

УДК 675.02:675.024

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ХРОМОВОГО ДУБЛЕННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ
ПОЛІМЕРНОГО МАТЕРІАЛУ – ПОХІДНОЇ МАЛЕЇНОВОЇ КИСЛОТИ****Майстренко Л. А., Андрєєва О. А., Коляда М. К.**

Київський національний університет технологій та дизайну

Наведено результати повного факторного експерименту з дослідження процесу хромового дублення із застосуванням сучасного полімерного матеріалу – похідної малеїнової кислоти. Отримано адекватну математичну модель, що описує залежності показників шкіряного напівфабрикату від витрати основних матеріалів і тривалості обробки; визначено раціональні умови дублення.

Ключові слова: *хромове дублення, полімерний матеріал, колаген, шкіряний напівфабрикат, фактори, модель, показники*

Одним з найважливіших процесів виробництва натуральної шкіри є дублення, під час якого відбувається основне формування структури та багатьох властивостей дерми [1]. Майже 80-90 % шкір у світі виробляються з використанням сполук хрому. Це пов'язано з простотою технології, надійністю процесу, високими технологічними та експлуатаційними властивостями шкір хромового дублення, можливістю виробництва товарів різного асортименту. До недоліків відомих технологій хромового дублення належать порівняно низьке вибирання сполук хрому з робочих розчинів, велика тривалість процесу (9-16 год), проблеми використання хромвмісних відходів та нестабільності властивостей сухого хромового дубителя при тривалому зберіганні внаслідок підвищення ступеня оліфікації хромових комплексів. Зазначені недоліки намагаються ліквідувати за рахунок часткової заміни сполук хрому іншими мінеральними або органічними дубителями, оптимізації параметрів дублення за показником вибирання хрому, багаторазового використання дубильних розчинів, введення маскувальних та латентних підлужуючих реагентів [2-5]. Разом з тим, не завжди вдається провести процес таким чином, щоб при раціональному використанні матеріальних та енергетичних ресурсів шкіряний напівфабрикат і готова шкіра мали високу якість. Тому розробка і впровадження у виробництво нових ресурсозберігаючих технологій представляє науковий і практичний інтерес. Одним з найбільш перспективних напрямів створення таких технологій є використання доступних, нетоксичних хімічних матеріалів, здатних значно прискорити дифузійну складову процесу дублення та забезпечити максимальне споживання дубителів шкірною тканиною [6].

На кафедрі технології шкіри та хутра проводяться багатопланові комплексні дослідження з пошуку сучасних хімічних матеріалів для виробництва натуральної шкіри з наявної сировини. У попередніх дослідженнях, присвячених вивченню водорозчинних полімерних матеріалів нового покоління, основними складовими яких є ненасичені малеїнова та акрилова кислоти, показана доцільність застосування цих сполук у рідинному оздобленні хромових шкір для верху взуття [7, 8].

Постановка завдання

Метою даної роботи було встановити можливість застосування полімерного матеріалу – похідної малеїнової кислоти – на стадії хромового дублення шкір. Для здійснення поставленої мети сформулювали наступні завдання: дослідити вплив умов обробки на перебіг технологічного процесу та властивості дерми; визначити роль полімеру у формуванні структури та основних показників шкіряного напівфабрикату; виявити раціональні параметри процесу дублення сполуками хрому із застосуванням полімалеїнату.

Об'єкт та методи дослідження

За об'єкт дослідження обрано процес хромового дублення одягових шкір з овчини з попередньою обробкою голини полімалеїнатом, за предмет дослідження – визначення впливу цього матеріалу на перебіг технологічного процесу та найважливіші фізико-хімічні показники дерми.

У роботі використали овечу сировину, поширені у шкіряному виробництві матеріали (солі, кислоти, хромовий дубитель тощо) і полімер нового покоління у вигляді похідної малеїнової кислоти. Вибір виду та цільового призначення сировини зроблено на підставі зростання поголів'я овець в Україні, особливостей будови та фізико-механічних властивостей їх шкур (насамперед, пухкості та низької міцності дерми, що дозволяє більш повно виявляти формувальну та наповнювальну здатність застосованих хімічних матеріалів), а також з урахуванням зростаючого попиту населення на одяг з натуральної шкіри [9, 10]. Вибір виду полімерного матеріалу зумовлений не лише його сумісністю з колагеном та іншими матеріалами для обробки шкір, що притаманна всім іншим згаданим полімерам, а й ступенем дисперсності – розмір частинок полімалеїнату становить переважно 17 нм, у той час як у поліакрилатів цей показник значно більший (від 78 до 560 нм) [8].

Скомплектовані за методом асиметричної бахроми групи обробляли по пікелювання включно за типовою методикою виробництва одягової шкіри з овчини [11].

Полімерну обробку проводили безпосередньо перед дубленням. Для цього полімерний матеріал (ПМ) додавали у відпрацьований пікельний розчин, поступово підвищуючи температуру до 36-40 °С. Витрата полімеру становила 1,0-3,0 %, тривалість полімерної обробки 1,0-1,5 год, рідинний коефіцієнт 1,0. Хромовий дубитель (ХД) основністю 38 % дозували у відпрацьований розчин при витраті 1,2-1,6 % (в перерахунку на оксид хрому) і температурі 36-40 °С. Для порівняння дублення контрольної групи 9к проводили без полімерної обробки, зразу після пікелювання, при температурі 20 °С. Через 1,0 год від початку дублення при повному профарбуванні зрізу напівфабрикату сполуками хрому додавали розведений у воді (1 : 20) гідрокарбонат натрію у кількості 0,3 %. Витрата матеріалів вказана від маси зразків. У всіх випадках закінчення процесу дублення визначали за позитивною пробою на КИП.

Ніяких ускладнень під час обробки дослідних груп не спостерігалося; після дублення зразки напівфабрикату мали чисту, шовковисту лицьову поверхню та приємний гриф, були наповненими та м'якими.

У якості показників вибрали такі, які повною мірою описують процес дублення та властивості шкіряного напівфабрикату. Визначення показників оброблювальних рідин та напівфабрикату проводили із застосуванням поширених фізико-хімічних методів, у тому числі фотоколориметричного і потенціометричного, а також математичної статистики у вигляді повного факторного експерименту [12-14]. Похибка дослідів не перевищувала 3 %.

Результати дослідження та їх обговорення

З теорії і практики хромового дублення відомо про те, що інтенсивність проникнення та міцність фіксації дубильних речовин в дермі обумовлені багатьма взаємозв'язаними чинниками: видом та витратою застосовуваних матеріалів, температурою, тривалістю обробки і т.д. [1]. Тому для визначення параметрів процесу хромпільполімерного дублення (ХППД) скористалися методом повного факторного експерименту (ПФЕ), який дозволяє мінімально обмежити кількість дослідів, побудувати математичну модель процесу і в результаті її аналізу вибрати більш оптимальний варіант [14].

Після серії попередніх дослідів визначили три найбільш важливі фактори: X_1 – витрата полімерного матеріалу, %; X_2 – витрата хромового дубителя, %; X_3 – тривалість полімерної обробки, год, а також їх рівні та інтервал варіювання (табл. 1).

За вихідні змінні (функції відгуку) обрали показники шкіряного напівфабрикату, які характеризують ефективність процесу дублення: масову частку оксиду хрому (ОХ), температуру зварювання (Тзв) та об'ємний вихід (VR).

Обробку голини проводили в скляних ємкостях об'ємом 1 л на лабораторній установці для збовтування, де забезпечувалися необхідний температурний режим та постійне перемішування.

Таблиця 1

Рівні та інтервал варіювання факторів

Найменування фактору	Витрата, %		Тривалість, год
	полімер	дубитель	
Кодоване позначення	X ₁	X ₂	X ₃
Нульовий рівень x _{i0}	2,0	1,4	1,25
Інтервал варіювання Δx _i	1,0	0,2	0,25
Нижній рівень x _i	1,0	1,2	1,0
Верхній рівень x _i	3,0	1,6	1,5

Матриця планування та результати експерименту наведені у табл. 2-4.

Таблиця 2

Значення факторів та параметри оптимізації

Група	Значення факторів			Значення вихідної змінної (параметра оптимізації)								
				Мас. частка оксиду хрому ОХ, %			Температура зварювання Тзв, °С			Об'ємний вихід VR, см ³ /100 г білка		
	X ₁	X ₂	X ₃	Y' _{1u}	Y' _{2u}	Y' _u	Y'' _{1u}	Y'' _{2u}	Y'' _u	Y''' _{1u}	Y''' _{2u}	Y''' _u
1	+1	+1	+1	4,31	4,54	4,43	102,0	101,0	101,5	206	200	203
2	-1	+1	+1	4,27	4,23	4,25	98,0	99,0	98,5	212	205	209
3	+1	-1	+1	6,03	5,60	5,82	112,0	111,0	111,5	226	220	223
4	-1	-1	+1	4,57	3,82	4,20	101,0	100,0	100,5	266	259	262
5	+1	+1	-1	6,02	5,93	5,98	106,0	105,0	105,5	243	240	242
6	-1	+1	-1	4,96	4,36	4,66	106,0	105,0	105,5	231	238	234
7	+1	-1	-1	4,53	4,35	4,44	108,0	107,0	107,5	216	210	223
8	-1	-1	-1	4,35	4,40	4,38	96,0	95,0	95,5	224	220	222

Після обробки результатів експерименту отримали адекватні математичні моделі в кодованих одиницях, які описують залежності найбільш вагомих показників напівфабрикату від витрати основних матеріалів і тривалості полімерної обробки:

а) масова частка оксиду хрому:

$$\hat{Y}'u = 4,77 + 0,40X_1 - 0,39X_2X_3 - 0,34X_1X_2X_3 \quad (1)$$

Критерій Фішера $F = 0,86 < F_T = 6,59$ (рівень значущості $\alpha = 0,05$; число ступенів свободи у знаменнику $f_1 = 2$; число ступенів свободи у числівнику $f_2 = 4$), рівняння адекватне; критерій Кохрена $G = 0,47 < G_T = 0,68$ (рівень значущості $\alpha = 0,05$; число ступенів свободи $f_1 = m - 1 = 1$; число ступенів свободи $f_2 = N = 8$), дисперсія відтворювана, похибка досліду $S^2_0 = S^2_y = 0,075$; значущість коефіцієнтів регресії (критерій Стьюдента): $t_{b0} = 69,48 > t_{0,05;8} = 2,31$ /де 0,05 – рівень значущості; 8 – число ступенів свободи $f = N(m-1)/$, коефіцієнт значущий; $t_{b1} = 5,78 > t_{0,05;8} = 2,31$, значущий; $t_{b2} = 0,88 < t_{0,05;8} = 2,31$, незначущий; $t_{b3} = 1,39 < t_{0,05;8} = 2,31$, незначущий; $t_{b12} = 0,36 < t_{0,05;8} = 2,31$, незначущий; $t_{b13} = 0,76 < t_{0,05;8} = 2,31$, незначущий; $t_{b23} = 5,75 > t_{0,05;8} = 2,31$, значущий; $t_{b123} = 4,91 > t_{0,05;8} = 2,31$, значущий;

б) температура зварювання:

$$\hat{Y}''u = 103,25 + 3,25X_1 - 0,50X_2 - 2,50X_1X_2 - 2,50X_2X_3 + 0,50X_1X_2X_3 \quad (2)$$

Критерій Фішера $F = 2,00 < F_T = 19,00$ ($\alpha = 0,05$; $f_1 = 2$; $f_2 = 2$), рівняння адекватне; критерій Кохрена $G = 0,13 < G_T = 0,68$ ($\alpha = 0,05$; $f_1 = 1$; $f_2 = 8$), дисперсія відтворювана, похибка досліду $S^2_0 = S^2_y = 0,50$; значущість коефіцієнтів регресії (критерій Стьюдента): $t_{b0} = 584,07 > t_{0,05;8} = 2,31$, значущий; $t_{b1} = 18,39 > t_{0,05;8} = 2,31$, значущий; $t_{b2} = 2,83 > t_{0,05;8} = 2,31$, значущий; $t_{b3} = 1,41 < t_{0,05;8} = 2,31$, незначущий; $t_{b12} = 14,14 > t_{0,05;8} = 2,31$, значущий; $t_{b13} = 1,41 < t_{0,05;8} = 2,31$, незначущий; $t_{b23} = 14,14 > t_{0,05;8} = 2,31$, значущий; $t_{b123} = 2,83 > t_{0,05;8} = 2,31$, значущий;

в) об'ємний вихід:

$$\hat{Y}'''u = 226,00 - 5,82X_1 - 4,15X_2 + 6,20X_1X_2 - 5,38X_1X_3 - 14,33X_2X_3 \quad (3)$$

Критерій Фішера $F = 3,46 < F_T = 19,00$ ($\alpha = 0,05$; $f_1 = 2$; $f_2 = 2$), рівняння адекватне; критерій Кохрена $G = 0,19 < G_T = 0,68$ ($\alpha = 0,05$; $f_1 = 1$; $f_2 = 8$), дисперсія відтворювана, похибка досліду $S^2_0 = S^2_y = 17,92$; значущість коефіцієнтів регресії (критерій Стьюдента): $t_{b0} = 213,53 > t_{0,05;8} = 2,31$, значущий; $t_{b1} = 5,50 > t_{0,05;8} = 2,31$, значущий; $t_{b2} = 3,92 > t_{0,05;8} = 2,31$, значущий; $t_{b3} = 1,68 < t_{0,05;8} = 2,31$, незначущий; $t_{b12} = 05,85 > t_{0,05;8} = 2,31$, значущий; $t_{b13} = 5,08 > t_{0,05;8} = 2,31$, значущий; $t_{b23} = 13,54 > t_{0,05;8} = 2,31$, значущий; $t_{b123} = 2,02 < t_{0,05;8} = 2,31$, незначущий.

З одержаних рівнянь (1-3) випливає, що для вмісту оксиду хрому і температури зварювання дерми з окремих факторів найбільш вагомим є витрата полімеру, з підвищенням якої ці показники зростають. Менш впливовими факторами виявилися парна (наприклад, X_1X_2 , X_2X_3) і навіть потрійна ($X_1X_2X_3$) взаємодія досліджуваних чинників, а для термостійкості – витрата сполук хрому (X_2).

Для показника об'ємного виходу спостерігається тенденція зростання при менших витратах полімеру та дубителя як при індивідуальному впливі, так і при парній взаємодії факторів (X_1X_3 , X_2X_3).

Значущість тривалості полімерної обробки виявляється лише у взаємодії з іншими факторам, наприклад, у вигляді X_2X_3 , $X_1X_2X_3$ – для вмісту оксиду хрому і термостійкості, X_1X_3 , X_2X_3 – для об'ємного виходу.

Таблиця 3

Характеристика процесів полімерної обробки та хромового дублення*

Група	Витрата, %		Тривалість, год		Ступінь вибирання,%	
	полімер	дубитель	полімерна обробка	дублення	полімер	дубитель
1	3,0	1,6	1,5	1,0	59,9	56,3
2	1,0	1,6	1,5	4,0	59,7	71,9
3	3,0	1,2	1,5	1,0	59,9	58,3
4	1,0	1,2	1,5	6,0	59,7	62,5
5	3,0	1,6	1,0	3,0	68,0	65,6
6	1,0	1,6	1,0	4,0	65,9	61,3
7	3,0	1,2	1,0	3,0	68,0	71,7
8	1,0	1,2	1,0	9,0	65,9	60,0
9к	–	1,6	–	9,0	–	43,8

* Примітка: температура процесу дублення 40°C, крім групи 9к (20°C).

У роботі [15] вираз «...Оптимізацію процесу ... мінерального дублення можна оцінити декількома параметрами: властивостями шкіри, тривалістю, трудомісткістю та матеріалоемністю процесу тощо» стосується комплексного мінерального дублення на основі солей алюмінію і титану, проте, цілком правомірно його можна віднести до будь-якого способу дублення. Тому у подальшому, при виборі умов ХППД

проаналізували кількісні показники, що мають не менш важливе практичне значення, ніж наведені вище показники напівфабрикату: тривалість процесу, ступінь вибирання з робочих розчинів основних хімічних матеріалів (полімеру та дубителя) (табл. 3). Крім того, для більш повної характеристики процесу дублення і дубленого напівфабрикату додатково визначили кількість термостійких зв'язків, що утворюються в 10^5 г білка [5], та вихід по товщині (табл. 4).

Таблиця 4

Показники шкіряного напівфабрикату

Група	Масова частка оксиду хрому, %	Зміна температури зварювання*, С°		К-ть термостійких зв'язків у 10^5 г білка ΔN^{**}	Вихід по товщині, %		Об'ємний вихід, $\text{см}^3/100$ г білка
		до	після		до	після	
		дублення			дублення		
1	4,43	16,0	56,0	21,2	50,0	119,0	203
2	4,25	10,0	54,0	19,6	39,5	110,0	209
3	5,82	13,0	60,0	26,3	15,8	112,0	223
4	4,20	4,0	42,0	20,7	14,5	112,0	262
5	5,98	11,5	54,0	23,2	10,9	111,0	242
6	4,66	12,0	63,0	23,2	12,7	104,0	234
7	4,44	19,0	61,0	24,2	46,4	123,0	213
8	4,38	2,0	49,5	18,1	21,8	105,0	222
9к	3,65	–	48,0	17,9	–	70,4	175

Примітка: *щодо пікельованої голини, **щодо вихідної сировини.

З наведених у табл. 3-4 даних випливає, що порівняно з традиційним способом хромового дублення, який виконують після пікелювання при температурі 18-20 °С, проведення процесу при 40 °С після обробки похідною малеїнової кислоти призводить до покращення всіх показників:

- тривалість процесу дублення (крім групи 8) скорочується в 1,5-9 разів;
- вибирання сполук хрому з робочого розчину підвищується на 12,5-28,1 %;
- кількість міцних термостійких зв'язків, що утворюються 10^5 г білка з моменту обробки сировини, зростає в 1,1-1,5 рази;
- вихід по товщині підвищується в 1,5-1,7, а по об'єму – в 1,2-1,5 рази.

Слід зазначити, що витрата полімерного матеріалу при більш тривалій (протягом 1,5 год) полімерній обробці не впливає на ступінь вибирання з розчину, що знаходиться на рівні 59,7-59,9 %. При меншій тривалості полімерної обробки (1,0 год) робочий розчин відпрацьовується краще на 6,2-8,1 %, особливо у разі застосування більшої (3,0 %) кількості полімалеїнату. Найкраще значення показника (68,0 %) отримано при застосуванні 3,0 % полімеру протягом 1,0 год. Незалежно від витрати сполук хрому найкраще (на рівні 71,7-71,9 %) відпрацювання дубильного розчину досягається або у випадку більш низької витрати полімеру (1,0 %) та більш тривалої полімерної обробки (протягом 1,5 год), або при більш високій витраті полімеру (3,0 %) та менш тривалій полімерній обробці (протягом 1,0 год). За інших умов проведення переддубильно-дубильних процесів показник погіршується на 6,4-15,7 %.

Таблиця 5

Вибір раціонального варіанту обробки

Умови обробки					
Група	Витрата, %		Тривалість, год		Температура, °C
	полімер	дубитель	полімерна обробка	дублення	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
1	3,0	1,6	1,5	1,0	40
2	1,0	1,6	1,5	4,0	40
3	3,0	1,2	1,5	1,0	40
4	1,0	1,2	1,5	6,0	40
5	3,0	1,6	1,0	3,0	40
6	1,0	1,6	1,0	4,0	40
7	3,0	1,2	1,0	3,0	40
8	1,0	1,2	1,0	9,0	40
9к	–	1,6	–	9,0	20

Продовження табл. 5

Показники, що характеризують ефективність обробки					
Ступінь вибирання дубителя, %	Температура зварювання, °С	Масова частка оксиду хрому, %	Вихід по товщині, %	Об'ємний вихід, см ³ /100 г білка	Узагальнена цільова функція Узг
7	8	9	10	11	12
56,3	101,5	4,4	119,0	203	0,034
71,9	98,5	4,3	110,0	209	0,036
58,3	111,5	5,8	112,0	223	0,019
62,5	100,5	4,2	112,0	262	0,033
65,6	105,5	6,0	111,0	242	0,017
61,3	105,5	4,7	104,0	234	0,026
71,7	107,5	4,4	123,0	213	0,025
60,0	95,5	4,4	105,0	222	0,047
43,8	95,0	3,7	70,4	175	0,067

Внаслідок застосування узагальненої цільової функції найменше значення цього показника встановлено у групах 3, 5, 7 (відповідно 0,019, 0,017, 0,025, в контрольній групі 0,067; табл. 5). На підставі аналізу показників, що характеризують ефективність обробки, з цих трьох кращих груп вибрана група 7 (витрата полімеру 3,0 %, хромового дубителя 1,2 %, тривалість полімерної обробки 1,0 год), у якій, при всіх інших достатньо високих показниках, найкраще вибирання дубителя з розчину та наповнення дерми.

Висновки

Досліджена можливість застосування нового полімерного матеріалу – похідної малеїнової кислоти – під час хромового дублення одягових шкір з овчини. Встановлено доцільність та раціональні умови такої обробки, яка порівняно з традиційним способом дозволяє більш ефективно використовувати матеріальні та енергетичні ресурси, зменшувати шкідливе навантаження на довкілля: при високій якості напівфабрикату Вет блу тривалість процесу дублення скорочується в 3,0 рази, витрата дубителя знижується на 25,0 %, а його вибирання з розчину підвищується на 27,9 %.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Михайлов А. Н. Химия дубящих вещества и процессов дубления / Михайлов А. Н. – М. : Гизлегпром, 1953. – 795 с.

2. Ярутич А. П. Дубление кож с применением сухих хромовых дубителей, обладающих улучшенными кожевенно-технологическими свойствами : автореф. дисс. канд. техн. наук : спец. 05.19.05 «Технология кожи и меха» / А. П. Ярутич. – М., 2005. – 24 с.
3. Хаустов В. Д. Разработка хромсберегающих технологий дубления кож для верха обуви : автореф. дисс. канд. техн. наук : спец. 05.19.05 «Технология кожи и меха» / В. Д. Хаустов – М., 2004. – 25 с.
4. Тогузбаев К. У. Эффективное использование отработанных растворов при комплексном минеральном дублении (КМД) / К. У. Тогузбаев // Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. – 2010. – № 4. – С. 348-350.
5. Горбачов А. А. Основи створення сучасних технологій виробництва шкіри та хутра : Монографія / А. А. Горбачов, С. М. Кернер, О. А. Андреева, О. Д. Орлова. – К. : КНУТД, 2007. – 190 с.
6. Панкова Е. А. Интенсификация процесса хромового дубления с использованием циклических карбонатов и продуктов на их основе : автореф. дисс. канд. техн. наук : спец. 05.19.05 «Технология кожи и меха» / Е. А. Панкова – Казань, 2004. – 19 с.
7. Лук'янець Л. А. Дослідження властивостей нових полімерних матеріалів для шкіряно-хутрового виробництва. Повідомлення 1 / Л. А. Лук'янець, О. А. Андреева // Вісник ХНУ. – 2009. – № 4. – С. 208-211.
8. Майстренко Л. А. Удосконалення рідинних процесів шкіряного виробництва шляхом застосування нових полімерних сполук / Л. А. Майстренко, О. А. Андреева, Н. В. Мережко // Вісник КНУТД. – 2011. – № 4(60). – С. 67-72.
9. Товарознавство шкіряно-хутрової сировини : Навч. посібник / Андреева О. А., Цеменко Г. В. – К. : Кондор, 2011. – 355, [40] с.
10. Баранова Е. В. Исследование структуры одежных кож хромового дубления и разработка способа повышения формоустойчивости : автореф. дисс. канд. техн. наук : спец. 05.19.01 «Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности» / Е. В. Баранова – М., 2007. – 20 с.
11. Данилкович А. Г. Технологія і матеріали виробництва шкіри : навч. посібник / А. Г. Данилкович, О. Р. Мокроусова, О. А. Охмат; під ред. А. Г. Данилковича. – К. : Фенікс, 2009. – С. 478 -489.

12. Жебентяев А. И. Аналитическая химия. Химические методы анализа : учеб. пособие / А. И. Жебентяев, А. К. Жерносек, И. Е. Талуть. – Минск : Новое знание, 2010. – 542 с.
13. Данилкович А. Г. Практикум по химии и технологии кожи и меха / [А. Г. Данилкович, В. И. Чурсин].– М. : ЦНИИКП, 2002.– 412, [1] с.
14. Пинчук С. И. Организация эксперимента при моделировании и оптимизации технических систем: Учеб. пособие / С. И. Пинчук. – Днепропетровск : ООО Независим. издат. орг-ция «Дива», 2008. – 248 с.
15. Тогузбаев К. У. Оптимизация процесса комплексного минерального дубления на основе солей алюминия и титана / К. У. Тогузбаев, Р. К. Ниязбекова // Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. – 2010. – № 4. – С. 295-298.

Майстренко Л. А., Андреева О. А., Коляда М. К.

Исследование процесса хромового дубления с применением полимерного материала – производной малеиновой кислоты

Приведены результаты полного факторного эксперимента по исследованию процесса хромового дубления с применением современного полимерного материала – производной малеиновой кислоты. Получена адекватная математическая модель, описывающая зависимости показателей кожевенного полуфабриката от расхода основных материалов и продолжительности обработки; установлены рациональные условия дубления.

Ключевые слова: *хромовое дубление, полимерный материал, коллаген, кожевенный полуфабрикат, факторы, модель, показатели*

Maistrenko L. A., Andreyeva O. A., Koliada M. K.

Research of the process of chrome tanning using polymeric material – a derivative of maleic acid

The results of the full factorial experiment to study of the chrome tanning, using modern polymeric material – maleic acid derivative were described. It was obtained adequate mathematical model describing the dependence of indices of leather semi-finished item from consumption of main materials and duration of processing; rational conditions of tanning were installed.

Keywords: *chrome tanning, polymeric material, collagen, leather semi-finished item, factors, model, indices*