

AZƏRBAYCAN DÖVLƏT AQRAR UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

SÜDABƏ OQTAY qızı MƏMMƏDOVA

**QABA YEMLƏRİN QİDALILIĞININ FİZİKİ-KİMYƏVİ ÜSULLA
YAXŞILAŞDIRMA TEXNOLOGİYASI VƏ QURĞUSUNUN
TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ**

3102.01 – Aqromühəndislik

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim olunmuş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

GƏNCƏ – 2018

Dissertasiya işi Aqromexanika Elmi-Tədqiqat İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:- texnika elmləri doktoru, professor **B.M.Bağirov**

Rəsmi opponentlər:- texnika elmləri doktoru, professor

X.H.Qurbanov

-texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent

N.K.Davudov

Aparıcı təşkilat: Heyvandarlıq Elmi-Tədqiqat İnstitutunun “Yemləmə, yem istehsalı və məhsulların emalı texnologiyası” laboratoriyası

Müdafə «_____» _____ 2018-ci ildə saat _____-da Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin FD.04.131 dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

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

Dissertasiya ilə Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat «_____» _____ 2018-ci il tarixdə göndərilmişdir.

**FD.04.131 dissertasiya şurasının
elmi katibi, t.f.d., dosent:**

V.T.Ağayev

IŞIN ÜMUMİ SƏCİYYƏSİ

Aktuallıq. Ət və süd istehsalının artırılması, onların maya dəyərinin azaldılması və rəqabət qabiliyyətinin yüksəldilməsi problemi heyvandarlıq sahəsində köhnəlmiş texnologiyaların keyfiyyətcə yeni, daha az enerji tutumluları ilə əvəz olunmasını tələb edir. Bu problemin müvəffəqiyyətlə həll edilməsinə yem istehsalı və yem hazırlanmasının üzərinə xüsusi vəzifə düşür.

Yem bazasının strukturunun yaxşılaşdırılması ilə yanaşı yüksək məhsuldar yem bitkilərindən istifadə etmək, yem sexlərinin işinin təkmilləşdirilməsinə nail olmaq, yem tədarüku və hazırlanmasının müntəzəm texnologiyalarını tətbiq etmək olduqca böyük səmərə ehtiyatlarına malikdir. Burada qaba yemlərin qidalılığının artırılma üsullarının işlənməsi də böyük əhəmiyyətə malikdir. Ölkədə hər il milyon tona yaxın küləş ehtiyatı yaranmış olur. Qeyri safi enerji tutumuna görə bu kütlə heç də qüvvəli yemdən geri qalmır. Ancaq liqnin kompleksinin olması heyvanların həzm traktında simbiotik mikroflora fermentləri ilə hidroliz prosesini xeyli ləngidir. Heyvan orqanizmi isə sellüloza yaratmır. Məhz bu baxımdan qaba yemlərin qıllaflarının destruksiya olunması səmərəli üsulunun işlənməsi o çıxış yoludur ki, küləşdə, taxıl və dənliyərin digər tullantılarında olan böyük enerji ehtiyatlarından istifadəyə imkan yaranmış olur. Odur ki, sellülozunun həzm olunmasını artıran texnologiyaların axtarışı və mövcud olanların təkmilləşdirilməsi heyvandarlıq üçün böyük əhəmiyyət daşıyır.

Bu sahədə bizdə və bir sıra xarici ölkələrdə aparılmış tədqiqat işlərinin vacib nəticələri ondan ibarətdir ki, küləş və digər qaba yemlərin sellülozunun daha dərin parçalanmasını məhdudlaşdıran əsas faktorlar müəyyənləşdirilmişdir. Sellülozun kimyəvi tərkibinin, onun ayrı-ayrı fraksiyalarının və həmçinin sərtləşmə maddələrinin struktur xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi küləşin turşulu hidrolizi, qələvi ilə işlənməsi, hidrobarotermiki, ferment-maya tətbiqinə əsaslanan üsulların tətbiqi üçün yeni imkanlar yaratmışdır. Həmçinin dəyişən elektrik cərəyanının sellüloza təsirindən istifadə etmək cəhdləri də olmuşdur.

Qaba yemlərin qidalılığının artırılmasında müəyyən müvəffəqiyyətlərə nail olunmasına baxmayaraq hələ də bu yemlərin rasionda çox olması, şərkərlərin isə çatışmaması sellülozun həzm olunmasının artırılmasının texnoloji və texniki üsullarının təkmilləşdirilməsi problemi aktual olaraq qarşıda durmaqdadır. Qeyd olunanları və məsələnin aktuallığını nəzərə alaraq bu

tədqiqat işi qaba yemlərin qidalılığının elektrotermokimyəvi proses qanunauyğunluğu zəmnində yaxşılaşdırılmasına yönəldilmişdir.

Tədqiqatın məqsədi. Tədqiqatın məqsədi küləşin qidalılığının elektrotermokimyəvi proses qanunauyğunluqları zəmnində yaxşılaşdırılmasının texnologiya və qurğusunun əsaslandırılmasından ibarətdir.

Tədqiqat obyektı. Tədqiqat obyektı olaraq taxıl bitkilərinin küləşi, duzlu su, qələvi məhlulu, mayalar və küləşi elektrotermokimyəvi üsulla işləyən eksperimental qurğu götürülmüşdür.

Tədqiqatın metodikası. Tədqiqatlarda klassik mexanika, termodinamika, elektrotexnologiya və kimyəvi kinetika nəzəriyyələrinin elementlərindən, natur və riyazi modelləşdirmədən, eksperimentin planlaşdırılması metodundan, eksperimental məlumatların riyazi işlənməsi və riyazi modeləşdirilmənin ədədi realizasiya metodlarından istifadə edilmişdir.

Elmi yenilik. Küləşin elektrotermokimyəvi işlənməsi prosesində deqliqnizasiya üzrə kimyəvi reaksiyanı sürətləndirən faktorlar müəyyən edilmiş, elektrik cərəyanının texnoloji faktor kimi istifadə olunmasının məqsəduyğunluğu sübuta yetirilmişdir. Texnoloji prosesin riyazi modeli qurulmuş yem kütləsinə elektrik cərəyanının texnoloji təsiri tədqiq olunaraq onun xüsusi kompleks texnoloji faktor kimi təsiri əsaslandırılmış, işçi parametrlərinin optimal qiymətləri müəyyənəşdirilmişdir. Küləşin elektrotermokimyəvi üsulla işlənməsi üçün təklif olunmuş texniki vasitənin konstruktiv yeniliyi AzPatent tərəfindən patent (№a20150078) olaraq təsdiq edilmişdir.

Təcrübi əhəmiyyəti və tədqiqat nəticələrinin realizasiyası. Yerinə yetirilmiş tədqiqat nəticəsində küləşin elektrotermokimyəvi üsulla işlənməsi üçün eksperimental qurğu işlənilib hazırlanmış, onun texniki və zootexniki tələblərə cavab verməsi istehsalat şəraitində təsdiq olunmuşdur. Alınmış analitik ifadələr anoloji qurğuların layihələndirilməsində mühəndis hesabatlارının aparılmasında müvəffəqiyyətlə istifadə oluna bilər. Eksperimental qurğunun istehsalat şəraitində tətbiqinin iqtisadi səmərəsi hesablanmış, onun optimal işçi parametrləri və yem hazırlanma texnoloji xəttinə qoşulma imkanları göstərilmişdir. Kiçik fermer təsərrüfatı üçün qurğunun tətbiqinin illik iqtisadi səmərəsi mövcud yemi termiki işləyən qurğu ilə müqayisədə 672,2 manat etmişdir.

İşin aprobasiyası. Tədqiqatın əsas nəticələri “Aqromexanika” Elmi-Tədqiqat İnstitutunun yekun elmi konfranslarında (Gəncə, 2014...2016-cı illər), Azərbaycan Elmi-Tədqiqat “Aqromexanika” İnstitutunda “Kənd təsərrüfatı istehsalatında elmi-texniki tərəqqinin aktual problemləri” mövzu-

sunda elmi-texniki konfransda (Gəncə, 2014), Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin 85 illiyinə həsr edilmiş “Müasir aqrar elm: qloballaşma şəraitində əsrin aktual problemləri və inkişaf perspektivləri”nə həsr olunmuş Beynəlxalq elmi-praktik konfransda (Gəncə, 2014-cü il), Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin «Aqrar elmin və təhsilin innovativ inkişafı: Dünya təcrübəsi və müasir prioritetlər» mövzusunda Beynəlxalq elmi-praktik konfransında (Gəncə, 2015), Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin Elmi-Texniki Şurasında (Gəncə, 2017-ci il) məruzə edilmişdir.

Tədqiqat nəticələrinin nəşr olunması. Dissertasiyanın əsas məzmunu Ali Attestasiya Komissiyası tərəfindən tövsiyə edilmiş elmi-texniki jurnallarda 11 elmi əsərdə, o cümlədən bir patentdə öz əksini tapmışdır. 1 məqalə Rusiya Federasiyasında nəşr olunmuşdur.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya 150 səhifə kompüter yazısı həcmində olub, girişdən, dörd fəsildən, ümumi nəticələrdən, istifadə olunmuş 145 sayda ədəbiyyat siyahısından, üç əlavədən ibarətdir. Dissertasiyada 42 şəkil və 11 cədvəl vardır.

İŞİN MƏZMUNU

Girişdə mövzunun aktuallığı, problemin qoyuluşu və dissertasiyanın ümumi səciyyəsi verilmişdir.

Birinci fəsil “Problemin öyrənilmə vəziyyəti, tədqiqatın məqsəd və vəzifələri” adlanıb, burada dənلیلərin bitki qalığının yem balansında istifadə olunma problemi, küləşin yeyilmə və qidalılığının yaxşılaşdırılmasının öyrənilmə vəziyyəti, elektrik cərəyanı təsirinin öyrənilməsi, küləşin fiziki-kimyəvi üsulla işlənməsinin mexanikləşdirilmə vəziyyəti üzrə icmal verilmişdir. Fəslin sonunda tədqiqatın məqsəd və vəzifələri göstərilmişdir. Küləşdən yem dəyərliliyi olan, ancaq ucuz başa gələn yem əldə edilməsi daim alim və təsərrüfatçıların diqqətini özünə çəkməkdədir.

Çoxsaylı üsul və texnologiyalar mövcuddur ki, bunlar birbirindən həm texniki vasitələr, həm də təsir prinsipi ilə fərqlənirlər. Bunlardan bəziləri təcrübədə tətbiq tapmış və bu sahədə məlumdurlar, bəziləri isə az məlum olmaqla yalnız ayrı-ayrı ölkələrdə və təsərrüfatlarda tətbiq olunmuşlar. Bütün üsulları əsasən iki sinfə bölmək olar: birinci – küləşin dad keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması (buna “kəndli üsulu” deyilir). İkinci isə küləşin həzm olunma səviyyəsinin artırılması. Birinci sinif üzrə küləşin işlənməsində əsas məsələ küləşin heyvanlar tərəfindən maksimum yeyilməsinə nail olmaqdır. Bunun üçün xırdalanma, buxarla işləmə, siloslaşdırma, qüvvəli yemlərlə dadını yaxşılaşdırma və s. üsullar tətbiq edilir. Ancaq bir sıra təd-

qıqatlarla sübut olunmuşdur ki, yemləmədə yüksək effektə bu və ya digər üsulla heyvana daha çox miqdarda yedizdirilən yemlə deyil, düzgün balanslaşdırılmış yem rasionu və yemlərin yüksək keyfiyyəti ilə nail olunur. Bəzi hallarda heyvanların rasionuna həddindən çox xam küləş daxil etdikdə onların məhsuldarlığının aşağı düşməsi, məhsul vahidinə görə yem sərfinin artması müşahidə edilmişdir. Beləliklə demək olar ki, qeyd olunan üsullar heyvandarlığın yem bazasının möhkəmləndirilməsi və genişləndirilməsi üzrə vəzifələri radikal şəkildə həll edəcək iqtidarda deyildirlər.

Qaba yemlərin sellülozunun həzm olunmasının artırılması istiqamətində bizdə, xaricdə tədqiqat işləri aparılmışdır. Qıfəlin strukturuna effektiv təsir edən nəzəri əsaslar P.A.Kormşikov, P.D.Pşeniçniy, A.P.Dmitroçenko, S.Y.Zafrenin əsərlərində təqdim olunmuşdur. Bu məsələ ilə əlaqəli işlərin sonrakı inkişafı və təcürbi olaraq əsaslandırılması P.N.Polişşuk, V.Q.Qotlib, L.P.Zaripova, L.K.Ernst, O.Y.Avrov, Z.M.Moroz, V.A.Karasenkov, V.V.Şeqlov, L.Q.Boyurskiy, X.H.Qurbanov davam etdirmişlər. Bu alimlər əsasən küləş və digər qaba yemlərin sellülozunun dərinədən parçalanmasını məhdudlaşdıran amillərin müəyyən edilməsində böyük rol oynamışlar. Məhz bu amillərin müəyyən edilməsi bu sahədə küləşin elektrokimyəvi üsulla işlənməsi üzrə tədqiqatların inkişafına yol açmışdır. Söz yox ki, küləşin bu və ya digər üsulla işlənməsi üçün maşın, qurğuşun və avadanlıqlardan istifadə edərək texnoloji prosesin mexanikləşdirilməsi bir sıra xərclərlə müşayət olunur. Bütün bunlar yemin qidalılığının və həzm olmanın yaxşılaşdırılması nəticəsində məhsul artımı ilə özünü doğrultmalıdır. Məhz hər təsərrüfat bu və ya digər texnologiyayı seçərkən qeyd olunan göstəricilərin müqayisəli qiymətləndirilməsinə əsaslanmalıdır. Bununla belə bu sahədə yerinə yetirilən elmi və təcürbə-konstruktor işlərinin tənqidi təhlili göstərmişdir ki, küləşin termiki və elektrokimyəvi işlənməsində prosesin ekolojiyi, resursqoruyucu istiqamətdə optimallaşdırılması diqqətdən yayınmışdır. Heyvandarlıq təsərrüfatları və yem saxları texnoloji xətləri üzrə qaba yemlərin fiziki-kimyəvi təsirlə işlənməsi və onun mexanikləşdirilməsi üçün texniki vasitələrin, işçi və konstruktiv parametrlərin əsaslandırılması lazımi səviyyədə həyata keçirilməmişdir. Bir çox konstruktiv işləmələr barədə irəli sürülən tövsiyələr realizə olunmadan ideya variantı səviyyəsində qalmışdır.

Qeyd olunanları nəzərə alaraq tədqiqat işində küləşin qidalılığının elektrotermokimyəvi proses qanunauyğunluqları zəminində yaxşılaşdırılmasının texnologiya və qurğusunun əsaslandırılması elmi məqsəd olaraq qarşıya qoyulmuşdur.

Məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı vəzifələr müəyyənləşdirilmişdir:

- xıradalanmış küləşin fiziki-mexaniki, elektrofiziki və fiziki-kimyəvi xassələrinin tədqiqi;

- küləşin elektrotermokimyəvi prosesini analitik olaraq tədqiq etmək, onu səciyyələndirən parametrlər arasındakı funksional asılılıqları müəyyən-ləşdimək və prosesin səmərəli işçi sxemini əsaslandırmaq;

- küləşin elektrotermokimyəvi işlənməsinin kinetikasını eksperimental olaraq tədqiq etməklə onun riyazi modelini qurmaq;

- analitik tədqiqat nəticələrini eksperimental - laboratoriya şəraitində yoxlamaq, yem kütləsinin işlənmə prosesinin optimal rejimlərini əsaslandırmaq;

- tədqiqat nəticəsində təkmilləşmiş texnoloji avadanlığın istehsalatda tətbiqinin iqtisadi səmərəliliyini müəyyən etmək.

İkinci fəsil "Küləşin qidalılığının yaxşılaşdırılması və elektrokimyəvi işlənməsinin nəzəri tədqiqi" adlanıb, burada fiziki-kimyəvi təsir mexanizminin tədqiqi, küləşin elektrokimyəvi işlənməsinin modelləşdirilməsi, elektrolitlərin nəzəri təhlili, kimyəvi preparatla işləyən qurğunun parametrlərinin, işçi həcmnin və texnoloji variantın səmərəlilik şərtinin əsaslandırılması verilmişdir.

Dünya təcrübəsində daha çox qələvi təsiri geniş yayılmışdır. Küləşin işlənməsi zamanı kimyəvi çevrilmələr reagentin konsentrasiyası ilə əlaqəlidir. Heterogen kimyəvi reaksiyanın sürəti isə aşağıdakı kimidir:

$$v = K_0 C^S S \exp\left(-\frac{W}{RT}\right), \quad (1)$$

burada K_0 - reaksiyanın sürət sabiti; C^S - reaksiya səthində kimyəvi reagentin konsentrasiyası, kq; S - reaksiya səthinin sahəsi, m²; W - reaksiyanın aktivləşmə enerjisi, Coul; T - işlənmə temperaturu, °C; R - universal qaz sabiti, $R=8,31$ Coul/°C·mol.

Reaksiya səthində reagentin konsentrasiyası bu zonaya onun axınından asılıdır. Axın konsentrasiya qradienti, temperatur və elektrik sahəsi yaradıldıqda potensial qradienti ilə müəyyən edilir. Elektrotexnoloji işlənmə şəraitində riyazi ifadəni sadələşdirmək üçün istilik qradientini nəzərə almasaq istənilən en kəsikdə i - kimyəvi reagentin konsentrasiyasının dəyişməsinə aşağıdakı düsturla ifadə etmək olar:

$$\frac{\partial C_i}{\partial \tau} = D_i \nabla^2 C_i + u_i \frac{z_i}{|z_i|} (C_i \nabla^2 \varphi + \text{grad}\varphi \text{grad}C_i), \quad (2)$$

burada C_i , D_i , u_i , z_i - müvafiq olaraq konsentrasiya, diffuziya əmsalı,

elektrolitik hərəkətlilik, kimyəvi reagentin i -ionunun yükü; φ - xarici sahənin potensialı, Vt -san; τ - reaksiya başlanğıcından olmaqla cari vaxt, san.

Aşağıdakı buraxılabilən şərtləri qəbul edirik: diffuziya, reaksiya zonasında konsentrasiyanın dəyişməsinə görə baş verir; başlanğıc məhlulda ionların konsentrasiyası C_0 -dır; elektrik sahəsi tətbiq etdikdə dissosiasiyanın güclənməsi səbəbindən ionların konsentrasiyası $C_0 = C_0 K_1 \text{grad}\varphi$ -yə qədər artır $x \rightarrow \infty$ şəraitində reaksiya vaxtı bu səviyyədə qalır (hesabat başlanğıcı x iki layın sıx hissəsi sərhəddi ilə üst-üstə düşüb, reaksiya səthinə olan normal üzrə istiqamətlənmişdir); maddə axını reaksiya sürəti ilə müəyyən edilir, bu isə öz növbəsində C_0 - konsentrasiyasından və miqراسiya prosesindən asılı olur. Qeyd olunanları nəzərə almaqla (2) düsturu üçün hüdud şərtlərini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\left. \begin{aligned} x > 0, \tau = 0, C = C_0; \\ x \rightarrow \infty, \tau > 0, C = C_0 K_1 \text{grad}\varphi = K_{01} \sin \omega t; \\ x = 0, \tau > 0, \frac{dC}{dx} = K_C \pm B \sin \omega t \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

burada ω - elektrik potensialının dəyişməsinin bucaq sürəti,

Laplas çevirməsi tətbiq edib, $u = L \{C\}$ parametrdən istifadə etməklə (2) tənliyin aşağıdakı variantını əldə edirik:

$$D = \frac{d^2 u}{dx^2} + A_T \frac{du}{dx} - pu = C'_0, \quad (4)$$

burada $A_T = u_i \frac{z_i}{|z_i|} \text{grad}\varphi$; K_1, K_{01}, K, B - əmsallar olub, konsentrasiya

və onun qradiyentinin müvafiq olaraq sabit və dəyişən elektrik sahəsində dissosiasiyanın artmasından asılılığını nəzərə alır; p - Laplas operatoru.

Müəyyən çevrilişlərdən sonra hüdud şərtləri aşağıdakı kimi olur:

$$\left. \begin{aligned} x > 0, \tau = 0, u = pu - C'_0; \\ x \rightarrow \infty, \tau > 0, u = \frac{C'_0}{p}; \\ \left(\frac{du}{dx} \right)_{x=0} = K + \frac{B}{D(p^2 + \omega^2)}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

(2) tənliyi ikinci dərəcədən qeyri yekcins differensial tənlikdir. Ümumi həll aşağıdakı kimidir:

$$u(x, \tau) = C_1 e^{K_1 x} + C_2 e^{K_2 x} + \frac{C'_0}{p}, \quad (6)$$

$$\text{burada } K_{1,2} = \frac{A_T \pm \sqrt{A_T^2 + 4Dp}}{2D} = N \pm M \sqrt{p}.$$

burada A_T – elektron hərəkətliliyi qradienti; p - Laplas operatoru; ω - elektrik potensialının dəyişməsinin bucaq sürəti, san^{-1} .

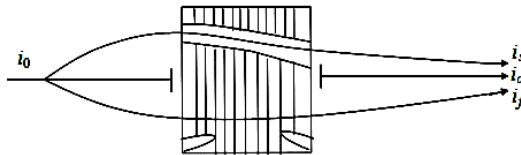
Başlanğıc şərtlərinə görə $u(x, \tau)$ funksiyası məhdud olduğu üçün əgər Barel teoreması tətbiq edilərsə ikinci və ya daha çox dərəcədən olan kiçik kəmiyyətlər kənarlaşdırılırsa reagentin reaksiya müstəvisində konsentrasiyası aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$C^S = C(0, r) = C'_0 - \frac{2DMKC'_0}{\sqrt{\pi\tau^{3/2}}} + \frac{DMKC'_0}{\sqrt{\pi\tau}} + \left(\frac{1}{a^3} - \frac{2DMKC'_0}{a} \right) ea^2 \text{erfc}(a_1 \sqrt{\tau}) + \quad (7)$$

$$+ \frac{2B\omega M \sqrt{\pi}}{D\sqrt{\omega}} (\sin \omega\tau - \cos \omega\tau)$$

burada $a = \frac{N}{M}$; $a_1 = \frac{N}{M} - K$; D - diffüziya əmsalı; MK -ion yığınının (konsentrasiyanın) elektrik sahəsində dissosiasiyasının artmasından asılılıq əmsalları; τ - reaksiyanın başlanğıcından keçən cari vaxt, san .

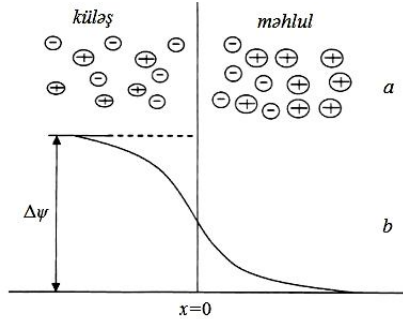
(1) düsturuna C^S -in qiymətini və K , M , N , a , a_1 -in qiymətlərini qoyub və nəzərə alınsa ki, reaksiya səthi elektrik sahəsi $S = S_0 K_{01} \text{grad}\varphi$ parametrlərindən asılıdır, o zaman yemin işlənməsi zamanı elektrik cərəyanının texnoloji təsiri üçün tənlik əldə edə bilərik. Ancaq real sistemlərdə nəzərə almaq lazımdır ki, ümumi cərəyanın bir hissəsi bütün maye körpüçüklərlə qapanacaq və kimyəvi qarşılıqlı təsir prosesində iştirak etməyəcəklər (şək.1).



Şək.1. Küləş kütləsi üzrə axan cərəyanın paylanması:

i_f - kimyəvi reaksiyanın cərəyan şiddəti; i_s – maye körpüçüklər üzrə keçən cərəyan şiddəti; i_c – ikiqat təbəqənin yüklənməsinin cərəyan şiddəti; i_0 – ümumi cərəyan şiddəti.

Bundan başqa reaksiya zonasında spesifik adsorbsiya və kimyəvi reagentin yerli ion toplanması və həmçinin onların və reaksiya məhsullarının qeyri bərabər hərəkətliyi üzündən $\Delta\psi$ potensialının şıçrayışı baş verir (şək.2). Xarici sahə bu potensialın deformasiyasına səbəb olur.



Şək.2. Küləş və kimyəvi reagent məhlulunun ayrılma sərhəddində ikiqat elektrik təbəqəsi:
a-strukturun sxematik təsviri; *b*-elektrik potensialının dəyişməsi.

Əgər deformasiya böyük deyilsə o zaman bitki toxumasını elektroda bənzədib mübadilə cərəyanı üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

$$i = zFk' \left\{ (C'_0 + \delta c) \exp \left[\frac{(1-\alpha)zF(\Delta\psi - \Delta\phi)}{RT} \right] - (C'_0 - \delta c) \exp \left[\frac{-\alpha zF(\Delta\psi + \Delta\phi)}{RT} \right] \right\} \quad (8)$$

burada z - Faradey ədədi; F – mübadilədə iştirak edən yükün ionu; k' - ionla əvəzolmanın sürət konstantı; C'_0 - başlanğıc məhlulda ion yığımının elektrik sahəsi tətbiq etdikdə artışı miqdarı; δC – ion yığımının başlanğıc qiymətindən yayınma, $\delta C = C'_0 - C_{x=0}$; α – yükün məhluldan elektroda keçmə əmsalı; ψ – reaksiya zonasında daxili potensial; ϕ – xarici sahənin potensialı; R – universal qaz sabiti; T – işlənmə temperaturu.

Əgər ion yığımı böyük deyilsə potensialın tarazlıqdan kənarlaşması da çox olmayıb $\frac{RT}{zF}$ –dən azdır. Onda eksponensial toplananları sıraya düzüb $\delta c \Delta\phi$ kimi kiçik kəmiyyətləri nəzərə almasaq yazı bilərik:

$$i \approx zFk' \left(\frac{2\delta C + C'_0 zF \Delta\phi}{RT} \right) \quad (9)$$

Dəyişən xarici sahə tətbiq edildikdə $i=Asin\omega\tau$ qəbul etmək olar (burada A - elektrolit hərəkətliyi qradientidir). S reaksiya səthində kimyəvi reagent yığılı C^S aşağıdakı kimi təyin edilə bilər:

$$C^S = C(0, r) = C'_0 - \frac{2DMKC'_0}{\sqrt{\pi\tau^{3/2}}} + \frac{DMKC'_0}{\sqrt{\pi\tau}} + \left(\frac{1}{a^3} - \frac{2DMKC'_0}{a} \right) ea^2 \operatorname{erfc}(a_1\sqrt{\tau}) + \frac{2B\omega M\sqrt{\pi}}{D\sqrt{\omega}} (\sin \omega\tau - \cos \omega\tau) \quad (10)$$

burada D – diffuziya əmsalı; MK – ion yığınının (konsentrasiyasının) elektrik sahəsində dissosiasiyasının artmasından asılılıq əmsalları; $H\tau$ – reaksiyanın başlanmasından keçən cari vaxt;

$$a = \frac{N}{M}; \quad a_1 = \frac{N}{M} - K; \quad N = \frac{A_T \pm \sqrt{A_T^2 + 4DP}}{2D} \pm M\sqrt{P} \quad (11)$$

burada A_T – elektrolit hərəkətliyi qradienti; P - Laplas operatoru; ω – elektrik potensialının dəyişməsinin bucaq sürəti.

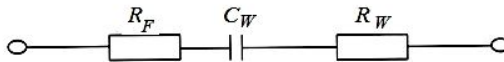
(10) düsturuna konsentrasiya qiymətini qoyub $-\delta_C = C'_0 - C_x = 0$ - olduğunu nəzərə alsaq τ -ya görə differensiallaşdırdıqda alırıq:

$$\frac{\partial(\Delta\varphi)}{\partial\tau} = \left(\frac{A\omega RT}{(zF)^2 C'_0 k'} - \frac{2\sqrt{2M}\sqrt{\pi}RT}{DC'_0 zF\sqrt{\omega}} \cos \omega\tau + \frac{2\sqrt{2BM}RT\sqrt{\pi}}{DC'_0 zF\sqrt{\omega}} \sin \omega\tau \right) + \left[\frac{9DMKC'_0}{\sqrt{\pi}\tau^{5/2}} + \frac{4DMKC'_0 a^2 - 2}{a^5} ea^2 \operatorname{erfc}(a_1\sqrt{\tau}) + \frac{3DMKC'_0}{\sqrt{\pi}\tau^{3/2}} \right] \quad (12)$$

Qərarlaşmış rejimdə ($\tau \rightarrow \infty$ olduqda) son toplananı kənarlaşdırmaq olar. Onda sadələşdirdikdən sonra yaza bilərik:

$$\frac{\partial(\Delta\varphi)}{\partial\tau} = A(R_F + R_\omega) \cos \omega\tau + \left(\frac{A}{C_\omega} \right) \sin \omega\tau \quad (13)$$

Başqa sözlə kimyəvi reaksiyanın elementləri R_F , R_W və C_W olan elektrik sxemi kimi modelləşdirmək olar (şək.3).



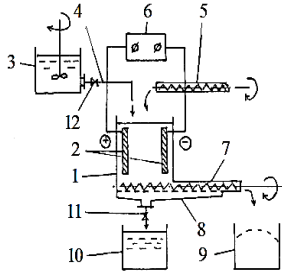
Şək.3. İon əvəztmə reaksiyasına ekvivalent elektrik sxemi.

Proqram üzrə qidalandırıcı mənbənin cərəyanının tezlik və formasından asılı olaraq cərəyan şiddətləri nisbəti i_F/i_0 , nəmləşmə modulu, işləmə temperaturu müəyyən edilmişdir.

Kimyəvi təsirin cərəyan şiddətinin ümumi cərəyan şiddətinə nisbəti reaksiyasını aktivləşdirmə enerjisinin $W=2,5$, cərəyanın bucaq sürətinin $\omega=249,2$ rad və proses gedən temperaturun $t=90^{\circ}\text{C}$ qiymətlərindən başlayaraq azalmağa doğru meyl göstərir.

Üçüncü fəsil "Eksperimental tədqiqatların proqram və metodikası" olub, burada tədqiqatların proqramı, tədqiqat obyekti kimi təkmilləşdirilmiş konstruktiv sxemin seçilməsi, eksperimental tədqiqatların və onların nəticələrinin qiymətləndirilmə metodikaları öz əksini tapmışdır.

Qaba yemləri işləyən qurğunun prinsiplial və konstruktiv sxemi şəkil 4-də verilmişdir.



Şək.4. Eksperimental qurğunun prinsiplial sxemi:

1-yem işlənmə kamerası; 2-yastı elektrodlar; 3-basqılı qab; 4-reagent boru xətti; 5-yem yükləyən şnek; 6-elektrik cəryanı çevricisi; 7-nəqletdirici şnek; 8-ləyən; 9-bərk fraksiyanı toplayan qab; 10- maye fraksiyanı toplayan qab; 11-kran; 12- kran.

Qurğu yem işlənmə kamerasından-1, yastı elektrodlardan-2, basqılı qaba-3, reagent boru xəttinə-4 və yem yükləyən şnekə-5 malik başlanğıc materialları verən sistemdən, elektrik cəryanı çevricisindən-6, nəqletdirici şnek-7 və ləyənə-8 malik işlənmə məhsullarını çıxaran sistemdən, bərk-9 və maye-10 fraksiyaları toplayan qablardan ibarətdir. Ləyən-8 kran-11 və reagent boru xətti-4 kran-12 ilə təchiz edilmişlər. Yastı elektrodlar-2 yem işlənmə kamerasının-1 içərisində yerləşdirilmiş anod (+) katod (-) olmaq üzrə elektrik cəryanı çevricisi (dəyişən cəryanı sabit cəryana çevirən) – 6 ilə əlaqələndirilmişlər. Basqılı qabda- 3 yemin kimyəvi işlənməsi üçün reagent hazırlanır. Reagent boru xəttinin-4 bir ucu kran-12 vasitəsi ilə basqılı qaba- 3 birləşdirilmiş, digər ucu isə yem işlənmə kamerasının-1 üzərində durur. Yem yükləyən şnekin-5 də bir ucu isə yem işlənmə kamerasının-1 üzərində durmaqla digər ucunda ona yüklənən xırdalanmış qaba yemi (küləş və s.) yem işlənmə kamerasına-1 çatdırır. Yem işlənmə

kamerasının-1 dibində nəqletdirici şnek-7 yerləşməklə bunun kameranın daxilinə düşən hissəsi üst tərəfdən açıqdır. Alt örtüyü isə deşikli olmaqla kameranın yan divarlarına birləşdirilmişdir. Nəqletdirici şnekin-7 yem işlənmə kamerasından kənara çıxan hissəsi bütövlükdə örtüyün içərisində olmaqla yemin bərk fraksiyasını toplayan qabın-9 üzərində dayanmışdır. Nəqletdirici şnekin-7 deşikli alt örtüyü ləyənlə-8 əhatə olunmuşdur. Ləyənin-8 çıxış borucuğu kranla-11 təchiz olunmuş və o yemin maye fraksiyasını toplayan qabın-10 üzərində yerləşdirilmişdir.

Qurğu aşağıdakı kimi işləyir. Yem işlənmə kamerasına-1 basqılı qabdan-3 reagent boru xətti-4 və yem yükləyən şnek-5 vasitəsi ilə tələb olunan nisbətdə yem və reagent doldurulur. Yem işlənmə kamerasında-1 yemin elektrotermiki-kimyəvi işlənmə prosesi başlayır. Yem işlənmə kamerasının-1 dibindən nəqletdirici şnekin-7 alt örtük deşiklərindən sızan məhlul bərk fraksiyadan ayrılaraq ləyənlə-8 tərəfindən tutulur, kran-11 vasitəsi ilə maye fraksiyanı toplayan qaba-10 ötürülür. Bərk hissə isə nəqletdirici şneklə bərk fraksiya toplayan qaba nəql olunur. Burada elektrotermiki-kimyəvi prosesin intensivliyinin son məhsulun keyfiyyət tələbinə uyğun tənzimlənməsi yem yükləyən şnekin-5, nəqletdirici şnekin-7 fırlanma tezliklərinin, reagent verilməsi və yemin maye fraksiyasının ayrılmasının 12 və 11 kranları vasitəsi ilə nizamlanması hesabına təmin olunur.

Təklif olunan qurğu təsərrüfatda olan ucuz qaba yemlərin yem dəyərini artırılmaqla yem bazasının möhkəmləndirilməsinə, yalnız bir növ deyil müxtəlif qaba yem və yem əhəmiyyətli kənd təsərrüfatı məhsullarının emalı və yeyinti sənayəsi tullantılarından yemləmədə səmərəli istifadə etmək üçün onların xüsusiyyətinə uyğun fasiləsiz elektrotermiki-kimyəvi prosesi optimal səviyyədə tənzimləməyə imkan verir. Bundan başqa yemin işlənmə prosesinin optimal şəraitdə aparılması alınan maye fraksiyanın (monoşəkər məhlulu, qlükoza və bioloji aktiv birləşmələr) da yüksək keyfiyyətdə və zənginlikdə alınmasına şərait yaratmış olur. Nəticədə təsərrüfatda bahalı yemlərə və furaj dəninə qənaət etmək mümkün olur ki, bu da özünü heyvandarlıq məhsullarının maya dəyərinin aşağı salınmasında özünü göstərir. Qurğunun konstruktiv yeniliyi Az Patent tərəfindən (№a20150078) təsdiq edilmişdir.

Tədqiq olunan materialların ölçü və kütlə xarakteristikası onların nəmliyi, sıxlığı, səth üzrə sürtünmə əmsalı standart metodika əsasında müəyyən edilmişdir.

Bitki mənşəli materialların elektrik müqavimətini təyin etmək üçün elektrodlardan, cərəyan mənbəyindən və registrasiya bölməsindən ibarət

cihazdan istifadə edilir. Eksperiment qiymətlərinin işlənməsində variasiyalı statistika metodundan istifadə olunmuşdur.

Dördüncü fəsil "Eksperimental tədqiqatların nəticələri və onların təhlili" adlanıb, burada xırdalanmış kütlənin bəzi fiziki-mexaniki, elektrofiziki və fiziki-kimyəvi xassələrinin tədqiqi, küləşin elektrokimyəvi işlənməsinin tədqiqi, elektrik cərəyanı parametrlərinin əsaslandırılması, energetik göstəricilərin tədqiqi, işlənilib hazırlanmış texnologiya və texniki vasitənin istehsalat şəraitində yoxlanması və iqtisadi səmərəsinin hesablanması təqdim olunmuşdur.

Müxtəlif dənliyərin küləşlərinin analizi keyfiyyətə infraqırmızı spektroskopiyaya (əvvəlcədən işçi məhlulları quru duz alınana qədər buxarlandırma və oksidləşmiş məhsulu karbon dörd xloru ekstraksiya etməklə. Nümunələrdə qalıq su 1,0%-i keçməmişdir) metodu ilə və miqdarca yerinə yetirilmişdir. Nəticələr cədvəl 1 və şəkil 5-də əks olunmuşlar.

Elektrokimyəvi yolla küləşin oksidləşmə şərtlərinin reduksiya olunmuş maddə çıxımına təsirinin öyrənilməsindən alınan nəticələr riyazi üsulla işlənilmişlər. Alınmış nəticələrin müqayisəli şəkildə qiymətləndirilməsi göstərmişdir ki, müxtəlif dənli bitkilərin küləşin elektrokimyəvi işlənmə prosesinin optimal şərtləri bir çox faktorlar üzrə üstüstə düşür: elektrolitin 70°C temperaturda buğda küləşi ilə arpa küləşinin işlənməsi pH 8,0-10,0 olduqda, vələmir küləşi pH 4,0-6,0, anod cərəyanı sıxlığı 0,125 kA/m², natrium xloridin elektrolitdə başlanğıc konsentrasiyası 30,0 kq/m³ və elektrik miqdarı 0,9 kA saat/kq (xammal) olduqda. Küləş elektrokimyəvi oksidləşdikdən sonra məhluldan çəkilən ekstraktın spektrində geniş 3400 və 1680 sm⁻¹ və zəif 1080-1100 sm⁻¹ udma zolaqları müşahidə olunmuşdur. 3400 sm⁻¹ udma zolaqları hidroksoqrupun valent dəyişmələrinə aid edilir. 1620-1680 sm⁻¹ udma zolaqları karboksil qruplarının assimetrik valent dəyişmələrinə uyğun gəlir. 1080-1100 sm⁻¹ udma zolaqları –C-O – (efir qruplaşmaları) qruplarının valent dəyişmələrinə cavab verir. Spekrtdə 1420 və 1200-1300 sm⁻¹ udma zolaqları da vardır. Bunlar hidroksoqrup və karbonil qruplarının yastı deformasiya dəyişmələri arasındakı qarşılıqlı təsirlərə uyğun gəlir. Küləş nümunələrinin elektrokimyəvi işlənməsindən sonra məhlul tərkibində optimal rejimdə xammala nəzərən maksimal qlukoza çıxımı 4,5-5,0 kütlə %-lə müəyyən edilmişdir. Xammala görə xlorun oksigenli birləşməsi (cədvəl 1) və qalıq bərk maddə kütləsi – 60...80 kütlə % olmuş, qalıq bərk maddədə titan və rəngli metal müşahidə olunmamışdır. Küləş nümunələrinin işlənməsi zamanı elektrolitin pH-dan reduksiya olunmuş maddə çıxımının asılılığı cədvəl 1-də verilmişdir. Arpa

küləşi və vələmir küləşinin əvvəlcə qələvi sonra isə turş mühitdə işlənməsi daha əlverişlidir. Bu zaman reduksiya maddəsi çıxımı kütlə üzrə 6%-dən çox olur. Bu, sellülozun qələvi mühitdə və sonradan turş mühitdə hidrolizi (liqнинin parçalanması) ilə əlaqəlidir.

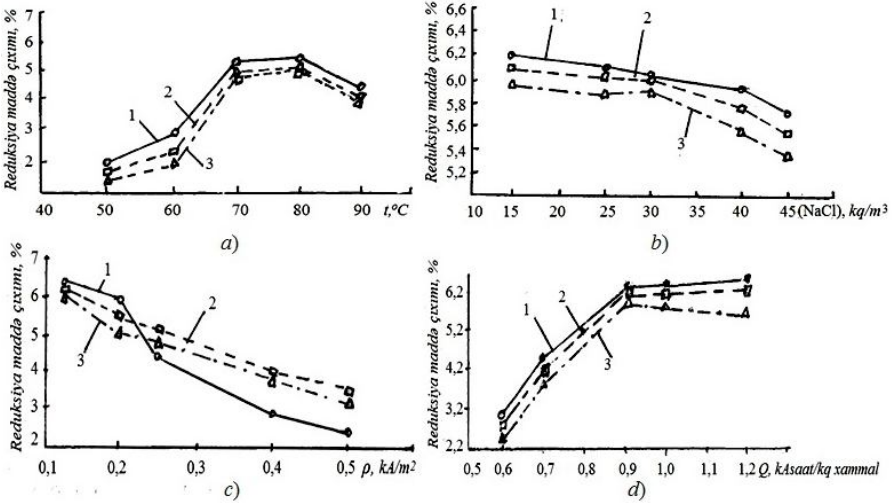
Cədvəl 1

Prosesin digər optimal şərtlərində elektrolitin pH-dan asılı olaraq küləş növlərinin işlənmə göstiriciləri

№	pH	Reduksiya maddəsi çıxımı xammal kütləsinə görə %-lə			ClO ₃ konsentrasiyası, q/m ³		
		Buğda küləşi	Arpa küləşi	Vələmir küləşi	Buğda küləşi	Arpa küləşi	Vələmir küləşi
1	4,0...6,0	4,5...4,9	4,4...5,0	6,0...6,2	8...12	7...12	10...13
2	8,0...10,0	2,6...3,2	2,9...3,2	3,0...3,4	24...33	22...33	28...35
3	Ardıcıl olaraq 8,0...10,0 və 4,0...6,0	6,0...6,1	6,0...6,2	6,0...6,3	14...17	14...16	18...19

Arpa küləşinin işlənməsində bir və yaxud iki mərhələli işlənmənin (əvvəlcə qələvi və sonra turş mühitdə) fərqi olmur. Hər iki mərhələnin göstəriciləri uyğun gəlir. Bütün küləş nümunələri 50...60°C-də az miqdarda reduksiya maddə çıxımı (xammal kütləsinə görə 2,5...3,0%) ilə oksidləşir. Reduksiya maddə çıxımı 90°C-də 70°C olduğundan az olur. Görünür bu üzvi birləşmələrin destruktiv oksidləşməsi ilə əlaqəlidir. Maksimum reduksiya maddə çıxımı (xammal kütləsinə görə 6%-dən çox) elektrolitin 80°C temperaturuna uyğun gəlir (şək.5.a). Digər optimal şərtlər daxilində küləş nümunələri üçün başlanğıc natrium xlorid konsentrasiyasının 30,0 kq/m³ -dan 15,0 kq/m³ -ə enməsi (şək.5.b) reduksiya maddə çıxımını bir qədər (xammal kütləsinə görə 0,5...0,7%) artırır və müvafiq olaraq qurğuda gərginliyin artmasına (0,2...0,3 V) və elektrik enerji sərfinin artmasına səbəb olur. Natrium xlorid 30,0 kq/m³ -dan 45 kq/m³ -ə qədər artması reduksiya çıxımının dəyişməsinə və qurğuda gərginliyin dəyişməsinə ciddi təsir göstərir. Eksperiment zamanı pH-ın korrektirovka olunması və xlorid ionların reduksiyası nəticəsi olaraq natrium xlorid konsentrasiyasının dəyişməsi baş verməmişdir. Küləş nümunələri üçün maksimum reduksiya maddə çıxımı (xammal kütləsinə görə 6,0%-dən çox) aşağı anod cərəyanı sıxlığı sahəsində alınmışdır (şək.5.c). Anod cərəyan sıxlığının 0,125

kA/m^2 -dan $0,500 \text{ kA/m}^2$ -a artırıdıda reduksiya maddə çıxımı kəskin şəkildə (xammal kütləsinə görə $3,0...4,0\%$) aşağı düşür.



Şək.5. Reduksiya maddə çıxımının temperaturdan (a), natrium xlorid konsentrasiyasından (b), anod cərəyan sıxlığından (c) və elektrik miqdarından (d) asılılıqları:

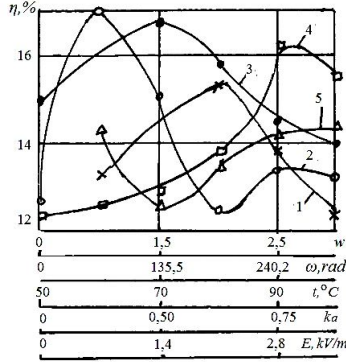
1- vələmir küləşi; 2- buğda küləşi; 3- arpa küləşi. Buğda və arpa küləşləri üçün $\text{pH}-8,0...10,0$; vələmir küləşi üçün $\text{pH}-4,0...6,0$; a) anod cərəyanı sıxlığı $0,125 \text{ kA/m}^2$; elektrolitdə natrium xlorid konsentrasiyası $30,0 \text{ kq/m}^3$; elektrik miqdarı $0,9 \text{ kA}\cdot\text{saat/kq}$ xammal; b) temperatur 70°C ; anod cərəyanı sıxlığı $0,125 \text{ kA/m}^2$; elektrik miqdarı $0,9 \text{ kA}\cdot\text{saat/kq}$ xammal; c) temperatur 70°C ; elektrolitin natrium xlorid konsentrasiyası $30,0 \text{ kq/m}^3$; elektrik miqdarı $0,9 \text{ kA}\cdot\text{saat/kq}$ xammal; d) temperatur 70°C . Anod cərəyanı sıxlığı $0,125 \text{ kA/m}^2$; elektrolitin natrium xlorid konsentrasiyası $30,0 \text{ kq/m}^3$.

Xlorid məhlulunda anodda xlorun ayrılma potensialı şəraitində küləş materialının anod oksidləşmə prosesi çətinləşir (təcrübə olaraq getmir) və duyulacaq səviyyədə effekt verə bilmir. Reduksiya materialı çıxımının müşahidə olunan azalması mümkündür ki, məhlulda ClO ion miqdarının artması və onların sonradan ClO_3 ionlarına qədər oksidləşməsi ilə əlaqədardır. Qeyd olunan nəticəni anod cərəyan sıxlığı artdıqda məhlulda oksigen birləşməli xlor konsentrasiyasının artması təsdiq edir. Reduksiya materialı çıxımının elektrik miqdarından asılılığının tədqiqi göstərdi ki, $0,6 \text{ kA}\cdot\text{saat/kq}$ xammal qədər elektrik sərfi bütün nümunədən olan küləşin

ağaclaşmasının aradan götürülməsi və hidroliz üçün kifayət deyildir, bu zaman reduksiya materialı çıxımı xammal kütləsinə görə 3,5%-i keçmir (şək.5.d). Elektrik miqdarını 0,9 kA'saat/kq xammaldan 1,2 kA'saat/kq xammala qədər artırmaq reduksiya maddə çıxımına az təsir göstərir (buğda və arpa küləşinin oksidləşməsində artım 0,2...0,4%, vələmir küləşinin oksidləşməsində isə azalma 0,5% təşkil etmişdir), ancaq elektrik enerji sərfinin xeyli artmasına səbəb olur. Elektrik miqdarının xeyli artması halında reduksiya maddə çıxımının az dəyişməsini elektrolit həcmində üzvi maddələrin destruktiv oksidləşmə prosesi ilə əlaqələndirmək olar. Məhlulda oksigen birləşməli xlor konsentrasiyası demək olar ki, işlənən küləş növündən təcrübi olaraq asılı olmur. Oksidləşmə prosesinin optimal şərtlərində (cədvəl 1) məhlulda ClO_3^- ion miqdarı $0,008 \text{ kq/m}^3$ -dən (turş mühit) $0,350 \text{ kq/m}^3$ -ə qədər (qələvi mühit) dəyişmişdir. Bütün növ küləş nümunələrinin işlənməsi zamanı ClO^- ionlarının konsentrasiyası $0,001 \text{ kq/m}^3$ -i keçməmişdir. Anod cərəyan sıxlığı, natrium xlorid konsentrasiyası, keçən elektrik miqdarı, elektrolitin pH-ı artdıqda temperaturun azalması elektrolitdə xlorun oksigenli birləşmələri miqdarı artır.

Beləliklə təcrübi tədqiqatlarla, dənli bitkilərin küləşinin eksperimental sxemə əsaslanan qurğuda elektrokimyəvi işlənməsi zamanı yüksək reduksiya maddə çıxımı (xammal kütləsinə görə %-lə) 6,0...6,3%, o cümlədən qlükoza (xammal kütləsinə görə %-lə) 4,5...5,0% təmin edən optimal şərtlər müəyyən edilmişdir. Bu zaman ClO^- ionları konsentrasiyası $0,001 \text{ kq/m}^3$ -dən az, ClO_3^- ionları isə $0,014...0,019 \text{ kq/m}^3$ olmuşdur.

Elektrik cərəyanının parametrlərini əsaslandırmaq üçün qurğuda cərəyan tezliyi, forması və amplitudunu dəyişməklə tədqiqat aparılmışdır. Küləşin işlənmə effektivliyi alınmış məhsulun *trichoderma lignorum* OM534 köbələk mayesi kulturu ilə fermentativ hidroliz zamanı şəkərlənməsi ilə müəyyən edilmişdir. Eksperimentin nəticələri müvafiq riyazi işləmələrdən sonra şəkil 6-da təsvir edilmişdir. Eksperiment nəticələrinin (şək.6) nəzəri hesabat nəticələri ilə müqayisə etdikdə görünür ki, küləşin işlənmə effektivliyi cərəyan bitki toxuması ilə qarşılıqlı təsirdə olan payından, başqa sözlə i_F cərəyan şiddətindən asılı olur. Buradan belə nəticəyə gəlmək olar ki, elektrik cərəyanı parametrləri elə seçilməlidir ki, i_F -in maksimal qiyməti təmin edilmiş olsun. Temperatur funksiyasında bitki toxuması ilə qarşılıqlı təsirdə olan cərəyan payı ilə işlənmiş küləşin şəkərlənməsinin arasında görülən uyğunsuzluğu temperaturun kimyəvi reaksiyaya əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərməsi ilə izah etmək olar. Bu elektrik cərəyanının texnoloji faktor kimi fərqləndirici rolunu oynayır.



Şək.6. Elektrik cərəyanı parametrlərinin və işlənmənin texnoloji şərtlərinin assimetriya əmsalının k_a (1); sahəsinin gərginliyinin $-E$ (2); elektrik potensialının dəyişməsinin bucaq sürətinin $-\omega$ (3); temperaturun $-t$ (4) və nəmləşmə modulunun $-w$ (5) dəyişməsi zamanı trichoderma lignorum OM534 köbələk mayesi kulturu ilə işlənmiş küləşin şəkərlənmə dərəcəsinə təsiri.

Hesabat göstərmişdir ki, i_F -in maksimumu tezliyin 20Hz qiymətində, assimetriya əmsalının $k_a=0,5$, nəmləşmə modulunun $w=1$, sahəsinin gərginliyinin $E=7 \cdot 10^2$ V/m qiymətlərinə uyğun gəlir. Beləliklə elektrik cərəyanının əsaslandırılmış parametrləri ilə işlənmiş küləş bitki toxuması daha az metaturş və karboksil qrupundan olan elementlər daşıyır. Onların sıx birləşməsi dağınıq, ayrı-ayrı liflərə parçalanır. Bu zaman küləşin yem dəyəri iki dəfədən çox artır.

İşlənib hazırlanmış küləşi elektrotermokimyəvi işləmə qurğusunun 20 baş iri buynuzlu heyvanı olan fermer təsərrüfatı üçün yalnız gətirilmiş xərcələr hesabına illik səmərəsi 672,2 manat edir. Qeyd etmək lazımdır ki, işlənilib hazırlanmış texniki vasitənin tətbiqi heyvanların məhsuldarlığının artması hesabına səmərəliliyin daha artıq olmasına şərait yaratmış olur.

ÜMUMİ NƏTİCƏLƏR

1. Heyvandarlıqda olan vəziyyət heyvanların məhsuldarlığının artırılma imkanlarının araşdırılmasını, o cümlədən yemləmə üçün yemlərin hazırlanmasının yeni üsullarının işlənməsi və tətbiqini tələb edir. Dənli bitkilərin küləşində böyük enerji potensialı olduğuna görə ondakı sellülozun həzm olunmasının artırılma üsülünün və texniki həllinin işlənməsi böyük kənd təsərrüfatı əhəmiyyətli aktual məsələdir.

2. Küləşin qidalılıq və mənimsənilməsinin yaxşılaşdırılmasına yönəlmiş mövcud üsullar üçün xarakterik olan texnologiyanın mürəkkəbliyi, çoxavadanlıq, material və enerjitutumluluq və böyük əl əməyi tələb etmişdir. Bu səbəbdən də küləş ehtiyatlarından heyvandarlığın yem bazasında səmərəli istifadə olunması hələ də geniş tətbiq tapa bilməmişdir.

3. Liqnin kompleksinin parçalanması və sellülozun ayrılmasına kömək edə bilən elektrofiziki və elektrokimyəvi təsirlərin əsaslandırılması küləşin işlənmə texnologiyasının təkmilləşdirilməsi üçün əsas verə bilər.

4. Liqninin turşulu və hidrolitik destruksiyası onu həll oluna bilən vəziyyətə gətirmək və bitki toxumasından ayırmaq üçün əsas verir. Ancaq temperaturun və turşuluğun artması struktur qrupların bir-birinə birləşməsini artırır. Odur ki, destruksiyanın bütün reaksiyalarında qələvili və duzlu mühit daha effektiv sayıla bilər.

5. Kimyəvi təsirin cərəyan şiddətinin ümumi cərəyan şiddətinə nisbəti reaksiyanı aktivləşdirmə enerjisinin ($w=2,5$), cərəyan bucaq sürətinin $\omega=249,2$ radian və proses gedən temperaturun $t=90^{\circ}\text{C}$ qiymətindən sonra azalması başlayır.

6. Nəzəri təhlil göstərir ki, maqnezium xlorid duzu məhlulunun ion şiddəti natrium xlorid və kalium xlorid duzlarının məhlullarının ion şiddətindən çoxdur. Eyni zamanda birinci məhlulun elektrik keçiriciliyi və kationların qütbləşdirici təsiri də digərləri ilə müqayisədə daha çoxdur.

7. Eksperimentin nəticələri göstərir ki, material elektrik sahəsi gərginliyində qaldıqca və gərginliyin qiyməti artdıqca küləşin destruksiyası güclənir, başqa sözlə ağaclaşma əmsali azalır. Elektrik sahəsi gərginliyinin 8 W/m-dən çox olması prosesə ciddi təsir göstərmədiyinə görə bu həddədən çox götürülməsinə ehtiyac qalmır. Ağaclaşma əmsalinin başlanğıc qiymətindən ($k_{ağac}=80\%$) mühitdə elektrik sahəsi gərginliyinin 8 W/m-ə qədər artması halında kəskin şəkildə azalaraq $k_{ağac}=59\%$ -ə düşür.

8. Küləş nümunələrinin elektrokimyəvi işlənməsindən sonra məhlul tərkibində optimal rejimdə xammala nəzərə alınmaksızın maksimal qlükoza çıxımı 4,5...5,0 kütlə %-lə müəyyən edilmişdir. Xammala görə xlorun oksigenli birləşməsi və qalıq bərk maddə kütləsi 60...80 kütlə % olmuş, qalıq bərk maddədə titan və rəngli metal müşahidə olunmamışdır. Təcrübə göstərmişdir ki, arpa və vələmir küləşinin əvvəlcə qələvi, sonra isə turş mühitdə işlənməsi daha əlverişlidir.

9. Təcrübi tədqiqatlarla dənli bitkilərin küləşinin eksperimental qurğuda elektrotermokimyəvi işlənməsi zamanı yüksək reduksiya maddə çıxımı (xammal kütləsinə görə %-lə) 6,0...6,3%, o cümlədən qlükoza (xammal

kütləsinə görə %-lə) 4,5...5,0% təmin edən optimal şərtlər müəyyən edilmişdir. Bu zaman ClO^- ionları konsentrasiyası $0,001 \text{ kq/m}^3$ -dən az, ClO_3^- ionları isə $0,014...0,019 \text{ kq/m}^3$ olmuşdur.

10. İşlənib hazırlanmış küləşi elektrotermokimyəvi işləmə qurğusunun 20 baş iri buynuzlu heyvanı olan fermer təsərrüfatı üçün yalnız gətirilmiş xərclər hesabına illik səmərəsi 672,2 manat etmişdir.

Dissertasiyanın əsas müddələri aşağıdakı dərc olunmuş məqalələrdə öz əksini tapmışdır :

1. Məmmədova S.O. Küləşin elektrotexnoloji işlənməsinin tədqiqi / Azərbaycan Elmi-Tədqiqat “Aqromezanika” İnstitutunun Elmi-texniki konfransının materialları. Gəncə, 2014, XX cild, s.118-120.

2. Məmmədova S.O. Yemlərin hazırlanması üçün elektrotexnologiya tətbiqi / Beynəlxalq elmi praktik konfransın materialları. Gəncə, 2014, II cild s.251-252.

3. Məmmədova S.O. Küləşin elektrokimyəvi işlənməsinin modelləşdirilməsi // Azərbaycan Aqrar Elmi, 2015, №1, s.160-162.

4. Мамедова С.О. Расчет эффективности обработки грубых кормов перед скармливанием // Аграрная наука, 2015, №10, с.13-14.

5. Məmmədova S.O. Qaba yemlərin yemləmə qabağı işlənməsi / Beynəlxalq elmi praktik konfransın materialları. Gəncə, 2015, III cild, s.281-283.

6. Məmmədova S.O., Xəlilov R.T. Qaba yemləri işləyən qurğu: Az.R. Patent № a20150078.

7. Məmmədova S.O. Küləşi qələvi məhlulu ilə işləyən qurğunun parametrlərinin əsaslandırılması // Azərbaycan Aqrar Elmi, 2016, №2, s.119-121.

8. Məmmədova S.O. Küləşin elektrik təsiri ilə işlənməsi // ADAU-nun Elmi Əsərləri (kənd təsərrüfatının mexanikləşdirilməsi, elektriklişdirilməsi və texniki xidmət sahələri üzrə), Gəncə, 2016, №5. s.33-35.

9. Məmmədova S.O. Küləşin fiziki-kimyəvi üsulla işlənməsinin mexanikləşdirilmə vəziyyətinin tədqiqi // ADAU-nun Elmi Əsərləri (kənd təsərrüfatının mexanikləşdirilməsi, elektriklişdirilməsi və texniki xidmət sahələri üzrə), Gəncə, 2017, №1, s.17-22.

10. Məmmədova S.O. Küləşin elektrokimyəvi işlənməsinin tədqiqi // Azərbaycan Aqrar Elmi, 2017, №2, s.146-149.

11. Məmmədova S.O. Qaba yemləri işləyən qurğuda işlənən materialların fiziki-mexaniki və elektrokimyəvi xassələrinin öyrənilmə metodikası //AMEA-nın Gəncə bölməsi «Xəbərlər Məcmuəsi», Gəncə, 2017, №3(69), s.114-120.

АННОТАЦИЯ

Тема диссертации «Совершенствование технологии и установки для улучшения питательности грубых кормов физико-химическим методом».

Цель исследования обоснование технологии и установки для улучшения питательности соломы на основе закономерностей электрохимических процессов. Теоретическими исследованиями определены факторы, ускоряющие химическую реакцию делигнизации во время процесса электрохимической обработки соломы, доказана целесообразность использования электрического тока в качестве технологического фактора. Построена математическая модель технологического процесса, исследовано технологическое влияние электрического тока на кормовую массу, дана его оценка, как специального комплексно-технологического фактора, определены оптимальные значения рабочих параметров. Кислотная и гидролитическая деструкция лигнина дает основание для приведения его в состояние растворимости и отделения от растительной клетчатки. Однако повышение температуры и кислотности увеличивает соединение между собой структурных групп. Поэтому щелочную и соленую среду можно считать более эффективной для всех реакций деструкции. Теоретический анализ показал, что ионная сила раствора хлорида магния больше чем ионная сила растворов хлорида натрия и хлорида калия. В то же время у первого раствора по сравнению с другими также высока электропроводимость и поляризационное воздействие катионов.

Экспериментально установлено, что по мере нахождения под напряжением электрического тока и с ростом значения напряжения усиливается деструкция соломы. Однако значение напряжения электрического поля выше 8 W/м не оказывает серьезного значения на деструкцию. Поэтому повышать значение напряжения электрического поля выше этого предела считается нецелесообразным.

После электрохимической обработки образцов соломы выход глюкозы в растворе составил 4,5...5,0% массы. Опыт показал, что при использовании соломы ячменя и овса целесообразна их обработка сначала в щелочной, а затем в кислой среде. Установлено, что при обработке соломы злаковых культур на экспериментальной установке выход высоко редуционного материала составил 6,0...6,3% массы (по отношению к массе сырья). При этом концентрация ионов ClO_2 составил менее $0,001 \text{ кг/м}^3$, а ионов ClO_3 $0,014...0,019 \text{ кг/м}^3$.

Годовой экономический эффект внедрения экспериментального варианта установки для электрохимической обработки соломы в фермерском хозяйстве на 20 голов крупного рогатого скота только по разнице приведенных затрат составил 672,2 маната.

SUMMARY

The theme of the dissertation is **"Improvement of technology and installation for improving the nutrient density of coarse feed by the physicochemical method"**.

The purpose of the study is the justification of the technology and the installation for improving the nutrient content of straw on the basis of the laws of electrochemical processes. Theoretical studies have determined the factors that accelerate the chemical reaction of delignification during the process of electrochemical treatment of straw, the expediency of using electric current as a technological factor has been proved. The mathematical model of the technological process is constructed, the technological influence of electric current on the forage mass is studied, its estimation is given as a special complex-technological factor, the optimal values of operating parameters are determined. Acid and hydrolytic degradation of lignin gives the basis for bringing it into a state of solubility and separation from plant fiber. However, the increase in temperature and acidity increases the interconnection of structural groups. Therefore, alkaline and saline media can be considered more effective for all degradation reactions. Theoretical analysis showed that the ionic strength of magnesium chloride solution is greater than the ionic strength of solutions of sodium chloride and potassium chloride. At the same time, the conductivity and polarization effects of cations are also high in the first solution compared to others.

It has been experimentally established that as the electric current is under voltage and the destruction of the straw increases with an increase in the stress value. However, the value of the electric field voltage above 8 W / m does not have a serious effect on the destruction. Therefore, it is not appropriate to increase the value of the electric field voltage above this limit. After the electrochemical treatment of the samples of straw, the yield of glucose in the solution was 4,5...5,0% of the mass. Experience has shown that when using barley straw and oats, it is expedient to treat them first in alkaline and then in acid medium. It was found that when processing straw of cereal crops on an experimental setup, the yield of highly reduction material was 6,0...6,3% of the mass (relative to the mass of the raw material). The concentration of ClO_2 ions was less than $0,001 \text{ kg/m}^3$, and ClO_3 ions were $0,014...0,019 \text{ kg/m}^3$.

The annual economic effect of the introduction of the experimental version of the installation for electrochemical straw treatment in a farm for 20 heads of cattle was 672,2 manats only on the difference of the resulted costs.

Kağız formatı (210x297) 1\4
Kağız №1, uçot çap vərəqəsi 1.0 ç.v.
Sifariş № 65, tiraj 100

Azərbaycan Dövlət Aqrar
Universitetinin mətbəəsi

Rezoqrafiya üsulu ilə çap olunmuşdur.
Gəncə şəhəri, Ozan küçəsi, 102

**АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи

СУДАБА ОКТАЙ КЫЗЫ МАМЕДОВА

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И УСТАНОВКИ
ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНОСТИ ГРУБЫХ КОРМОВ
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

3102.01 – Агроинженерия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по технике

ГЯНДЖА – 2018