyat siyahısı 14 səhifə olub 24117 işarədən ibarətdir. Dissertasiyanın həcmi 165 səhifə kompüter yazısından ibarət olmaqla, ümumi həcmi 239876 işarəni (istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı və əlavələr istisna edilməklə 215638 işarə) təşkil edir.

## İŞİN MƏZMUNU

**Girişdə** mövzunun aktuallığı və dissertasiyanın ümumi səciyyəsi verilmişdir.

**Birinci fəsil** "Analitik icmal, tədqiqatın məqsəd və vəzifələri" adlanıb, burada Südün pasterizasiyasının müasir öyrənilmə vəziyyəti, pasterizator qurğularının təkmilləşdirilmə meyilləri, reaktorun təkmilləşmə xüsusiyyətləri, südün aktinizasiyasının təkmilləşmə ehtiyatlarının araşdırılması verilmişdir. Fəslin sonunda tədqiqatın məqsəd və vəzifələri göstərilmişdir.

Südün tərkibinin öyrənilməsində C.M.Axundov, A.F.Voytkeviç, N.V.Vereşşaqin, Y.S.Zaykovskiy, R.B.Davidov, P.F.Dyaçenko, Q.S.İnixov, S.V.Paraşşuk və d. əhəmiyyətli rol oynamışlar. Respublikamız miqyasında südün ilkin emalının mexanikləşdirilməsi və elektrikləşdirilməsi üzrə F.M.Yusibov, Q.M.Allahverdiyeva, V.X.Məmmədova, N.R.Həsənova, İ.Y.Şahverdiyeva, B.S.Hacıyeva tədqiqatlar aparmışlar. Söz yox ki, bu alimlərin əməyi diqqətəlayiqdir.

Əhalinin qiymətli təbii məhsul olan südə artan tələbinin vacibliyi tədqiqatçıları və bilavasitə praktikada bu işlə məşğul olanları tələb olunan saxlama müddəti şərtləri daxilində keyfiyyətə və miqdarca tərkibin qorunub saxlanmasını təmin edən ilkin emal üsullarının işlənməsinə məcbur edir. Bu planda südün tərkibi və onun qorunub saxlanmasına təsir göstərən amillər barədə biliklər elmi və praktiki cəhətdən böyük əhəmiyyət daşıyır.

Hazırda infraqırmızı şüalanmaya əsaslanan müxtəlif konstruksiyalı pasterizatorlar vardır. Bunların müasir tələblər baxımından qiymətləndirilməsi və təkmilləşdirilmə istiqamətlərini müəyyənləşdirmək üçün onların müxtəlif variantlarının müqayisəli sınağını aparmışdıq.

A1-ОПЭ markalı infraqırmızı qızdırıcılı pasterizatorun pasterizasiya bloku paslanmayan axımlı hissədən və infraqırmızı qızdırıcılardan ibarətdir.

İnfraqırmızı qızdırıcılar kvars borulardan və keçə-qrafit qaytandan hazırlanmışdır. Belə dar spektrli infraqırmızı qızdırıcıları konkret pasterizasiya şərtləri üçün hazırlamaq mümkün olur.

Süd qurğunun axımlı hissəsi ilə infraqırmızı qızdırıcı arasında yaranmış həlqəvi araboşluğuna verilir. Keçə-qrafit qaytan elektrik cərəyanı hesabına qızır və verilmiş spektrlə infraqırmızı şüalanma mənbəinə çevrilir. Kvars şüşədən hazırlanmış boru isə şüanın itkisiz olaraq məhsulun dərinliyinə keçməyə şərait yaradır. Bu zaman 1000 litr/saat məhsuldarlıq üçün 24 kW·saat elektrik enerjisi sərfi tələb olunur.

YOM-ИК-1 pasterizaedici-soyuducu qurğuda infraqırmızı qızdırıcı bölməsi vardır. Bu U şəkilli kvars şüşə borudan ibarətdir. Bunun anodlaşmış alüminiumdan əksetdirici vardır ki, üzərinə nixrom spiral dolanmışdır. Nixrom spiraldan elektrik cərəyanı buraxıldıqda o qızır və infraqırmızı şüa buraxır. Bu isə U şəkilli borudan axan məhsula təsir göstərir. Burada isə 1000 litr/saat məhsuldarlıq üçün 17 kW·saat elektrik enerjisi tələb olunur.

Südü ənənəvi istiliklə işlənmə üsulundan fərqli olaraq koaksial işçi kamera infraqırmızı şüalandırmanın daha güclü bakterisid təsiri mümkündür. Bu onunla izah edilir ki, bu zaman mikroorqanizmlərə istilik yalnız xaricdən deyil, həmçinin udulma hesabına olur, bu istilik mikroorqanizmlərin öz daxilində yaranır. Bundan başqa onların strukturunun qütbləşməsi də təsir göstərir. İki amilin (daxili istilik və qütbləşmə) təsirindən mikroorqanizmlər daha tez məhv olurlar. İnfraqırmızı qızdırma bölməsində pasterizasiya prosesi verilmiş temperaturda 2-3 saniyə baş verir. Burada pasterizasiya temperaturunu azaltmaq mümkündür ki, bu da yağların, zülalların, karbohidratların və vitaminlərin xeyli az dərəcədə parçalanması deməkdir. Bu varian-

tın digər üstünlüyü ondadır ki, məhsula təsir bərabər qaydada olur, süalanma bütün həcm üzrə daxilə nüfuz edir. Yüksək enerji sıxlığı axını ilə şüanın ani təsiri hesabına toksiki və ballast mikrofloranın məhv edilməsi üçün lazımı şərait yaranır. Bu isə digər üsullarla müqayisədə məhsulun yüksək səviyyədə saxlanmasını təmin edir. Bu zaman faydalı bioloji strukturların parçalanmasının qarşısı alınır, südün saxlanma müddəti artmış olur.

Südün qiymətli tərkib hissəsindən biri zülallardır. Ancaq 80...92°C temperaturlar diapazonunda istilik təsiri intensivliyi artıqca tərkibində ümumi və qeyri kazein zülalların miqdarı xeyli azalır. Südün infraqırmızı şüalarla işlənməsi (aktinizasiyası) zamanı isə zülalların azalması müşahidə edilməmişdir. Bununla da qeyd etmək olar ki, ənənəvi pasterezasiya ilə müqayisədə aktinizasiya olunmuş südün qidalılıq dəyəri də yüksəkdir.

Qeyd olunanları nəzərə alaraq südün aktinizasiyasının konstruktiv təkmilləşdirilmə ehtiyatı kimi işçi hopotez olaraq qurğunun nazik təbəqə formalaşdırıcısının olması və reaktorun koaksial qızdırıcı formasında işlənməsi tədqiqat obyekti olaraq qəbul edilmişdir.

**İkinci fəsil** “İnfraqırmızı şüalanmanın və qızdırıcı konstruksiyanın aktinizasiya prosesinə təsirinin nəzəri tədqiqi” adlanıb, burada şüalanma enerjisinin südə təsirinin tədqiqi, koaksial silindrik qızdırıcıda prosesin riyazi modelləşdirilməsi, kürəşəkilli qızdırıcıda prosesin riyazi model əsasında tədqiqi yer almışdır.

Koaksial qızdırıcı konstruksiyalardan bir sıra sahələrdə istifadə olunur. Ancaq onların məqsədyönlü və geniş istifadəsi üçün burada prosesin riyazi təhlilinə hələ də ehtiyac duyulur. Bu onunla əlaqədardır ki, qızdırıcının parametrləri seçilərək onun həndəsi ölçüləri, dielektrik və maqnit nüfuzetməsi, səth effekti və yaxınlıq effekti, qızdırıcı boyunca elektrik və maqnit sahələrinin qeyri bərabər paylanması və bir sıra digər amillər nəzərə alınmalıdır.

Koaksial qızdırıcı (şəkil 1) içiboş silindrdən ibarət olub içərisində enerjidaşıyıcı (cərəyandaşıyıcı) boru (elektrod) yerləşmişdir. Bunlar arasında ara boşluğu vardır.

Koaksial qızdırıcının əsas ölçülərini aşağıdakı kimi işarə edirik: daxili borunun radiusu –  $r_1$ ; xarici borunun daxili və xarici radiusları –  $r_2, r_3$ , qızdırıcının uzunluğu- $l$ .

Koaksial qızdırıcıların elektromaqnit prosesini və iş rejimini aşağıdakı tənliklər sistemi ilə ifadə etmək mümkündür:

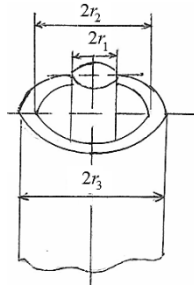
$$\operatorname{rot} \bar{H} = \gamma \bar{E} + \varepsilon_0 \frac{\partial \bar{E}}{\partial t}; \quad (1)$$

$$\operatorname{rot} \bar{E} = -\frac{\partial \bar{B}}{\partial t}; \quad (2)$$

$$\bar{D} = \rho; \quad (3)$$

$$\bar{B} = 0; \quad (4)$$

burada  $\operatorname{rot}$  – differensial operator;  $H$  -maqnit sahəsinin gərginlik vektoru,  $A \cdot m^{-1}$ ;  $\gamma$ -xüsusi keçiricilik,  $Om^{-1} \cdot m^{-1}$ ;  $E$  - elektrik sahəsinin gərginlik vektoru,  $V \cdot m^{-1}$ ;  $\varepsilon_0$ -vakuumin dielektrik nüfuzetməsi,  $\varepsilon_0 = 8,855 \cdot 10^{-12} F/m$ ;  $t$ - vaxt, san;  $B$  -maqnit induksiyası vektoru,  $V \cdot san \cdot m^{-2}$ ;  $D$  -elektrik yerdəyişmə vektoru,  $A \cdot san \cdot m^{-2}$ ;  $\rho$ -elektrik yükünün həcmi sıxlığı,  $Kl \cdot m^{-3}$ .



**Şəkil 1. Koaksial qızdırıcının sxemi.**

Elektromaqnit sahəsinə xarakterizə edən əsas vektorlar:

$$\bar{D} = \varepsilon_a \bar{E}; \quad (5)$$

$$\bar{E} = \mu_a \bar{H}; \quad (6)$$

$$J = jE; \quad (7)$$

burada  $\varepsilon_a$  və  $\mu_a$  –mütləq (absolyut) dielektrik və maqnit nüfuzetməsi;  $j$ - cərəyan sıxlıq vektoru,  $Qn/m$ .

Materialın dielektrik və maqnit xassələrini xarakterizə edən sabitlər:

$$\varepsilon_a = \varepsilon_0 \varepsilon; \quad (8)$$

$$\mu_a = \mu_0 \mu; \quad (9)$$

burada  $\varepsilon$  və  $\mu$  –materialın nisbi dielektrik və maqnit nüfuzetməsi.

50-dən yuxarı tezlikdə elektrik yerdəyişməsi nəzərə alınır. Onda (1) və (4) tənlikləri sadələşirlər:

$$\operatorname{rot} \bar{H} = \gamma \bar{E}; \quad (10)$$

$$\operatorname{rot} \bar{E} = -\frac{\partial \bar{B}}{\partial t}; \quad (11)$$

$$\bar{D} = \rho; \quad (12)$$

$$\bar{B} = 0; \quad (13)$$

Koaksial qızdırıcı üçün silindrik koordinat sistemi tətbiq etmək daha münasibdir. Əlavə işarələmələr qəbul edərək vektor formasından koordinat oxlarında sahəyə proyeksiya yazılışına keçirik:  $E_a$ ,  $E_r$ ,  $E_z$  və  $H_a$ ,  $H_r$ ,  $H_z$ - qızdırıcının elektrik və maqnit sahələrinin gərginliklərinin onun boyuna oxunun bucağı ( $\alpha$ ), radiusu ( $r$ ) və uzunluğu ( $z$ ) üzrə yayılmasını göstərir.

Prosesin riyazi modeli göstərir ki, südün effektiv pasterizasiyası üçün axın pasterizatorun turbulent rejimdə keçməlidir. Laminar rejimdə südün lokal yanma ehtimalları yaranır. Kürəşəkilli qızdırıcıların bir-biri ilə ardıcıl birləşməsi turbulent axın yaranmasına kömək edir. Belə pasterizasiya zamanı südün qızmasında ossilloqrafik rejim yaranmış olur. Cərəyandaşıyan təbəqədə və qızdırıcı kürəşəkilli qabda temperaturun maksimal qiyməti kürələrin dar yerində, minimal qiyməti isə kürələrin geniş yerində yaranır.

Qızdırıcının dar yerində maksimal temperatur cərəyanın elektrik gücündən, qızdırıcıları birləşdirən giriş çıxışların radiusundan və cərəyandaşıyan təbəqənin temperatur müqavimət əmsalından asılı olur. Cərəyandaşıyan təbəqənin materialının az temperatur müqavimət əmsalına malik olması (misal üçün, manqanın, nixrom) məqsədəuyğundur. Cərəyandaşıyan təbəqənin və qızdırıcının daxili səthinin temperatur dəyişmələrinin  $R_1$  və  $R_2$  radiuslarından asılı olur və bunların qiymətlərini geniş diapazonda dəyişməklə tənzimləyə bilərlər.

Şüa təsiri ilə südün pasterizasiya (aktivizasiya) prosesinin iki konstruktiv variantda riyazi modelləşdirilməsi göstərir ki, keyfiyyətin təmin edilməsi və enerji tutumunun azaldılmasında əsas rol oynayan faktorlar südün bərabər qaydada qızdırılması, yanmasının qarşısının

alınmasıdır. Birinci variantda koaksial silindrik səthdə süd axınının nazik təbəqədə (laminar axım) işlənməsinin təmin olunması tələb olunur. İkinci variantda temperaturun materialda bərabər qaydada yayılması üçün turbulent axın yaratmağın və bunun üçün kürəşəkilli qızdırıcıların tətbiqi ehtiyacının yaranması müşahidə olunur. Burada ikinci variant birinciyə nəzərən daha mürəkkəb konstruksiyanın olmasını tələb edir. Birinci variantda isə südü qızdırıcıya vermədən onun nazik təbəqəsini formalaşdıran tərtibata ehtiyac yaranır. Qeyd olunanları nəzərə alaraq eksperimental tədqiqatlar üçün birinci variant işçi hipotez kimi qəbul edilmişdir.

Ümumilikdə təqdim olunmuş riyazi model və hesabat metodikasını südün infraqırmızı pasterizasiya prosesi üzrə proqnoz etmək və aktinatorun mühəndis hesabatını aparmağa imkan verir.

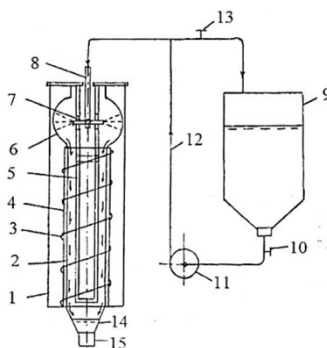
**Üçüncü fəsil** "Eksperimental tədqiqatların proqram və metodikası" olub, burada tədqiqatın proqramı, tədqiqat obyektini olaraq işçi hipotezin seçilməsi, tədqiqat metodları və təcrübə qiymətlərinin işlənməsi verilmişdir.

Eksperimental aktinatorun funksional-texnoloji sxemi aşağıdakı şəkildə (şəkil 2) verilmişdir. Qeyd olunan məsələyə onunla nail olunur ki, aktinator qurğusu şaquli silindrik gövdədən, onun içərisində oxları üst-üstə düşən şəffaf kvars şüşədən hazırlanmış işçi silindr və üzərinə sarınmış spiraldan (nixrom məftil) təşkil olunmuş İQ qızdırıcıdan, onun yuxarı tərəfində ona birləşdirilmiş kürəşəkilli nazik maye təbəqəsi formalaşdırandan, aşağı tərəfində isə ona birləşdirilmiş konusvari şəkildə hazır məhsul toplayıcısından və hazır məhsulu çıxaran borucuqdan, UB şüalandırıcı lampadan, nazik maye təbəqəsi formalaşdırmanın içərisində mərkəzində yerləşmiş xaçvari maye tozlandırıcısından, ona birləşmiş başlanğıc məhsulu qurğuya verən borucuqdan, bununla birləşmiş boru kəməri, məsarif və təzyiq tənzimləyici kranla təchiz edilmiş nasos və başlanğıc məhsul çənindən, onun kranından ibarət olub, işçi hipotezə görə UB şüalandırıcı lampaların oxları üst-üstə düşməklə işçi silindrin daxilində yerləşdirilmişdir.

Konstruksiyaya əlavə edilmiş əlamət, yəni UB və İQ şüalandırıcılarla südü emal edən aktinorda UB şüalandırıcı lampanın oxları üst-üstə düşməklə işçi silindrin daxilində yerləşdirilməsi emal olunan mayenin eyni zamanda nazik təbəqədə həm UB, həm də İQ şüa təsiri

ilə emal olunmasına şərait yaratmış olur ki, bu da məhsulun yüksək səviyyədə pastemizə və yaxud sterilizə edilmə keyfiyyətinin təmin və enerjiyə qənaət olunmasına şərait yaratmış olur.

Aktinator qurğusu gövdədən-1, şəffaf kvarts şüşədən hazırlanmış işçi silindr-2 və onun üzərinə sarınmış spiraldan-3, təşkil olunmuş İQ qızdırıcıdan-4, UB şüalandırıcı lampadan-5, nazik maye təbəqəsi formalaşdırandan-6, xaçvari maye tozlandırıcıdan-7, başlanğıc məhsulu verən borucuqdan-8, başlanğıc məhsul çənindən-9, krandan-10, mərkəzdənqaçma nasosundan-11, boru kəməridən-12, təzyiq və sərfiyyatı tənzimləyən krandan-13, pastemizatorun konusvari hazır məhsul toplayıcısından-14 və hazır məhsul çıxan borucuqdan -15 ibarətdir.



## Şəkil 2. Eksperimental aktinizatorun sxemi:

1-gövdə; 2- işçi silindr; 3-spiral; 4-infraqırmızı qızdırıcı; 5-şüalandırıcı lamp; 6-nazik təbəqə formalaşdırıcı; 7- maye tozlandırıcı; 8- başlanğıc məhsulu verən borucuq; 9- başlanğıc məhsul çəni; 10-kran; 11- mərkəzdənqaçma nasosu; 12- boru kəməri; 13-təzyiq və sərfiyyatı tənzimləyən kran; 14- hazır məhsul toplayıcı; 15- hazır məhsulu çıxaran borucuq.

Qurgu aşağıdakı kimi işləyir. Gövdə-1 işərisində yerləşmiş şəffaf kvarts şüşədən hazırlanmış işçi silindr-2 üzərinə sarınmış spirala-3 cərəyan verilməklə İQ qızdırıcısı-4 işə salınır. Eyni zamanda UB şüalandırıcı lampaya-5 cərəyan verilərək o da işə salınır. Nazik maye təbəqəsi formalaşdırıcının-6 daxilində yerləşən xaçvari maye tozlandırıcısına-7 başlanğıc məhsulu daxil edən borucuq-8 və boru kəməri vasitəsilə başlanğıc məhsul çəninin-9, kranını-10 açıb, mərkəzdənqaçma nasosunu-11 işə salmaqla başlanğıc məhsul verilir. Bu zaman

sistemdə tələb olunan təzyiq və məsarif təzyiq və sərfiyyatı tənzimləyən kranın-13 köməyilə nizamlanır. Kran-13 çox açılmasında başlanğıc məhsulun bir hissəsi sirkulyasiya olunaraq başlanğıc çəninə-9 tökülür. Bu tozlandırıcılarda-7 sərfiyyatın və təzyiqin aşağı düşməsinə səbəb olur. Əksinə kran-13-ün az açılması tozlandırıcılarda-7 təzyiq və məsarifin artmasına səbəb olur. UB və İQ şüalarla emal olunmuş məhsul işçi silindrin-2 daxili divarı ilə axaraq konusvari hazır məhsul toplayıcısına-14, oradan da hazır məhsulu çıxaran borucuga-15 keçir.

Təklif olunan aktinatorda pasterizasiya və yaxud sterilizasiya olunacaq süd eyni zamanda nazik təbəqə halında həm UB, həm də İQ şüa təsiri ilə emal olunması nəticəsində lazımı emal keyfiyyəti təmin olunmaqla təkrar əməyi və enerji sərfinə qənaət edilir, süd öz dad keyfiyyətini qorumuş olur ki, bu da iqtisadi baxımdan özünü doğruldur.

Tədqiqat obyektı kimi süd mürəkkəb sistem olub quru maddələr suda həll olunmuş vəziyyətdə yağ emulsiya halında, zülallar isə kolloid fazasındadır. Süd şəkəri və duzu molekulyar və ion fazası təşkil edirlər. Dinamik və istiliklə təsir zamanı infraqırmızı qızdırıcı elementləri olan pasterizasiya qurğusunda südün yalnız tərkibi və quruluşu deyil, həmçinin onun fiziki-mexaniki xassələri dəyişmiş olur.

Sıxlığın təyin edilməsi üçün ГОСТ P 54758-2011-də verilmiş metodikadan istifadə olunmuşdur.

Südün optik xarakteristikaları üzrə bütün tədqiqatlar universal spektrometr MPA, Bruker Optics (Almaniya) vasitəsi ilə aparılmışdır.

Spektrometrin yeni optikası cihazın yüksək istismar xarakteristikasının olmasına və iş stabilliyinə zəmanət verir.

Təcrübə qiymətlərinin mühüm hissəsi - temperatur, təzyiq, südün xassələri, enerji göstəriciləri ölçmə nəticələrinin avtomat işlənmə sistemlərinin kompüter proqramı məlumatlarını təşkil etmişlər. Onlar ya birbaşa Fərdi Kompüterin (FK) ekranından qeydə alınmış, ya da hazır cədvəl və müvafiq qrafik şəklində çıxarılmışdır. Bunlardan istifadə və alınmış nəticələrin dəqiqlik və həqiqiliyinin qiymətləndirilməsində hər hansı bir çətinlik olmamışdır.

**Dördüncü fəsil "Eksperimental tədqiqatların nəticələri"** adlanıb, burada südün sıxlığının, özlülüyünün və optik xassəsinin tədqiqi,

eksperimental qurğunun əsas parametrlərinin optimallaşdırılması, bu qurğuda südün pasterizasiya prosesinin tədqiqi və keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi yer almışdır. Fəslin sonunda eksperimental aktinatorun istətilə tətbiqi və iqtisadi səmərənin hesabatı verilmişdir.

Pasterizasiya üçün proses və aparatların dəqiq hesabatının aparılması yalnız südün xassələrinin öyrənilməsi əsasında deyil, burada həmçinin kinetik xarakteristika, termodinamika və hidrodinamika xüsusiyyətləri də nəzərə alınmalıdır.

Eksperimental aktinatorun qızdırıcı elementlərində gedən proseslərin öyrənilməsi eksperimental məlumatlarla riyazi analiz metodlarının rəsonar birliyinə əsaslanır. Burada qarşılıqlı əlaqəli kəmiyyətlərin birliyinin qurulmasına əhəmiyyətli dərəcədə diqqət yetirilir. Bunlar pasterizasiya prosesində istilikdəyişmə spesifikasiyasına daha çox təsir göstərirlər.

Prosesin riyazi təsviri empirik yolla alınə bilər. Belə halda riyazi model reqressiya tənliyi şəklində olur və bu eksperimentlər əsasında statistiki metodla əldə edilir. Reqressiya tənliyi ikinci dərəcədən polinom şəklində aşağıdakı kimi yazılır:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^N b_i x_i + \sum_{i=1}^N b_{ii} x_i^2 + \sum_{i=j}^N b_{ij} x_i x_j, \quad (14)$$

burada  $b_0$ - tənliyin sərbəst üzvü olub, baxılan faktorların orta, “sıfır” səviyyəsində olduğu halda cavab funksiyasına bərabərdir;  $x$ - faktorların miqyaslaşmış qiyməti olub, variasiya edilir və cavab funksiyasını müəyyənləşdirir;  $i, j$ - faktorların indeksləri;  $b_i$ - xətti üzlərdə əmsal;  $b_{ij}$ - ikifaktorlu qarşılıqlı təsir əmsalı olub, bir faktorun təsir dərəcəsinin digər faktorun dəyişməsi halında nə qədər dəyişdiyini göstərir;  $b_{ii}$ - kvadratik effekt əmsalı olub, çıxış parametrinin qeyri xətti olduğunu bildirir;  $N$ - planlaşdırma matrisindəki faktorların sayı.

Südün infraqırmızı şüalandırma ilə pasterizasiya olunması prosesinə daxil olan əsas faktorlar qismində aşağıdakılar seçilmişdir:

$x_1$ - südün qurğuya verilmə sərfi, m<sup>3</sup>/san;

$x_2$ - südün qızdırılma temperaturu, K;

$x_3$ - südün yağılığı, %.

Bütün bu faktorlar bir yerdə təsir göstərirlər və öz aralarında korrelyasiya olunurlar. Tədqiq olunan faktorların dəyişmə həddləri cədvəl 1- də verilmişdir.

**Cədvəl 1. Giriş faktorlarının dəyişmə həddləri**

| Planlaşdırma şərtləri | Kodlaşdırılmış qiymətlər | Plan nöqtələrində faktorların qiymətləri   |                 |           |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------------------------|-----------------|-----------|
|                       |                          | $x_1 \cdot 10^{-4}, \text{m}^3/\text{san}$ | $x_2, \text{K}$ | $x_3, \%$ |
| Əsas səviyyə          | 0                        | 1,75                                       | 348             | 3,5       |
| Variasiya intervalı   | $\Delta$                 | 0,446                                      | 9               | 1,5       |
| Yuxarı səviyyə        | +1                       | 2,196                                      | 357             | 5,0       |
| Aşağı səviyyə         | -1                       | 1,304                                      | 339             | 2,0       |
| Yuxarı “ulduz nöqtə”  | +1,682                   | 2,5                                        | 363             | 6,0       |
| Aşağı “ulduz nöqtə”   | +1,682                   | 1,0                                        | 333             | 1,0       |

Pasterizasiya olunmuş süddə mikroorqanizmlərin miqdarı və prosesin enerji tutumluluğu bu parametrlərdən asılı olur. Bunların prosesə qarşılıqlı təsirini öyrənməklə aktinatorun optimal iş rejimini müəyyən etmək mümkündür.

Faktorların dəyişmə intervallarının seçilməsi infraqırmızı pasterizasiya prosesinin şərtləri, qurğunun texniki xarakteristikası ilə müəyyənləşir. Müxtəlif faktorların prosesə təsirinin qiymətləndirilmə kriteriləri olaraq aşağıdakılar seçilmişdir:

$y_1$ -  $1 \text{ sm}^3$  süddə bakteriyaların ümumi miqdarı vahid/ $\text{sm}^3$ ;

$y_2$  -  $1 \text{ m}^3$  pasterizasiya olunmuş südə xüsusi enerji sərfi,  $\text{kW} \cdot \text{saat} / \text{m}^3$ .

Tədqiqat proqramı eksperimentin planlaşdırılması matrisinə (cədvəl 2) yerləşdirilmişdir.

Tədqiqat üçün planlaşdırılmanın mərkəzi kompozisiyalı rotatabel uniformu tətbiq edilərək  $2^3$  tamfaktorlu eksperiment seçilmişdir.

Eksperiment nəticələri işlənən zaman aşağıdakı statistik kriterilər tətbiq edilmişdir: dispersiyanın yekcinsliliyinin yoxlanması - Koxren kriterisi, reqressiya tənliyi əmsallarının əhəmiyyətliyi - Styudent kriterisi, tənliklərin adekvatlılığı- Fişer kriterisi.

Eksperimental məlumatların statistiki işlənməsi nəticəsində tədqiq olunan faktorların təsiri altında prosesi adekvat əks etdirən reqressiya tənlikləri alınmışdır:

$$y_1 = 0,7733 + 0,2154x_1 + 0,1590x_2 + 0,0398x_3 - 0,2710x_1x_2 + 0,1590x_1x_3 - (15) \\ - 0,1435x_2x_3 + 0,0971x_1^2 + 0,1108x_2^2 + 0,1165x_3^2;$$

$$y_1 = 53,4586 + 1,7145x_1 + 4,0809x_2 - 2,4256x_3 - 9,4658x_1x_2 + 6,4864x_1x_3 - (16) \\ - 8,3818x_2x_3 + 4,2164x_1^2 + 3,1132x_2^2 - 0,6833x_3^2.$$

(15) və (16) reqressiya tənliklərinin analizi tədqiq olunan prosesə daha çox təsir göstərən faktorları seçməyə imkan verir.

**Cədvəl 2. Planlaşdırmanın matrisi və eksperiment nəticələri**

| Təcrübənin<br>№-si | Faktorların kodlaşmış qiymətləri |        |        | $y_1 \cdot 10^3$ ,<br>vahid/sm <sup>3</sup> | $y_2$ ,<br>kW·saat/m <sup>3</sup> |
|--------------------|----------------------------------|--------|--------|---------------------------------------------|-----------------------------------|
|                    | $x_1$                            | $x_2$  | $x_3$  |                                             |                                   |
| 1                  | -1                               | -1     | -1     | 1,016                                       | 42,663                            |
| 2                  | -1                               | +1     | -1     | 0,989                                       | 89,471                            |
| 3                  | +1                               | -1     | -1     | 1,671                                       | 54,976                            |
| 4                  | +1                               | +1     | -1     | 0,560                                       | 59,772                            |
| 5                  | -1                               | -1     | +1     | 1,065                                       | 44,503                            |
| 6                  | -1                               | +1     | +1     | 0,464                                       | 53,636                            |
| 7                  | +1                               | -1     | +1     | 2,356                                       | 78,614                            |
| 8                  | +1                               | +1     | +1     | 0,671                                       | 54,061                            |
| 9                  | -1,682                           | 0      | 0      | 0,683                                       | 64,093                            |
| 10                 | +1,682                           | 0      | 0      | 1,408                                       | 67,802                            |
| 11                 | 0                                | -1,682 | 0      | 1,798                                       | 57,023                            |
| 12                 | 0                                | +1,682 | 0      | 0,372                                       | 68,631                            |
| 13                 | 0                                | 0      | -1,682 | 1,034                                       | 57,167                            |
| 14                 | 0                                | 0      | +1,682 | 1,672                                       | 47,004                            |
| 15                 | 0                                | 0      | 0      | 0,771                                       | 53,46                             |
| 16                 | 0                                | 0      | 0      | 0,761                                       | 53,48                             |
| 17                 | 0                                | 0      | 0      | 0,774                                       | 53,41                             |
| 18                 | 0                                | 0      | 0      | 0,772                                       | 53,40                             |
| 19                 | 0                                | 0      | 0      | 0,780                                       | 53,42                             |
| 20                 | 0                                | 0      | 0      | 0,776                                       | 53,47                             |

Südün bakterial çirkliliyinə daha çox aparata verilən süd sərfi, daha az isə südün yağılılığı təsir göstərir. Parametrlərin birinin digərinə nisbətən təsir dərəcəsi  $b_1:b_3=5,41$  və xətti üzvlərin qarşısındakı müsbət işarəsi bildirir ki, giriş parametri artan zaman çıxış parametri də artır. Xüsusi enerji sərfinə daha çox südün qızma temperaturu, daha az isə aparata verilən süd sərfi təsir göstərir.

Düsturun xətti üzvlərinin qarşısındakı əmsallar birinin digərinə nəzərən təsir dərəcəsini göstərməklə  $b_2:b_1=2,38$ -dir.

Alınmış (15) və (16) tənlikləri xətti deyillər. Beləliklə aparılmış 14 təcrübədən faktorların təsiri barədə məlumat alınmış və prosesin riyazi modeli qurulmuşdur. Bu giriş faktorlarının seçilmiş variasiya intervallarında infraqırmızı pasterizasiya prosesinə xüsusi enerji sərfini və südün bakterial çirklilik kəmiyyətini hesablamağa imkan verir. Cədvəl 3-də bütün tədqiq olunan çıxış faktorları üçün parametrlərinin seçilmiş dəyişmə intervalları toplanmışdır.

**Cədvəl 3. Giriş parametrləri və çıxış faktorlarının optimal dəyişmə intervalları**

| y     | $x_1 \cdot 10^{-4}, \text{m}^3/\text{san}$ |      | $x_2, \text{K}$ |       | $x_3, \%$ |      |
|-------|--------------------------------------------|------|-----------------|-------|-----------|------|
|       | min                                        | max  | min             | max   | min       | max  |
| $y_1$ | 1,21                                       | 1,22 | 348,6           | 348,7 | 2,15      | 3,50 |
| $y_2$ | 1,1                                        | 1,7  | 343,1           | 348,9 | 1,07      | 3,10 |

Tədqiq olunan proses üzrə optimal rejim seçmək üçün kompromis məsələnin həlli lazım gəlir. Bunun üçün cədvəl 3-də seçilmiş  $x_i$  parametrlərinin optimal intervalları üst-üstə gətirilir.

$x \in (-1,682; 1,682)$  buraxıla bilən qiymətlər sahəsini və hər  $y_i$  üzrə optimal intervalları bütün  $x_i$  - üçün bir-birinin üstünə gəldikdə görünür ki,  $y_i$   $x_i$  parametrlərinin heç bir parametri ilə öz aralarında konflikt təşkil etmir. Məhz  $x_i$  parametri üzrə  $y_i$  -kriterisi üçün optimal diapazon  $x_i = (1,21...1,22)$   $y_i$  - kriterisi üçün diapazonu tam şəkildə örtür  $x_i = (1,1...1,7)$ . Eyni zamanda birinci diapazon ikincinin içərisində olur.  $x_2$  parametrinə görə  $y_i$  kriterisi üçün optimal diapazon  $x_2=(348,6...348,7)$   $y_2$ - kriterisinin daxilinə düşür  $x_2=(343,1...348,9)$ ;  $x_3$  - parametri üzrə  $y_i$  - kriterisi üçün optimal diapazon  $x_3=(2,15...3,5)$  qismən  $y_i$  kriterisi üçün diapazonla  $x_3=(1,07...3,1)$  örtülür.

$x_i$  parametrlərinin optimal intervallarını bir-birinin üzərinə qoymaq nəticəsində  $y_1$  və  $y_2$  optimallaşdırma kriteriləri üçün ümumi diapazonlar müəyyənləşdirilir  $x_1=(1,21...1,22)$ ;  $x_2=(348,6...348,7)$ ;  $x_3=(2,15...3,10)$ .

Beləliklə parametrlərin suboptimal intervalları aşağıdakı kimi olur:  $S=(1,21...1,22) \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{san}$ ;  $T=(348,6...348,7)\text{K}$ ;  $Z=2,15...3,10\%$ .

Eksperimental aktinator qurğusunun iqtisadi cəhətdən səmərəliliyi hesablanmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, gündəlik iş həcmi 1 ton olan əmtəlik südçülük fermer təsərrüfatında və yaxud kiçik emal müəssisəsində işlənilib hazırlanmış eksperimental aktinatorun mövcud qurğu ilə müqayisədə tətbiqi zamanı illik səmərə 5572,26 manat, yuxarı limit qiyməti 8599,16 manat, qoyulan investisiyanın özünü ödəmə müddətinin 1,5 il olmuşdur.

Tədqiqat işinin nəticələri Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin Elmi-Texniki Şurasında müzakirə edilərək bəyənilmiş və istehsalata tətbiqi məqsəduyğun hesab edilmişdir.

### Nəticələr

1. Ənənəvi pasterizasiyadan fərqli olaraq südün infraqırmızı şüalandırmaya əsaslanan qızdırıcılarla işlənmə xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi göstərmişdir ki, bu prinsipə əsaslanan aktinizatorların təkmilləşdirilmə ehtiyatları böyük olmaqla onlar tam şəkildə reallaşdırılmamışlar. Bu baxımdan südün pasterizasiyası üçün infraqırmızı şüalanmaya tətbiqinə əsaslanan aktinizasiya texnologiya və texniki vasitəsinin işlənməsi sahənin inkişafının aktual problemi kimi qiymətləndirilir.

2. Tərtib olunmuş riyazi model və hesabat metodikası südün infraqırmızı pasterizasiya prosesi üzrə proqnoz etmək və aktinizatorun mühəndis hesabətini aparmağa imkan yaradır.

3. Müəyyən edilmişdir ki, konstruktiv təkmilləşmə nəticəsində aktinizator qurğularında istilikudma və məhsulun strukturunda qütbləşmə hesabına mikroorqanizmlərin daha tez məhvinə nail olmaq mümkündür. Bu zaman pasterizasiya temperaturunu azaltmaq, yağların, zülalların, karbohidratların və vitaminlərin xeyli az dərəcədə parçalanması, südün yüksək qidalılıq dərəcəsinin qorunması təmin oluna bilər.

4. Südün şüa nüfuzetməsinin daha böyük qiymətinə qısaladğalı infraqırmızı şüalandırmada təsadüf edilir. Südün optik xassələrinin tədqiqinə əsaslanaraq onun istiliklə işlənməsi üçün şüalanma spektrinin 1250...2500 nm diapazonunda olmasını tövsiyə etmək olar.

5. İnfraqırmızı şüalanma ilə pasterizasiya temperaturu hüdudunda südü qızdırdıqda ortalama olaraq südün sıxlığı  $100 \text{ kq/m}^3$  təşkil edir. Yağlılığı 2,5 və 3,8% olan südün özlülüyü su ilə müqayisədə 35...45% , yağlılığı 6,8% olan südün özlülüyü isə 1,5 dəfə çoxdur. Südün kinetik enerjisi onun daxili enerjisinə nə qədər az çevirilsə, o zaman onun özlülüyünün rolu da azalmış olur.

6. Aktinatorun işçi hipotez olaraq yeni konstruksiyası (Faydalı model № 2019 0012) işlənmişdir. Konstruksiyaya əlavə edilmiş ələmət, yəni nazik təbəqə formalaşdıran tətbiqi ilə işçi silindrin daxilində südün infraqırmızı şüalandırılması məhsulun yüksək səviyyədə pasterizə və yaxud sterilizə edilmə keyfiyyətinin təmin edilməsi və enerjiyə qənaət olunmasına şərait yaratmış olur.

7. Südün infraqırmızı şüa sahəsində təklif olunan pasterizasiya üsulu prosesin sadələşməyinə, A1-ОПЭ-1000 pasterizatoru ilə müqayisədə pasterizasiya temperaturunu  $72...75^{\circ}\text{C}$  -yə qızma müddətini 2-3 saniyəyə, elektrik enerjisi sərfini 60%-ə qədər azaltmağa imkan yaradır.

8. Südün qiymətli tərkib hissəsindən biri zülallardır. Ancaq  $80...92^{\circ}\text{C}$  temperaturalar diapazonunda istilik təsiri intensivliyi artdıqca tərkibdə ümumi və qeyri kazein zülallarının miqdarı xeyli azalır. Südün infraqırmızı şüalarla işlənməsi (aktinizasiyası) zamanı isə zülalların azalması müşahidə edilməmişdir. Bununla da qeyd etmək olar ki, ənənəvi pasterizasiya ilə müqayisədə aktinizasiya olunmuş südün qidalılıq dəyəri də yüksəkdir.

9. Hazır məhsulun keyfiyyətinin kompleks analizi aparılmış və müəyyən edilmişdir ki, eksperimental aktinorda infraqırmızı elementlərin təsiri ilə pasterizasiya olunmuş südün istehlak xassələri pisləşməmiş, mikrobioloji göstəricilər standartlar səviyyəsində olmuş, saxlanma müddəti uzanmışdır.

10. Eksperimental aktinatorun optimallaşdırma kriterilərinə (bakteriyaların vahid həcmdə minimumu və enerji sərfinin minimumu) görə işçi rejim diapazonları: südün qurğuya verilmə sərfiyyatı  $(1,21...1,22) \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{san}$ , qızdırılma temperaturu  $348,6...348,7 \text{ K}$  ( $75,6...75,7^{\circ}\text{C}$ ); südün yağlılığı 2,15...3,10% müəyyən edilmişdir.

11. İstehsalat sınaqları aparılmış və əsaslandırılmış rəasional texnoloji rejimlərin effektivliyi təsdiq olunmuşdur. Gündəlik iş

həcmi 1 ton olan əmtəəlik süd fermer təsərrüfatı və yaxud kiçik emal müəssisəsi üçün işlənilib hazırlanmış aktinatorun illik səmərəliliyi 5572,26 manat, yuxarı limit qiyməti 8599,16 manat, qoyulan investisiyanın özünü ödəmə müddətinin 1,5 il olduğunu göstərmişdir.

### **İstehsalata tövsiyələr**

1. Tədqiqat nəticəsində təklif olunan aktinator və onun optimal işçi parametrləri əmtəəlik süd istehsal edən fermer təsərrüfatları, iri südçülük kompleksləri, kiçik təsərrüfatlararası süd toplama və emal sexləri, həmçinin süd zavodlarında, qida və süd sənayesinin maşınqayırma konstruktor bürolarında aktinator və elektropasterizatorların təkmilləşdirilməsində istifadə oluna bilər.

2. Əmtəəlik süd istehsal edən kiçik, orta və iri fermer təsərrüfatlarında gündəlik istehsal həcmindən asılı olaraq bir, iki, dörd və daha çox infraqızdırıcı elementli aktinatordan istifadə edərək təklif olunan südün ilkin emal texnoloji xəttini təşkil etməklə təsərrüfatın birbaşa süd məhsulları bazarına çıxış imkanı yarana bilər. Bu isə təsərrüfatın gəlirlərinin artmasında mühüm amillərdən biridir.

3. Aktinatorlu texnoloji xətdə dissertasiyada əsaslandırılmış optimal rejim parametrlərindən, işlənilib hazırlanmış texnoloji və avtomat idarəetmə sxemlərindən istifadə edilməsi təklif olunur. Bunlar südün etibarlı və keyfiyyətli pasterizasiyasını, bu zaman enerjiyə əhəmiyyətli dərəcədə qənaət edilməsinə şərait yaratmış olacaqdır.

Dissertasiyanın əsas müddələri aşağıdakı dərc olunmuş məqalələrdə öz əksini tapmışdır:

1. Bayramov, T.H. Südün aktinizasiyasının təkmilləşdirilmə ehtiyatlarının araşdırılması/ T.H.Bayramov// Azərbaycan aqrar elmi. – Bakı, 2016, №2.-s.110-111.

2. Bayramov, T.H. Aktinizasiya qurğusunda südün pasterizasiya prosesinin modelləşdirilməsi / T.H.Bayramov // Azərbaycan aqrar elmi. - Bakı, 2017, №2.-s.121-123.

3. Bayramov, T.H. Südün sıxlığı və özlüklüyünün infraqırmızı təsir şəraitində öyrənilməsi / T.H.Bayramov // Azərbaycan Texnologiya Universitetində “Qida və yüngül sənayenin aktual problemləri”

mövzusunda Beynəlxalq elmi-praktik konfrans materialları. – Gəncə, 2019.- s.54-55.

4. Bayramov T.H. Maye emalı üçün qurğu, Faydalı model U 2019 0012, Azərbaycan Respublikası Patent və Əmtəə Nişanları Mərkəzi Publik Hüquqi Şəxs / Xəlilov R.T., Məmmədov Q.B., Tağıyev A.D.

5. Байрамов, Т.Х. Изучение перспективных методов пастеризации молока для фермерских хозяйства // Аграрный научный журнал. – Саратов: СГАУ. – 2020, № 6. – 76-80.

6. Bayramov, T.H. Eksperimental aktinizatorun tədqiqi // Azərbaycan Texnologiya Universitetində “Universitet sənaye əlaqələrinin keyfiyyət təminatının əsas problemləri” mövzusunda Beynəlxalq elmi-praktik konfransın materialları. – Gəncə, 2020. II cild. - s.38-41.

7. Байрамов, Т.Х., Мамедов Г.Б. Исследование обработки молока инфракрасным излучением // Поведенческие теории и практика Российской науки. Сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции. - Санкт-Петербург: СПб ГЭУ, - 26-27 февраля, - 2021. - с.148-151.

8. Bayramov, T.H. Sütün infraqırmızı şüalandırma ilə işlənməsində keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi // - Gəncə: Azərbaycan Texnologiya Universiteti, Elmi Xəbərlər, - 2021. № 1 (34). – s.175-180.

9. Bayramov, T.H. Aktinatorlu süd emalı qurğusu / T.H.Bayramov. - Gəncə: ADAU, - 2021. - 40 s.

10. Мамедов, Г.Б., Байрамов, Т.Х. Исследование процесса тепловой обработки молока в цилиндрическом пастеризаторе // Аграрная наука. - 2021. №9. - с.142-145.

11. Мəммədov, Q.B., Bayramov, T.H. Eksperimental aktinotorda südün pasterizasiya prosesinin tədqiqi // - Gəncə: Azərbaycan Texnologiya Universiteti, Elmi Xəbərlər, - 2021. № 2 (35). – s.18 - 23.

Dissertasiyanın müdafiəsi «11» fevral 2022-ci il tarixində saat 11<sup>00</sup>-da Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin nəzdində olan FD 2.26 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: Az 2000, Azərbaycan Respublikası, Gəncə şəhəri, Atatürk prospekti, 450.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat «07» yanvar 2022-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb:05.01.2022  
Kağız formatı: (210x297) 1\4  
Həcm: 36400 işarə  
Tiraj 100