

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗБЕРІГАННЯ ЛЛЯНОЇ СИРОВИНИ В РІЗНИХ УМОВАХ

У статті розглянуто актуальну проблему збереження льоносировини підвищеної вологості. В роботі наведено результати математичного моделювання процесу зберігання лляної сировини з використанням екологічно безпечного біологічно активного консерванту при різній вологості вихідної сировини в середовищі Mathcad 13.0. В результаті отримано математичні моделі, які дозволяють прогнозувати зміну якісних параметрів лляної сировини підвищеної вологості у процесі зберігання. Встановлено високу консервуючу дію нового біологічно активного препарату.

Використовуючи отримані математичні моделі за оптимізованими параметрами процесу зберігання було одержано треста достатнього ступеня вилежування. При подальшій механічній переробці якої отримано лляне волокно, яке за фізико-механічними показниками можна рекомендувати для застосування у виробництві органічного геотекстилю різного функціонального призначення.

Ключові слова: солома підвищеної вологості, зберігання, біологічно активний препарат, математичне моделювання, органічний геотекстиль.

С.В. БОБИРЬ, Т.О. КУЗЬМИНА, М.Б. ЄДИНОВИЧ
Херсонский национальный технический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ХРАНЕНИЯ ЛЬНЯНОГО СЫРЬЯ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ

В статье рассмотрена актуальная проблема хранения льносырья повышенной влажности. В работе приведены результаты математического моделирования процесса хранения льняного сырья с использованием экологически безопасного биологически активного консерванта при разной влажности исходного сырья в среде Mathcad 13.0. В результате получены математические модели, которые позволяют прогнозировать изменение качественных параметров льняного сырья повышенной влажности в процессе хранения. Установлено высокое консервирующее действие нового биологически активного препарата.

Используя полученные математические модели при оптимизированных параметрах процесса хранения была получена треста достаточной степени вилеживания. Дальнейшая механическая переработка позволила получить льняное волокно, которое по физико-механическим показателями можно рекомендовать к применению в производстве органического геотекстиля разного функционального назначения.

Ключевые слова: солома повышенной влажности, хранение, биологически активный препарат, математическое моделирование, органический геотекстиль.

S.V. BOBYR, T.O. KUZMINA, M.B. YEDYNOVYCH
Kherson National Technical University

MODELING OF FLAX RAW MATERIAL STORAGE IN DIFFERENT CONDITIONS

In the article the actual problem of high wet flax raw materials storage. The results of mathematical modeling of the storage of flax raw materials using environmentally friendly biologically active preservative at different humidity of raw materials in the Mathcad 13.0 software. The result obtained by mathematical models that allow to predict the change of qualitative parameters of wet flax raw materials during storage. Established high preservative effect of the new biologically active drug.

Using these mathematical models to optimize the parameters of the storage process has received the trust sufficiently staying. Further mechanical processing yielded flax fibers, which in physical and mechanical properties can be recommended for use in organic production of geotextiles of different functional purpose.

Keywords: high wet flax raw materials, storage, biologically active drug, mathematical modeling, organic geotextiles.

Постановка проблеми

В Україні сьогодні близько 20-50 % урожаю лляної сировини не доходить до первинної переробки. Це пов'язано з недотриманням агротехнічних строків збирання, несприятливими погодними умовами та відсутністю сучасних технічних засобів збирання, внаслідок чого, стебла льону олійного тривалий період знаходяться на полі в стані підвищеної вологості. Льоносолома та треста підвищеної вологості є сприятливим середовищем для розвитку багатьох патогенних мікроорганізмів. В результаті спостерігається погіршення якості льоносировини та її втрата.

Попередні дослідження закордонних та вітчизняних вчених показали, що основними факторами, які обумовлюють збереження соломи в рулонах, є вологість сировини та умови зберігання (температура і вологість навколишнього середовища). Згідно нормативно-технічної документації нормативна вологість льоносоломи, що піддається пресуванню в рулони становить 19 %, при цьому гранично допустима вологість не повинна перевищувати 23 %.

Підвищення вологості навколишнього середовища в осінньо-весняний період сприяє підвищенню вологості соломи в середині рулонів, які були сформовані навіть з нормативною вологістю, що активізує біологічні та екзотермічні процеси всередині паковок і може призвести до розвитку пліснявих, патогенних грибів та бактерій, в результаті чого значно знижується вихідна технологічна якість стебел льону [1].

Методи математичної статистики дозволяють провести моделювання процесу зберігання лляної сировини в рулонах з варіюванням основних факторів в необхідних інтервалах, що дає змогу прогнозувати зміни якісних показників льоносировини впродовж терміну зберігання і запобігти її псуванню.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Волокно льону олійного – це матеріал з унікальними фізико-механічними, хімічними та екологічними властивостями. З його стебел можна отримувати у середньому 19 % целюлозовмісного короткого волокна [2].

До останнього часу стебла соломи льону олійного не використовували в промисловості і рулони соломи льону олійного зберігалися у полі просто неба, іноді закриваючи зовнішню поверхню захисним покриттям. Через недотримання агротехнічних строків збирання, відсутність сучасних технічних засобів зберігання та несприятливі погодні умови, рулони соломи тривалий період знаходяться на полі в стані підвищеної вологості. Льоносолома підвищеної вологості є сприятливим середовищем для розвитку багатьох патогенних мікроорганізмів. В результаті чого спостерігається погіршення якості льоносировини та її втрата [3].

Відомо, що штучне сушіння є найнадійнішою технологією консервування продукції, але через значну енергоємність і високу вартість вона не знайшла застосування на практиці [1]. Істотно меншу залежність технології зберігання від зміни погодних умов може забезпечити хімічне або біологічне консервування. Ю.В. Березовським були проведені дослідження з пошуку найкращого консерванту для збереження якості соломи та трести льону-довгунця. Дослідження показали, що найкращим консервантом для зберігання льоносировини підвищеної вологості є карбамід [3].

На даний час існує багато різних хімічних речовин та препаратів для вирішення проблеми зберігання лляної сировини, але не всі відомі консерванти характеризуються комплексом необхідних властивостей: ефективністю, екологічністю і дешевизною. Для збереження якості стебел соломи льону олійного необхідні принципово нові екологічно безпечні, ефективні та мало витратні консерванти.

Отже, наукові дослідження свідчать про перспективність та економічну доцільність розробки технології зберігання стебел соломи льону олійного з метою одержання трести та волокна з необхідними якісними властивостями для виробництва органічного геотекстилю різного функціонального призначення.

Формулювання мети дослідження

Завданням даної роботи є визначення на основі методів математичного моделювання оптимальних технологічних параметрів процесу зберігання соломи льону олійного підвищеної вологості, що можуть забезпечити збереження фізико-механічних показників льоносировини на необхідному рівні для подальшої її механічної переробки з метою отримання волокна, придатного для виготовлення органічного геотекстилю.

Викладення основного матеріалу дослідження

На першому етапі досліджень зі зберігання соломи підвищеної вологості було вирішено такі питання: визначення впливу вологості соломи, дії консервантів, тривалості зберігання та їх комплексної дії на збереження якості лляної сировини в процесі зберігання з метою виявлення кращого консерванту для проведення моделювання процесу зберігання.

Дослідження процесу зберігання лляної соломи підвищеної вологості проводили в лабораторних умовах кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації ХНТУ. Зразки соломи доводили до вологості 25, 30 та 35 %, а потім обробляли розчинами консервантів з різними концентраціями. Також проводили контрольний варіант, де зволожені стебла льону залишали без обробки. Після обробки зразки соломи пресували в паковки з середньою щільністю 120 кг/м³, яка найкращим чином сприяє збереженню лляної сировини в рулонах і відповідає вимогам нормативно-технічної документації (НТД). Солому пакували в поліетиленові пакети, які не герметизували для створення аеробних умов. Дослідні зразки зберігалися в закритих ємностях при температурі 12-19°C та відносній вологості приміщення 24-30 % протягом 1, 2 та 3 місяців. Під час проведення експерименту постійно перевіряли вологість стебел соломи. По закінченню визначеного строку стебла виймали і піддавали природному сушінню, після чого визначали органолептичні та фізико-механічні показники лляної сировини, згідно НТД [4]. Порівнювали якісні показники вхідної сировини, контрольних зразків із вказаною вище вологістю та зразків оброблених консервантами.

Для дослідів в якості консервантів були обрані наступні препарати: карбамід, композиційний препарат на основі фосфату карбаміду та оксіетильованого нонілфенолу АФ 9-10, біологічно активні

препарати «Триходермін» і «Фітоспорін-М». Обрані препарати мають високу біологічну, фунгіцидну, бактерицидну активність в першу чергу проти патогенних целюлолітичних грибів і бактерій, які розвиваються на стеблах льону підвищеної вологості. Ці препарати є екологічно безпечними та дешевими. Відмінність обраних препаратів від застосовуваних раніше, полягає в їх здатності майже не пригнічувати розвиток пектиноруйнівної мікрофлори, що дозволяє одержати лляну тресту без традиційного розстилення.

Результати середніх значень показників якості трести та лубоподібного волокна, одержаних з соломи льону олійного, що зберігалася з вологістю 35 % протягом 3-х місяців, без обробки (контрольний варіант) та при застосуванні консервуючих речовин з оптимальними концентраціями, подано у табл. 1.

Таблиця 1

Фізико-механічні показники трести та лубоподібного волокна, одержаних з соломи льону олійного при зберіганні з вологістю 35 % протягом 3-х місяців

Найменування	Концентрація препаратів	Фізико-механічні показники					
		група кольору	відкремлюваність, од.	вміст волокна, %	лінійна щільність, текс	розривне навантаження одиничного волокна, сН	відносне розривне навантаження, сН/текс
Контрольний варіант	-	III	6,6	21,6	4,62	16,2	3,5
Солома, після обробки карбамідом	6,8 %	III	5,5	20,9	6,47	34,6	5,4
Солома, після обробки композицією	0,2 г/л	III	5,7	20,9	6,36	38,2	6,0
Солома, після обробки Триходерміном	0,5 %	III	5,4	20,2	7,25	50,0	6,9
Солома, після обробки Фітоспоріном-М	1,25 %	III	5,0	19,7	8,08	63,0	7,8

Аналіз наведених (табл. 1) даних показує, що фізико-механічні показники стебел соломи льону підвищеної вологості за всіма варіантами обробки протягом 3-х місяців зберігання поступово знижуються. Найбільше втратила свої початкові показники солома у контрольному варіанті. Так, показник розривного навантаження одиничного волокна, одержаного із лляної соломи з вологістю 35 % знизився в 8,1 раз, тобто зменшився з 131,7 сН (вхідний показник лубу) до 16,2 сН.

До того ж в процесі зберігання лляної соломи підвищеної вологості при температурі 12-19 °С різко активізуються мікробіологічні процеси всередині паковок. Вже до кінця 1-го місяця зберігання зразки льону з вологістю 35 % без обробки консервантами та зразки з вологістю 25 і 30 % до кінця 2-го місяця мали бурий колір з вогнищами цвілевих грибів і сірої плямистості. Таким чином, лляна солома підвищеної вологості за вказаний період зберігання стає непридатною для подальшої переробки.

У той же час, на стеблах соломи після обробки консервантами, протягом всього строку зберігання, цвілеві гриби не розвивалися. Під дією застосовуваних препаратів відбувається значне уповільнення основних біологічних процесів всередині випробуваних зразків. В процесі зберігання соломи підвищеної вологості з використанням консервуючих речовин також спостерігається поступова зміна кольору, підвищення показників відкремлюваності та вмісту волокна, зниження лінійної щільності та розривного навантаження одиничного волокна. Але ці зміни на даному етапі зберігання є позитивними, тому, що вказують на процес мацерації стебел, який сприяє повільному мікробіологічному перетворенню соломи в тресту [5, 6].

За результатами органолептичної та інструментальної оцінки трести, одержаної після 3-х місяців зберігання соломи підвищеної вологості встановлено, що на 1-у та 2-у місці за своїми консервуючими характеристиками є біологічно активні препарати «Фітоспорін-М» і «Триходермін», на 3-у місці – композиційний препарат на основі фосфату карбаміду і нонілфенолу АФ 9-10, а на 4-у – карбамід.

На другому етапі для оптимізації процесу зберігання стебел соломи льону олійного було проведено регресійний аналіз впливу умов зберігання на фізико-механічні показники одержаного лляного волокна. Математична модель процесу зберігання соломи льону олійного підвищеної вологості розроблялася для біологічно активного препарату «Фітоспорін-М», оскільки саме з цим консервантом були отримані найкращі результати.

За вихідні критерії для лляної соломи, що зберігалася з підвищеною вологістю було обрано: Y_1 – відкремлюваність, од. та Y_2 – розривне навантаження одиничного волокна, сН; За фактори варіювання було обрано: T – тривалість зберігання; C – концентрація препарату. Рівні варіювання факторів процесу зберігання лляної сировини, подано у табл. 2.

На підставі комп'ютерного моделювання в середовищі Mathcad 13.0 було визначено коефіцієнти регресійної моделі другого порядку (1, 2). За допомогою критерію Ст'юдента було оцінено їхню значимість і перевірено адекватність моделі досліджуваного об'єкту (за критерієм Фішера). Отримані моделі адекватні експериментальним даним з довірчою ймовірністю 0,95.

Таблиця 2

Фактор та одиниці виміру		Тривалість зберігання		Концентрація препарату	
		натуральні значення, міс.	кодовані значення	натуральні значення, %	кодовані значення
Позначення факторів		<i>T</i>	<i>t</i>	<i>C</i>	<i>c</i>
Рівні варіювання	1	0	0	0	0
	2	1	0,333	0,5	0,4
	3	2	0,667	0,75	0,6
	4	3	1	1,0	0,8
	5	-	-	1,25	1
Інтервал варіювання ΔX_i		3	1	1,25	1

Рівняння регресії для вихідних параметрів лляної трести, отриманої в процесі зберігання соломи льону олійного підвищеної вологості при обробці біопрепаратом «Фітоспорін-М» мають вигляд:
 – для відокремлюваності, од. (1)

$$Y_1(w, t, c) = 1,434 + 0,591w + 5,383t - 0,488c - 0,396w^2 + 1,43wt - 1,647t^2 - 0,1wc + 0,168c^2 - 1,474cw, \quad (1)$$

– для розривного навантаження одиничного волокна, сН (2)

$$Y_4(w, t, c) = 120,752 - 8,344w - 200,579t + 47,532c + 3,296w^2 - 10,814wt + 110,712t^2 + 2,081wc - 35,912c^2 + 39,293cw. \quad (2)$$

Графічне відображення одержаних поверхонь відгуку залежності вихідних параметрів від вхідних факторів представлено на рис. 1.

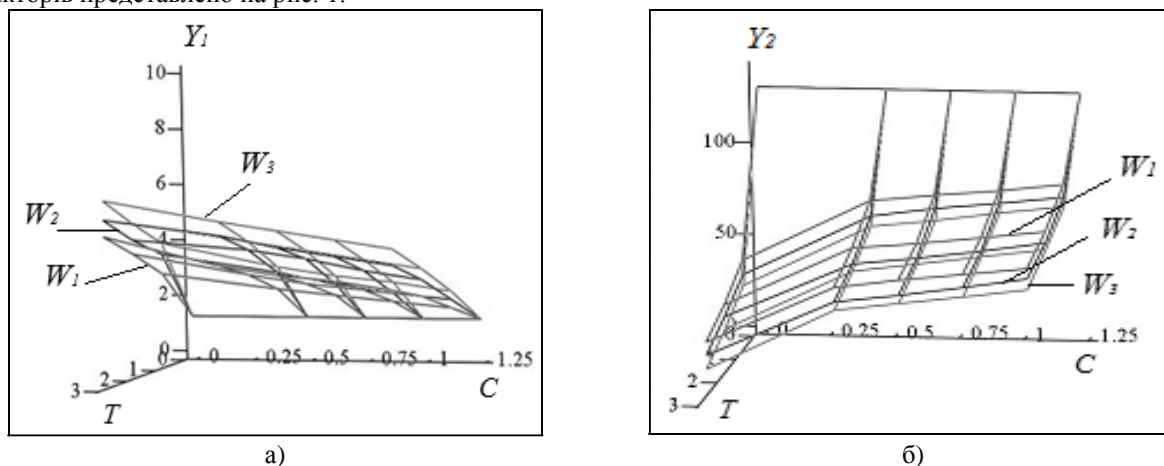


Рис. 1. Результати апроксимації залежності вихідних параметрів від вхідних факторів – Т-тривалості зберігання, міс; С-концентрації препарату, %; під час зберігання соломи льону олійного підвищеної вологості – W_1 -25 %; W_2 -30 %; W_3 -35 %:

а) відокремлюваність, Y_1 , од.; б) розривне навантаження одиничного волокна, Y_2 , сН.

Як показує аналіз отриманих графічних залежностей (рис. 1), зі збільшенням концентрації біопрепарату «Фітоспорін-М» від 0,5 до 1,25 % суттєво підвищується збереження якісних показників лубоподібного волокна, отриманого в процесі зберігання стебел соломи льону олійного підвищеної вологості протягом 3-х місяців. Показник відокремлюваності при обробці стебел соломи біопрепаратом з концентрацією 1,25 % наприкінці зберігання становив 5,0 од., при обробці соломи біопрепаратом з концентрацією 0,5 % цей показник дорівнював 5,9 од., а у контрольному варіанті – 6,6 од. Показник розривного навантаження одиничного волокна при обробці стебел льону зазначеним препаратом з концентрацією 1,25 % через 3 місяці становив 63,0 сН, при обробці з концентрацією 0,5 % дорівнював лише 49,7 сН. У контролі цей показник становив 16,2 сН.

Графічне відображення оптимальної області значень вищезазначених вихідних параметрів наведено на рис. 2. Лляна треста вважається вилежаною, якщо відокремлюваність становить від 4,1 до 7 од. при цьому розривне навантаження для лубоподібного одиничного волокна повинно бути не нижче ніж 40 сН. Можна

вважати, що при отриманні водночас таких значень в процесі зберігання льоносировини є досягненням необхідного результату експерименту.

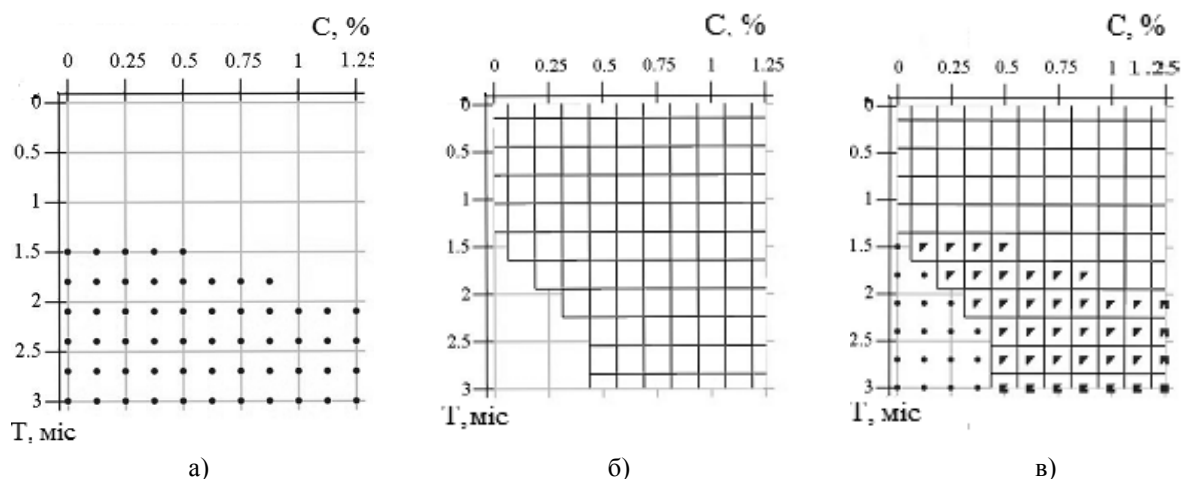


Рис. 2. Вплив вхідних факторів – Т-тривалості зберігання, міс; С-концентрації препарату, %; на визначення оптимальних вихідних параметрів для соломи, що зберігалася з вологістю 35 %:
а) відокремлюваність, Y_1 , од.; б) розривне навантаження одиничного волокна, Y_2 , сН; в) перетин областей Y_1 і Y_2 .

Аналіз моделей рівнянь регресії (1, 2) та графічних образів (рис. 1, 2) свідчить, що при всіх концентраціях біологічно активного препарату «Фітоспорін-М» через 3 місяці зберігання соломи льону олійного підвищеної вологості, одержано лляну тресту цілком придатну для подальшої механічної переробки.

Таким чином, за результатами проведеного моделювання процесу зберігання стебел соломи льону олійного встановлено, що при обробці стебел льону олійного консервантом «Фітоспорін-М», льоносировина підвищеної вологості 25-35 % може зберігатися протягом 3-х місяців і більше без зниження технологічної якості сировини.

Висновки

В результаті проведених комплексних досліджень з використанням математичного моделювання оптимізовано процес зберігання соломи льону олійного підвищеної вологості.

Аналіз отриманих математичних моделей свідчить, що обраний біологічно активний препарат «Фітоспорін-М» має ефективну консервуючу дію. При його застосуванні в діапазоні концентрацій від 0,5 до 1,25 % під час зберігання соломи відзначається високий ступінь збереження фізико-механічних показників, особливо розривного навантаження, що є одним із основних показників якості льоносировини. За умови впровадження розробленої технології зберігання соломи льону олійного з підвищеною вологістю до 35 %, льоносировина може зберігатися в умовах південного регіону України понад 3 місяці без псування.

Список використаної літератури

1. Дідух В.Ф. Збирання та первинна переробка льону-довгунця: монографія / В.Ф. Дідух, І.М. Дударев, Р.В. Лірчук. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2008. – 215 с.
2. Бобырь С.В. Сохранность качественных показателей соломы льна масличного в условиях юга Украины / С.В. Бобырь, Т.О. Кузьмина, М.И. Расторгуева // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2014. – № 26. – С.29-37.
3. Березовський Ю.В. Оптимізація процесу зберігання лляної трести підвищеної вологості: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.03 / Березовський Юрій Всеволодович. – Херсон, 2002. – 156 с.
4. Треста лляна. Технічні умови: ДСТУ 4149:2003. – [Чинний від 2004-01-01]. – К.: Держстандарт України, 2004. – 17 с. (Національний стандарт України).
5. Бобырь С.В. Сохранность соломы льна масличного повышенной влажности / С.В. Бобырь, Т.О. Кузьмина // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс – 2013): сборник матер. междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1. – Иваново: Текстильный институт ИВГПУ, 2013. – С. 65–69.
6. Бобырь, С.В. Зберігання льоносоломи підвищеної вологості / С.В. Бобырь // Наукові розробки молоді на сучасному етапі: Всеукраїнська наукова конференція молодих учених та студентів. Тези доповідей Т.1. Нові наукомісткі технології виробництва матеріалів, виробів широкого вжитку та спеціального призначення. – К.: КНУТД, 2013. – С. 284-285.
7. Волокно лляне коротке. Технічні умови: ДСТУ 5015:2008. – [Чинний від 2008-12-06]. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 10 с. (Національний стандарт України).