

FTAMP 64.35.23

Р.М. Егемберди¹ – негізгі автор, | ©
Р.Ш. Мирзамуратова², Е.Е. Байрамоглу³



¹Докторант, ²PhD, доцент, ³PhD, профессор

ORCID

¹<https://orcid.org/0009-0008-7202-8770> ²<https://orcid.org/0009-0005-2645-1357>

³<https://orcid.org/0000-0002-8730-049X>



^{1,2}М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті,
Шымкент, Қазақстан

³Эге Университеті, Измир, Түркия

@

¹raikhan_yegemberdi@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/TNZA3076>

ӘРЛЕУДІҢ БЫЛҒАРЫ ҚҰРЫЛЫМЫНА ӘСЕРІН МИКРОСКОПИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ ӘДІСІ АРҚЫЛЫ АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Бұл ғылыми жұмыс былғарыны әрлеу процесінің материалдың микроқұрылымы мен химиялық элементтік құрамына тигізген әсерін зерттеуге арналған. Зерттеуде хроммен иленген жартылай фабрикат (Wet blue) және толық өңделіп, әрленген былғары үлгілері қолданылды. Негізгі әдіс ретінде Растрлық Электронды Микроскопия (РЭМ) және элементтік талдау қолданылды. РЭМ әдісі коллаген талшықтарының морфологиясын, тығыздығын және өңдеуден кейінгі өзгерістерін (деформация, әрлеу қабатының түзілуі) жоғары ажыратымдылықта бақылауға мүмкіндік берді. Wet blue күйінен әрленген былғарыға өткенде, құрамға Титан (Ti), Кремний (Si), Алюминий (Al) және Фосфор (P) сияқты маңызды элементтер енгізілгені анықталды. Бұл былғарының хром-титанды комбинирленген илеуден өткенін, силиконды қосылыстармен су өткізбейтін қасиет берілгенін және TiO₂ негізіндегі пигментпен боялғанын дәлелдеді. Әрленген былғарыда Натрий (Na) және Хлор (Cl) қалдықтарының үлесі Wet blue үлгісімен салыстырғанда едәуір төмендеген. Әрлеу жұмыстары кезіндегі механикалық өңдеулер былғарының беткі қабатын тығыздап, тегістеді, су өткізбеушілікті арттырды. Алайда, бұл деформация коллаген талшықтарын біріктіріп, терінің жалпы беріктігін арттырғанымен, оның табиғи икемділігін төмендетеді.

Тірек сөздер: былғарының құрамы, былғарыны әрлеу, өңдеу, хром, РЭМ.



Егемберди, Р.М. Әрлеудің былғары құрылымына әсерін микроскопиялық зерттеу әдісі арқылы анықтау [Мәтін] / Р.М. Егемберди, Р.Ш. Мирзамуратова, Е.Е. Байрамоглу //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2026. – №1(91). – Б.158-168. <https://doi.org/10.55956/TNZA3076>

Кіріспе. Былғары – көпқырлы мақсаттарда қолданылып келе жатқан табиғи материал. Былғары өндіруде ең жиі пайдаланылатын шикізат түрлері – үй жануарларының терісі: ірі қара, ешкі, қой және аз мөлшерде шошқа және т.б. [1]. Былғары өңдеу бірнеше негізгі кезеңнен тұрады: алдын ала илеу, илеу, илеуден кейінгі өңдеу және әрлеу [2,3].

Алдын ала илеу процесі жануар терісінен жүн мен ет қалдықтарын алып тастауға бағытталған. Ал илеу – былғарыны тұрақты әрі берік ететін негізгі және маңызды кезең болып табылады. Илеуден кейінгі өңдеу

кезеңінде майлау, қайта илеу және бояу үдерістері жүргізіледі, бұл былғарының сыртқы түрін жақсартып, эстетикалық тартымдылығын арттырады [1,3]. Былғарыны әрлеу – өндіріс процесінің соңғы кезеңі, ол былғарының табиғи, тегіс және біркелкі сапалы көрініс алуын қамтамасыз етеді [4].

Былғарыны әрлеу кезеңі – былғары өңдеудің соңғы әрі ең маңызды кезеңі. Бұл кезеңнің басты мақсаты – былғарының эстетикалық қасиеттері мен беткі сапасын арттыру, сонымен қатар оны шаң-тозаңнан, дақтан, ылғалдану мен сызат түсуінен, үйкеліс пен майысудан қорғау болып табылады [4,5]. Былғарыны әрлеу арқылы оның түс реңкі, жылтырлығы, құрылымы және физикалық беріктігі жетілдіріледі [5].

Былғарыны әрлеу технологиясы су буына өткізгіштік пен су өткізбейтіндікке әсер етуі мүмкін. Өңделмеген былғары табиғи порозды құрылымы салдарынан су буына өткізгіштігі жоғары, ал су өткізбейтіндігі төмен болады. Беттің түсін, жылтырын, құрылымын өзгерту, жарыққа және үйкелуге төзімділік, суға, еріткіштерге, тозуға төзімділікті жақсарту, сондай-ақ ақаулар мен біркелкі емес көріністі жасыру үшін былғары әрленуі қажет [6,7]. Зерттеулер көрсеткендей, полиуретанмен әрленген былғарының су буына өткізгіштігі өңделмегенге қарағанда 30-50% төмендейді [8,9], ал былғарыны ламинациялау кезінде бұл көрсеткіш одан әрі төмендейді [10].

Былғарыны әрлеуде үш негізгі полимерлі байланыстырушы топтары қолданылады: акрилді, полиуретан және бутадиең. Олардың әрқайсысының негізгі мономері, полимерлену дәрежесі, молекулалық массасы, бүйірлік тізбектердегі функционалды топтар түрі және ішкі және молекулалық байланыстар санына байланысты өзіндік ерекшеліктері бар [9].

Бутадиең негізіндегі байланыстырушының негізгі сипаттамалары – резеңке тәрізді қасиет, жоғары байланыстырушы қабілет, икемділік (төмен температурада да) және толтыру қасиеттері [11]. Дегенмен, олар автототықтануға сезімтал және адгезиямен байланысты кейбір қиындықтарды тудыруы мүмкін [9].

Полиакрилаттар былғары әрлеуінде ең көп қолданылатын полимерлер болып табылады [12-14]. Олар жақсы адгезияға ие, көптеген қоспалармен үйлесімді, сонымен қатар кесу әсеріне жоғары тұрақтылық көрсетеді. Кемшіліктері: органикалық еріткіштерге сезімталдық, механикалық беріктіктің жеткіліксіздігі және жоғары термопластиктік қасиет [9].

Қазіргі таңда полиуретан (PU) былғарыларды әрлеуде жабынды түзетін материал ретінде кеңінен қолданылады, себебі оның полиуретан (PU) тұзушілік қасиеті мен адгезиясы жақсы, өндірісі қарапайым және өндіріс құны төмен [11,15-17]. PU қасиеттері жұмсақ сегменттердің мөлшері, химиялық құрылымы және молекулалық массасына байланысты өзгереді [18,19]. Эстер типті полиол негізіндегі PU жақсы механикалық қасиеттерге ие болса, эфир типті полиол негізіндегі PU гидролизге, жұмсақтыққа және су буына өткізгіштікке жақсы әсер көрсетеді.

Соңғы бірнеше онжылдықта былғарыны зерттеуде әртүрлі әдістемелер қолданылып келеді. Олардың қатарына сканерлеуші электронды микроскопия (РЭМ) [20,21], Фурье түрлендіру инфрақызыл спектроскопиясы (FTIR) [22-25], сұйық хроматография-масс-спектрометрия (LC-MS) [26] және газ хроматография-масс-спектрометриясы (GC-MS) [27] жатады.

РЭМ әдісі арқылы коллагеннің көлденең талшықтық құрылымын, былғары бетінің текстурасын және саңылау (тесік) үлгісін зерттеу арқылы

жануардың түрін анықтауға болады, өйткені бұл белгілер әр жануарға тән ерекше сипатқа ие [28,29].

Жұмысты орындау барысында Р.Ш. Мирзамуратова, Р.Т. Қалдыбаев және Есер Е. Байрамоғолу еңбектеріне сүйенілді. Атап айтқанда, жаңғақ қабығының (*Juglans regia*) былғарының бояу тұрақтылығына және беріктілік қасиеттеріне әсері зерттелген, алынған нәтижелер оң сипатта болғаны көрсетілген [30,31].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Бұл зерттеуде екі түрлі былғары зерттелді:

- 1) хроммен илеуден кейінгі жартылай фабрикат күйі(Wet blue);
- 2) әрленген былғары алудың барлық кезеңінен өткен, оның ішінде әрлеу жұмыстары да бар;

Материалдардың құрылымы мен химиялық элементтерін анықтау жұмыстары жүргізілді. Осы мақсатта Растрлық электронды микроскоппен бақылау және бағалау әдісі қолданылды. Растрлық электронды микроскопия (РЭМ) үлгінің беткі қабатын өте жоғары ұлғайтумен (1 000 000 есеге дейін) және тереңдікпен зерттеуге мүмкіндік беретін электронды микроскопия түрі. Бұл әдіспен материалдардың беткі морфологиясын (бедерін, құрылымын) және элементтік құрамын (химиялық элементтердің орналасуын) зерттейді. Бұл – ғылым мен өнеркәсіпте кеңінен қолданылатын зерттеу әдісі. Оптикалық микроскоптармен салыстырғанда айтарлықтай жоғары ажыратымдылыққа ие. Электрондардың үлгімен әрекеттесуі нәтижесінде екінші реттік электрондар, шағылысқан электрондар және рентгендік сәулелену сияқты әртүрлі сигналдар пайда болады. Бұл сигналдар арнайы детекторлармен тіркеліп, компьютерде үлгінің жоғары ажыратымдылықтағы кескінін қалыптастырады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. РЭМ көмегімен Wet blue ішкі бетінің элементтік құрамына зерттеу нәтижелері 1-кестеде берілген.

Кесте 1

РЭМ көмегімен элементтік құрамға зерттеу нәтижелері (Wet blue ішкі беті)

Элемент	Пайыздық үлес (%)	Былғарыдағы ықтимал рөлі
1	2	3
С (Көміртек)	59,40	Негізгі органикалық құрам: Бұл терінің негізгі бөлігі болып табылатын ақуыздардың (коллаген) құрылымының (көміртекті тізбектер) көрсеткіші.
О (Оттек)	26,61	Органикалық құрам/Су: ақуыздардың, майлардың және терідегі ылғалдың (су) құрамындағы маңызды компонент.
Na (Натрий)	2,97	Өңдеу қалдықтары: теріні бастапқы өңдеуде (тұздау, консервациялау) қолданылған тұздардың (NaCl) қалдығы. Бұл көрсеткіш тұздау процесінің толық шайылмағанын білдіруі мүмкін.
Mg (Магний)	0,27	Минералды Қоспалар: терінің табиғи құрамындағы немесе өңдеу кезінде қолданылған (мысалы, әк суы) минералдардың немесе топырақ бөлшектерінің аз мөлшері.
Si (Кремний)	0,13	
Ca (Кальций)	0,14	
S (Күкірт)	2,19	Ақуыз құрамы/Химиялық өңдеу: коллаген құрамындағы аминқышқылдарында (мысалы, цистеин) бар немесе илеу/бояу кезінде қолданылған химиялық заттардың (сульфаттар) қалдығы.

1-кестенің жалғасы

1	2	3
Cl (Хлор)	5,14	Өңдеу қалдықтары: натриймен бірге (құрамында Cl көптеу) тұзды консервациялаудың немесе басқа химиялық өңдеулердің (NaCl, хлорлы тұздар) қалдығы.
Cr (Хром)	3,16	Илеу Агенті: бұл ең маңызды көрсеткіш. Бұл үлес былғарының хроммен иленгенін білдіреді (көбіне Cr(III) тұздары қолданылады). Хром илеу былғарыға беріктік, икемділік және ыстыққа төзімділік береді.

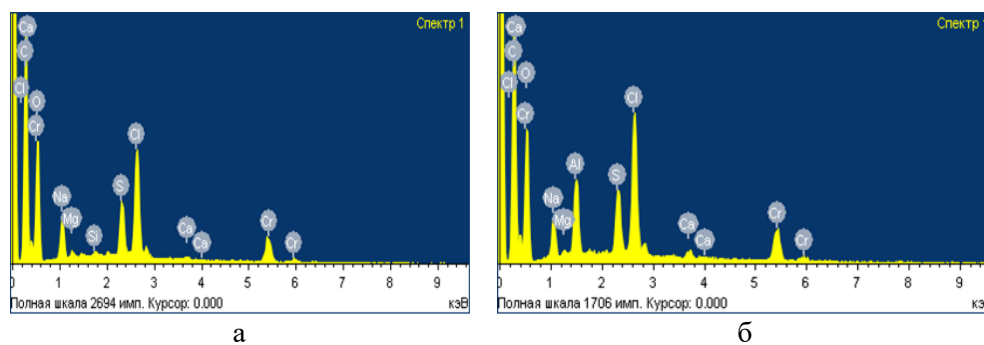
РЭМ көмегімен Wet blue сыртқы бетінің элементтік құрамына зерттеу нәтижелері 2-кестеде берілген.

Кесте 2

РЭМ көмегімен элементтік құрамға зерттеу нәтижелері
(Wet blue сыртқы беті)

Элемент	Жаңа пайыздық үлес (%)	Алдыңғы пайыздық үлес (%)	Былғарыдағы ықтимал рөлі
C (Көміртек)	58.50	59.40	Былғарының органикалық негізі
O (Оттек)	24,78	26.61	Органикалық құрамдағы және су құрамындағы оттек
Na (Натрий)	2.23	2.97	Тұздау қалдықтары
Al (Алюминий)	2.44	0	Жаңа маңызды элемент
Mg (Магний)	0.19	0.27	Аз мөлшердегі минералдар
Si (Кремний)	0.13	0.13	Аз мөлшердегі минералдар
Ca (Кальций)	0.39	0.14	Аз мөлшердегі минералдар
S (Күкірт)	2.18	2.19	Ақуыз/Сульфаттар
Cl (Хлор)	5.71	5.14	Тұздау қалдықтары (көрсеткіш аздап өсті)
Cr (Хром)	3.57	3.16	Илеу агенті (көрсеткіш аздап өсті)

Хроммен илеуден кейінгі жартылай фабрикат күйінің(Wet blue) сыртқы және ішкі бейнелері 1-суретте көрсетілген.



а) ішкі беті; б) сыртқы беті.

Сурет 1. Хроммен илеуден кейінгі жартылай фабрикат күйі (Wet blue)

Хром (Cr) үлесі (3,57) былғарының хроммен иленгенін нақты көрсетеді. Бұл ең көп тараған және берік илеу әдісі.

Алюминий (Al) үлесі (2,44) маңызды және жаңа ақпарат. Бұл келесіні білдіруі мүмкін: былғарыда хром және алюминий тұздарымен (мыс: алюминий сульфаты) бірге иленген. Бұл кейде былғарының икемділігін немесе ақ түсін жақсарту үшін қолданылады. Кейбір жағдайларда хроммен иленгеннен кейін, алюминий қосылыстары былғарының кейбір қасиеттерін өзгерту үшін қайта илеу процесінде қолданылуы да мүмкін.

(Cl, 5,71) және (Na, 2,23) мөлшерінің жоғары болуы әлі де тұздау (консервация) процесінің қалдықтары бар екенін көрсетеді. Cl мөлшерінің Na мөлшерінен айтарлықтай көп болуы, бұл үлгіде басқа хлорлы қосылыстардың немесе өңдеу ерітінділерінің бар екенін де білдіреді.

Көміртек (C) және оттек (O) – 58,50 және 24,78) Былғарының органикалық негізі, яғни коллаген талшықтары. Күкірт – аминқышқылдарындағы күкірт және сульфаттар. Кальций - әкпен өңдеу (сүйек талшықтарын кетіру) процесінің аз мөлшердегі қалдықтары болуы мүмкін.

РЭМ көмегімен әрленген былғарының ішкі бетінің элементтік құрамына зерттеу нәтижелері 3-кестеде берілген.

Кесте 3

РЭМ көмегімен элементтік құрамға зерттеу нәтижелері (әрленген былғарының ішкі беті)

Элемент	Пайыздық үлес (%)	Былғарыдағы ықтимал рөлі
Ti (Титан)	7,59	Былғары титан тұздарымен (мысалы, титан сульфаты немесе титанаттар) иленгенін немесе беткі қабаты титан диоксидімен (TiO ₂) (ақ пигмент) өңделгенін білдіреді. Бұл өте жоғары көрсеткіш.
C(Көміртек)	49,02	Органикалық негіз (коллаген) үлесі алдыңғы үлгілерден төмендеді.
O (Оттек)	36,29	Органикалық құрамдағы және оксидтердегі оттек үлесі өсті.
Cr (Хром)	3,76	Былғарының хроммен иленгенін көрсетеді. Хромның мөлшері тұрақты жоғары.
Si (Кремний)	3,33	Бұл өте жоғары көрсеткіш. Былғары кремний қосылыстарымен (силикаттар, кремнийлі полимерлер) өңделгенін, мүмкін, су өткізбейтін қасиет беру үшін немесе илеуге көмекші агент ретінде қолданылғанын білдіреді.
Al (Алюминий)	1,56	Қосымша илеу/қайта илеу агенті (алюминий тұздары).
Na (Натрий)	1,29	Тұздау қалдықтары. Бұл үлгіде Na қалдығы алдыңғыларға қарағанда едәуір төмен.
S (Күкірт)	0,63	Аминқышқылдары және сульфаттар. Бұл көрсеткіш те төмен.
Cl (Хлор)	0,16	Тұздау қалдықтары. Бұл үлгіде Cl өте төмен, яғни тұздар жақсы шайылған.
K (Калий)	0,13	Аз мөлшердегі тұздар

Бұл талдау былғарының өте күрделі және көп сатылы химиялық өңдеуден өткенін көрсетеді.

Титанның (7,59%) өте жоғары болуы былғарының беткі қабаты Титан диоксиді (TiO₂) негізіндегі ақ пигментпен боялғанын немесе өңделгенін

білдіруі мүмкін. TiO_2 – ақ былғары жасауда және ультракүлгін сәуледен қорғауда жиі қолданылады.

Кремнийдің (3,33%) айтарлықтай болуы силиконды/кремний органикалық қосылыстармен су өткізбейтін немесе беткі қабатты күшейтетін өңдеуді көрсетеді. Na және Cl (натрий хлориді) қалдықтарының алдыңғы үлгілерге қарағанда едәуір төмен болуы, бұл былғарының тұздаудан кейін өте жақсы шайылғанын білдіреді, бұл сапа көрсеткіші болып табылады. С үлесінің төмендеуі және Ti мен O үлесінің өсуі былғарыға органикалық емес (бейорганикалық) материалдардың (металл тұздары, оксидтер, силикаттар) көп мөлшерде енгізілгенін көрсетеді.

Бұл – хром-титанмен комбинацияланған, силиконмен өңделген және мүмкін TiO_2 пигментімен боялған жоғары технологиялық былғары. Хром (Cr) және титан (Ti) тұздарымен илеу барысында екі металл да коллаген талшықтарымен байланысып, олардың жібіп кету температурасын (shrinkage temperature) айтарлықтай арттырады. Былғары ыстыққа және суға төзімді болады. Бұл оны жоғары температурада өңдеуге және экстремалды жағдайларда қолдануға мүмкіндік береді. Былғары тозуға және созылуға төзімді болып, қызмет ету мерзімін ұзартады.

Кремний (Si) қосылыстары (Силикондар):3,33 үлесі – материалдың силиконды полимерлермен немесе басқа кремний қосылыстарымен өңделгенін білдіреді. Былғарының беті су өткізбейтін болады. Су талшықтарға сіңбей, оның бетінен сырғып кетеді. Бұл ылғалды жағдайда қолдануға арналған былғары үшін өте маңызды.

Титан оксиді (TiO_2) пигментінің бар болуы анықталды. TiO – ақ және мөлдір емес бояуларда қолданылатын тамаша пигмент. Ол былғарыға ақ түс беруге немесе оның түсін ашық етуге көмектеседі, сонымен қатар ультракүлгін сәулелерден қорғайды, бояудың оңай өшпеуін қамтамасыз етеді.

РЭМ көмегімен әрленген былғарының сыртқы бетінің элементтік құрамына зерттеу нәтижелері 4-кестеде берілген.

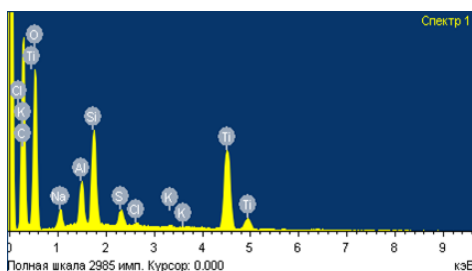
Кесте 4

РЭМ көмегімен элементтік құрамға зерттеу нәтижелері (әрленген былғарының сыртқы беті)

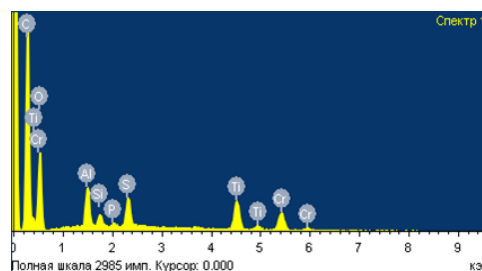
Элемент	Жаңа пайыздық үлес (%)	Алдыңғы пайыздық үлес (%)	Былғарыдағы ықтимал рөлі
1	2	3	4
C (Көміртек)	56,15	49,02	С үлесі аздап өсті. Органикалық негіз (коллаген).
O (Оттек)	30,21	36,29	О үлесі аздап төмендеді. Органикалық құрам және оксидтер.
Na (Натрий)	1,29	1,29	Тұздау қалдығы (тұрақты төмен)
Al (Алюминий)	2,51	1,56	Қосымша илеу/Қайта илеу. Үлесі өсті, бұл оның маңыздылығын арттырады.
P (Фосфор)	0,22	0	Жаңа элемент. Әдетте фосфаттармен илеу, майлау немесе өртке қарсы қасиет беру үшін қолданылады.
Si (Кремний)	0,67	3,33	Силиконды өңдеу бар, бірақ оның мөлшері күрт төмендеді.
K (Калий)	0,13	0,13	Аз мөлшердегі тұздар.

4-кестенің жалғасы

1	2	3	4
S (Күкірт)	1,92	0,63	Күкірт мөлшері айтарлықтай өсті. Бұл сульфаттардың немесе күкіртті майлардың (сульфиттелген майлар) қолданылғанын білдіреді.
Cl (Хлор)	0,16	0,16	Тұздау қалдығы (тұрақты төмен).
Cr (Хром)	3,86	3,76	Илеу агенті (Хроммен иленген). Үлесі жоғары және тұрақты.
Ti (Титан)	4,47	7,59	Қосымша илеу/бояу агенті. Үлесі айтарлықтай төмендеді, бірақ әлі де жоғары
Барлығы	100.00	100.00	



а



б

а) ішкі беті; б) сыртқы беті.

Сурет 2. Әрленген былғары

Бұл талдау былғарының өңдеу технологиясының әлі де күрделі екенін және оған жаңа қоспалар енгізілгенін көрсетеді.

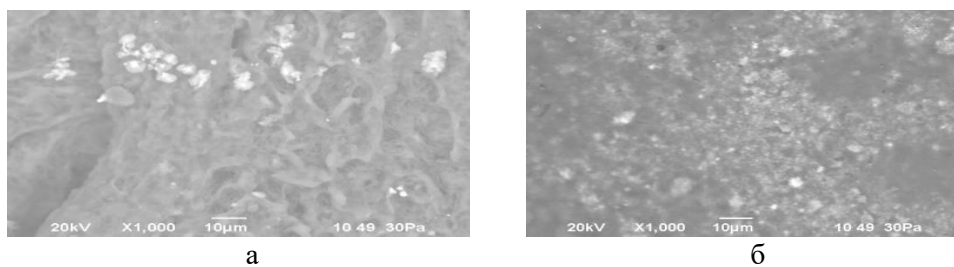
Фосфор (P) – 0,22% фосфатты қосылыстардың қолданылғанын көрсетеді. Кейбір фосфатты қосылыстар былғарының тез тұтануына кедергі келтіретін қасиет береді. Фосфаттар кейде жұмсақтық пен икемділік беру үшін қосымша илеу агенті ретінде қолданылады. Күкірт (S) үлесінің өсуі (1,92): Күкірт мөлшерінің артуы, әсіресе Ti үлесінің азаюымен бірге, сульфиттелген майлардың немесе сульфондалған майлардың (былғарыны жұмсарту және майлау үшін қолданылатын химиялық заттар) көп мөлшерде қолданылғанын көрсетеді.

Кремний (Si) үлесінің күрт төмендеуі (0,67): Бұл өндіруші силиконды өңдеуді азайтқанын немесе мүлдем басқа әдіспен алмастырғанын білдіреді.

Бұл өңдеу комбинациясы былғарыны жұмсақ, икемді етеді және оған жақсы термиялық тұрақтылық береді.

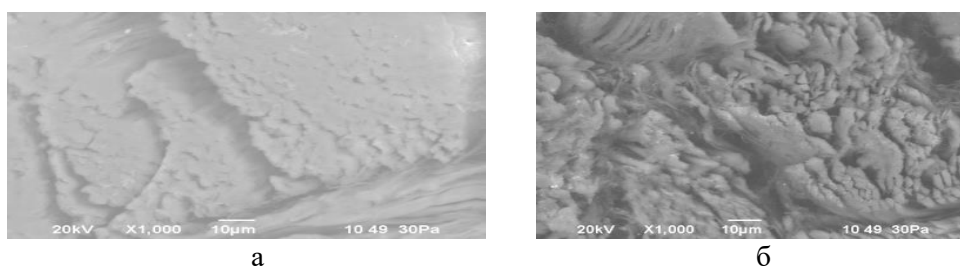
Былғары үлгілерінің микроскопиялық зерттеу нәтижелері 3-суретте көрсетілген.

Былғарыны илеу процесінің тері құрылымына қалай әсер ететінін анық көрсетеді. Онда теріге тұрақтылық, түс және басқа қасиеттер беру үшін қосылған органикалық матрица (коллаген талшықтары) да, бейорганикалық компоненттер де көрініп тұр. Илеудің былғарыда ішкі құрылым химиялық тұрақтылықты қалай қамтамасыз ететінін көрсетеді.



а) ішкі беті; б) сыртқы беті.

Сурет 3. Хроммен илеуден кейінгі жартылай фабрикат күйінің құрылымы (Wet blue)



а) ішкі беті; б) сыртқы беті.

Сурет 4. Әрленген былғарының құрылымы

Былғарыны әрлеу кезінде қолданылатын механикалық өндеудің терінің микроқұрылымына тигізген әсерін көрсетеді. Былғарыны әрлеудің сыртқы беткі қабатының эстетикалық және қорғаныс қасиеттерін қалай жақсартатынын көрсетеді (сурет 4а). Коллаген талшықтарының қалай ірі будалар түзіп, бір-біріне тығыз орналасатынын көрсетеді, бұл терінің жалпы беріктігін қамтамасыз етеді (сурет 4б). Жарық бөлшектердің аздығы бұл аймақтың әрлеу қабатының әсерінен тазартылғанын немесе илеу затының біркелкі тарағанын көрсетеді. Мұндай деформация терінің беткі қабатын тығыздап, тегістейді, оған жоғары жылтырлық береді және су өткізбеушілігін арттырады.

Алайда, бұл процестер терінің табиғи икемділігін төмендетіп, сынуға бейімділігін арттыруы мүмкін.

Қорытынды. Бұл зерттеу хроммен иленген жартылай фабрикат (Wet blue) және толық әрленген былғарының микроскопиялық және элементтік құрамдарын Растрлық Электронды Микроскопия (РЭМ) әдісі арқылы терең талдауға негізделген. Жүргізілген РЭМ зерттеулері былғарыны әрлеудің материалдың тек сыртқы эстетикасына ғана емес, сонымен қатар микроқұрылымына және химиялық құрамына да түбегейлі әсер ететінін дәлелдеді. Әрленген былғарыда материалдың тығыздығы мен біркелкілігі айқын көрінеді, бұл былғарының эстетикалық және қорғаныс қасиеттерін жақсартады. Бұл қабат жоғары жылтырлық беріп, су өткізбеушілікті арттырады.

Былғары хром-титанмен комбинацияланған күрделі илеуден, силикондық гидрофобты өндеуден, әрлеуден және майлау, жұмсарту

өңдеулерінен өткен. Бұл көп сатылы технологиялық процесс былғарының беріктігін, термиялық тұрақтылығын, суға төзімділігін және қызмет ету мерзімін арттырады. Алайда, осы процестердің салдарынан коллаген талшықтарының тығыздалуы терінің табиғи икемділігін төмендетуі мүмкін.

Қорытындылай келе, былғарыны әрлеу – оның механикалық тұтастығын, термиялық және суға төзімділігін, сондай-ақ эстетикалық қасиеттерін арттыратын, жоғары технологиялық және күрделі процесс болып табылады. Зерттеу былғары өнімдерінің сапасын арттыру үшін микроскопиялық бақылаудың маңыздылығын көрсетеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Ozgunay H., Çolak S., Mutlu M., Akyuz F. Characterization of Leather Industry Wastes // Pol. J. Environ. Stud. – 2007. – Vol. 16.
2. Ariram N., Madhan B. Development of bio-acceptable leather using bagasse // J. Clean. Prod. – 2020. – Vol. 250. – P. 119441.
3. Sathish M., Madhan B., Rao J. R. Leather solid waste: An ecobenign raw material for leather chemical preparation – A circular economy example // J. Waste Manag. – 2019. – Vol. 87. – P. 357-367.
4. Mohamed O., Moustafa A., Mehawed M., El-Sayed N. Styrene and butyl methacrylate copolymers and their application in leather finishing // J. Appl. Polym. Sci. – 2009. – Vol. 111. – P. 1488-1495.
5. Basaran B., Yorgancioglu A., Onem E. A novel approach in leather finishing: Surface modification with flock fibers // Text. Res. J. – 2012. – Vol. 82. – P. 1509-1516.
6. Liao L. L., Shan Z. H. Leather Chemical and Technology. – Beijing: Chemical Industry Publishing Company, 2005.
7. Heidemann E. Fundamentals of Leather Manufacturing. – Darmstadt: Eduard Roether KG, 1993. – P. 469.
8. Jayakumar R., Lee Y.-S., Nanjundan S. Synthesis and Coating Characteristics of Novel Calcium-Containing Poly(urethane ethers) // J. Appl. Polym. Sci. – 2004. – Vol. 92, No. 2. – P. 710-721.
9. Shi H., Chen Yi, Fan H., Xiang J., Shi Bi. Thermosensitive Polyurethane Film and Finished Leather with Controllable Water Vapor Permeability // J. Appl. Polym. Sci. – 2010. – Vol. 117, No. 3. – P. 1820-1827.
10. Gulbinienė A., Jankauskaitė V., Urbelis V. The Influence of Laminated Leather Structure on the Water Vapour Absorption and Desorption Behaviour // Materials Science (Medžiagotyra). – 2008. – Vol. 14, No. 1. – P. 44-50.
11. Bacardit A., Shendrik A., Combalia F., Jorge J., Olle L. Study of Cross-linking Reactions on Butadiene Binders in Aqueous Finishing // J. Soc. Leather Technol. Chem. – 2010. – Vol. 94, No. 6. – P. 248-252.
12. Qinhuang Y., Tingyou Zh., Zhengjun Li. Characterization and Application of Low Surface Energy Fluorinated Polymer in Leather Finishing // J. Soc. Leather Technol. Chem. – 2010. – Vol. 94, No. 3. – P. 106-110.
13. Hu J., Ma J., Deng W. Properties of acrylic resin/nano-SiO₂ leather finishing agent prepared via emulsifier-free emulsion polymerization // Materials Lett. – 2008. – Vol. 62, No. 17–18. – P. 2931-2934.
14. Hu J., Ma J., Deng W. Synthesis of Alkali-soluble Copolymer (Butyl acrylate/Acrylic acid) and Its Application in Leather Finishing Agent // Eur. Polym. J. – 2008. – Vol. 44, No. 8. – P. 2695-2701.
15. Olle L., Shendryck A., Combalia F., Jorge J., Bacardit A. Polysilane Cross-Linked Binders for Aqueous Finishing // J. Soc. Leather Technol. Chem. – 2010. – Vol. 94, No. 3. – P. 111-116.
16. Fan H., Li L., Fan X., Shi Bi. The Water Vapour Permeability of Leather Finished by Thermally-responsive Polyurethane // J. Soc. Leather Technol. Chem. – 2005. – Vol. 89, No. 3. – P. 121-125.

17. Peizhi Li, Yiding Sh., Xiaowu Y., Ganghui Li. Preparation of Cationic Fluorinated Polyurethane Micro emulsion and its Application in Leather Finishing // *J. Soc. Leather Technol. Chem.* – 2010. – Vol. 94, No. 6. – P. 240-247.
18. Kwak Y.-S., Park S. W., Lee Y.-H., Kim H. D. Preparation of Waterborne Polyurethanes for Water-Vapor Permeable Coating Materials // *J. Appl. Polym. Sci.* – 2003. – Vol. 89, No. 1. – P. 124-129.
19. Asif A., Hu L., Shi W. Synthesis, Rheological, and Thermal Properties of Waterborne Hyperbranched Polyurethane Acrylate Dispersions for UV Curable Coatings // *Colloid Polym. Sci.* – 2009. – Vol. 287, No. 9. – P. 1041-1049.
20. Kumazawa Y., Taga Y., Iwai K., Koyama Y. A rapid and simple LC-MS method using collagen marker peptides for identification of the animal source of leather // *J. Agric. Food Chem.* – 2016. – Vol. 64, No. 30. – P. 6051-6057.
21. Thomasset A., Benayoun S. Assessing the durability of diverse leather tanning techniques for the manufacturing of leather goods through artificial aging processes // *Clean. Eng. Technol.* – 2024. – Vol. 22. – P. 100807.
22. Zhang Y., Chen Z., Liu X., Shi J., Chen H., Gong Y. REM, FTIR and DSC investigation of collagen hydrolysate treated degraded leather // *J. Cult. Herit.* – 2021. – Vol. 48. – P. 205-210.
23. Falcão L., Araújo M. E. M. Application of ATR-FTIR spectroscopy to the analysis of tannins in historic leathers: the case study of the upholstery from the 19th century Portuguese Royal Train // *Vib. Spectrosc.* – 2014. – Vol. 74. – P. 98-103.
24. Vichi A., Eliazyan G., Kazarian S. G. Study of the degradation and conservation of historical leather book covers with macro attenuated Total reflection-Fourier transform infrared spectroscopic imaging // *ACS Omega.* – 2018. – Vol. 7. – P. 7150-7157.
25. Narayanan P., Janardhanan S. K. An approach towards identification of leather from leather-like polymeric material using FTIR-ATR technique // *Collag. Leath.* – 2024. – Vol. 6, No. 1.
26. Brandt L., Mannering U. Taxonomic identification of Danish Viking age shoes and skin objects by ZooMS (Zooarchaeology by mass spectrometry) // *J. Proteome* – 2021. – Vol. 231. – P. 104038.
27. Sebestyén Z., Badea E., Carsote C., Czégény Z., Szabó T., Babinszki B., Bozi J., Jakab E. Characterization of historical leather bookbindings by various thermal methods (TG/MS, Py-GC/MS, and micro-DSC) and FTIR-ATR spectroscopy // *J. Anal. Appl. Pyrolysis.* – 2022. – Vol. 162. – P. 105428.
28. Mirghani M., Salleh H., Man Y. B., Jaswir I. Rapid authentication of leather and leather products // *Adv. Nat. Appl. Sci.* – 2012. – Vol. 6. – P. 651–659.
29. Dohshi S. Quantitative estimation of hair follicle patterns for leather surface using k-function (L-function): method (2): influence of individual and location differences for sheepskins // *J. Soc. Leath. Technol. Chem.* – 2013. – Vol. 97. – P. 145–148.
30. Mirzamutratova R. Sh., Kaldybaev R. T., Bayramoglu E. The effect of walnut (*Juglans regia*) shell on the stability of leather dye // *Almaty Technol. Univ. Bull.* – 2024. – No. 1(143). – P. 223-230. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2024-1-223-230>.
31. Mirzamutratova R. Sh., Kaldybaev R. T., Bayramoglu E. Effect of natural dyes on the leather strength // *Almaty Technol. Univ. Bull.* – 2024. – No. 4(146). – P. 186–192. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2024-4-186-192>.

Материал редакцияға 12.11.25 түсті, 20.01.26 қабылданды.

Р.М. Егемберди¹, Р.Ш. Мирзамуратова¹, Е.Е. Байрамоглу²

¹Южно-Казахстанский Университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

²Университет Эге, Измир, Турция

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТДЕЛКИ НА СТРУКТУРУ КОЖИ МЕТОДОМ МИКРОСКОПИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Аннотация. Данная научная работа была посвящена исследованию влияния процесса отделки кожи на её микроструктуру и химический элементный состав. В исследовании использовались образцы полуфабриката, дублённого хромом (Wet blue), и готовой, полностью отделанной кожи. В качестве основного метода применялись Растровая Электронная Микроскопия (РЭМ) и элементный анализ. Метод РЭМ позволил с высоким разрешением наблюдать морфологию коллагеновых волокон, их плотность и изменения после обработки (деформация, формирование отделочного слоя). Было установлено, что при переходе от состояния Wet blue к отделанной коже в состав были введены такие важные элементы, как Титан (Ti), Кремний (Si), Алюминий (Al) и Фосфор (P). Это доказало, что кожа прошла комбинированное хромо-титановое дубление, ей была придана гидрофобность с помощью кремнийорганических соединений, и было произведено окрашивание пигментом на основе TiO₂. Доля остаточного Натрия (Na) и Хлора (Cl) в отделанной коже значительно снизилась по сравнению с образцом Wet blue. Механические обработки в ходе отделочных работ уплотняли и выравнивали поверхностный слой кожи, повышая её водонепроницаемость. Однако, хотя такая деформация объединяла коллагеновые волокна и увеличивала общую прочность кожи, она могла снижать её природную эластичность.

Ключевые слова: состав кожи, отделка кожи, выделка, хром, РЭМ.

R.M. Yegemberdi¹, R.Sh. Mirzamuratova¹, E.E. Bayramoğlu²

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

²Ege University, Izmir, Turkiye

DETERMINATION OF THE EFFECT OF FINISHING ON THE LEATHER STRUCTURE BY THE METHOD OF MICROSCOPIC EXAMINATION

Abstract. This scientific work was devoted to investigating the effect of the leather finishing process on its microstructure and chemical elemental composition. The study utilized samples of chrome-tanned semi-finished product (Wet blue) and ready-made, fully finished leather. The primary methods employed were Scanning Electron Microscopy (SEM) and elemental analysis. The SEM method allowed for high-resolution observation of the morphology of collagen fibers, their density, and changes after processing (deformation, formation of the finish layer). It was established that during the transition from the Wet blue state to the finished leather, important elements such as Titanium (Ti), Silicon (Si), Aluminum (Al), and Phosphorus (P) were introduced into the composition. This proved that the leather underwent combined chrome-titanium tanning, was made hydrophobic using organosilicon compounds, and was dyed with a TiO₂-based pigment. The proportion of residual Sodium (Na) and Chlorine (Cl) in the finished leather significantly decreased compared to the Wet blue sample. Mechanical treatments during the finishing operations densified and smoothed the surface layer of the leather, thereby increasing its water resistance. However, although this deformation consolidated the collagen fibers and increased the overall strength of the leather, it was found to potentially reduce its natural elasticity.

Keywords: leather composition, leather finishing, tanning, chrome, SEM.