

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ВНУТРІШНЬОГО ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОСА ПРИ ПЕРЕРОБЦІ СИРОВИНИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

О. В. Шеліманова, кандидат технічних наук, доцент

В. Р. Ткаченко, студент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: shelemanova@ukr.net

Анотація. *Основою створення енергоефективних екологічно чистих технологій є інтенсифікація процесів перенесення теплоти і маси, оскільки процеси сушіння матеріалів найбільш енергоємні і у багатьох випадках обмежують продуктивність всієї технологічної лінії. Причому, як правило, інтенсифікувати процес сушіння в цілому не вдається без прискорення внутрішнього масопереносу.*

Мета дослідження – визначення впливу температурного режиму та властивостей розчину на інтенсифікацію капілярного просочування при промислому приготування лляної трести.

Сировиною для приготування лляної трести, з якої і отримують лляне волокно, є лляна солома. Стебло льону зовні покрите кутикулою – тонкою воскоподібною плівкою. Волокнисті пучки в стеблі льону чітко розділені. Тонкі первинні стінки сусідніх елементарних волокон з'єднані між собою міжклітинною речовиною, яка складається переважно з пектину, частина якого розчиняється у воді. В центрі стебла знаходиться порожнина, оточена серцевинною, яка переходить у деревину.

При промислому отриманні лляної трести стебла льону з метою виділення з них волокна піддають біологічному змочуванню. Рівномірне та інтенсивне зволоження соломи створює необхідні умови для життєдіяльності мікроорганізмів, які розкладають пектин та знищують тканини стебла.

Експериментальні дослідження впливу температури на швидкість зволоження одиначної соломинки засвідчили, що інтенсивність зволоження лляної соломи з підвищенням температури зростає особливо різко при температурах понад 60 °С.

Досліджувався також процес капілярного просочення лляної соломи, яка пройшла гідротермічну обробку. Показано, що застосування розчину ОП-10 для попередньої гідротермічної обробки ще більше підвищує темп просочення зразка. При цьому найбільший вплив гідротермічної обробки спостерігається за концентрації розчину 0,03 г/л.

Ключові слова: *лляна треста, внутрішній масоперенос, капілярне просочування, гідротермічна обробка*

Актуальність. Питання енерго - і ресурсозбереження набули особливої гостроти в Україні в зв'язку з виснаженням власних запасів органічного палива та залежністю від імпорту енергоносіїв, зокрема природного газу, а також сировини для окремих галузей промисловості з країн ближнього і далекого зарубіжжя.

Основою створення енергоефективних екологічно чистих технологій є інтенсифікація процесів перенесення теплоти і маси, оскільки процеси сушіння матеріалів найбільш енергоємні і у багатьох випадках обмежують продуктивність всієї технологічної лінії. Причому, як правило, інтенсифікувати процес сушіння в цілому не вдається без прискорення внутрішнього масопереносу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Враховуючи різноманітність технологічних процесів переробки сировини рослинного походження, а також вимог до якості їх кінцевого продукту або виробу, неможливо запропонувати універсальні способи управління інтенсивністю внутрішнього масопереносу в таких процесах. Проте на основі аналізу даних численних експериментів можна стверджувати, що перенос маси як у вигляді пари, так і у вигляді рідини в твердих дисперсних матеріалах завжди прискорюється при підвищенні їх температури [1,2,3]. Однак, у кожному окремому випадку необхідно проводити спеціальні дослідження впливу температурного фактору, приділяючи особливу увагу заходам, що запобігають перегріванню матеріалу та псуванню його властивостей.

Мета дослідження – визначення впливу температурного режиму та властивостей розчину на інтенсифікацію капілярного просочування при промисловому приготування лляної трести.

Матеріали та методи дослідження. Льон є однорічною трав'яною рослиною з невисоким тонким стеблом. Стебло льону (рис.1) зовні покрите кутикулою – тонкою воскоподібною плівки товщиною близько 1 мкм. Воскоподібні речовини лляного стебла мають температуру плавлення 61,5-67 °С.

Під кутикулою знаходиться одношаровий епідерміс, який захищає рослину від механічних пошкоджень. Далі розміщена кора паренхіма 3, яка складається з клітин з тонкою целюлозною оболонкою, яка оточує волокнисті пучки 4.

До складу одного пучка можуть входити від 10 до 40 елементарних волокон. Середнє число елементарних волокон на поперечному перерізі стебла може складати від 327 до 458.

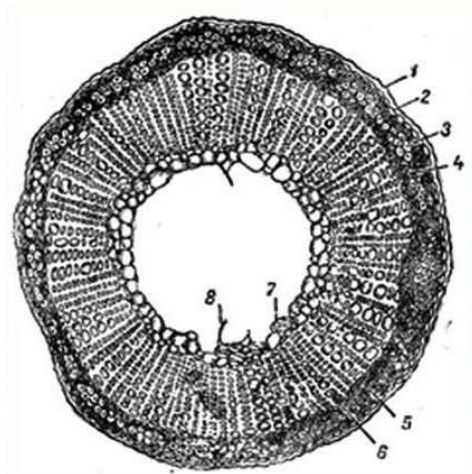


Рис.1. Поперечний переріз стебла льону:

1 і 2 – епідерміс з кутикулою; 3 – паренхіма; 4 – пучки луб'яних волокон;
5 – камбій; 6 – деревина; 7 – серцевина; 8 – порожнина

Поперечні розміри волокон зменшуються в напрямку від основи до вершини стебла. Діаметр елементарних волокон в середній частині стебла коливається від 16 до 32 мкм. Довжина елементарних волокон частіше всього складає 20-30 мм. Волокнисті пучки в стеблі льону чітко розділені. Тонкі первинні стінки сусідніх елементарних волокон з'єднані між собою міжклітинною речовиною, яка складається переважно з пектину, частина якого розчиняється у воді. Целюлоза у первинній стінці представлена фібрилами, розміщеними неорієнтовано. Первинні стінки двох сусідніх клітин, з'єднані міжклітинною речовиною, утворюють серединну пластину.

У центрі стебла знаходиться порожнина 8, оточена серцевинною 7, яка переходить у деревину 6. Деревинні волокна за товщиною відповідають волокнам лубу, але значно коротші і не перевищують 1 мм.

Існує два способи приготування лляної трести: шляхом розстилу лляної соломи на лугах, де вона знаходиться тривалий час, перетворюючись під дією природних факторів в лляну тресту, і промислове приготування лляної трести шляхом теплової біологічної мочки лляної соломи на лляних заводах.

При промисловому отриманні лляної трести стебла льону з метою виділення з них волокна піддають біологічній мочці. Відділення волокнистих пучків від неволокнистих тканин і розділення цих пучків на технічні волокна відбувається в результаті життєдіяльності бактерій, що розкладають пектин та знищують покривні та паренхімні тканини стебла. Для якісного проведення технологічного процесу приготування лляної трести необхідно створити сприятливі для життєдіяльності бактерій умови, зокрема високу вологість та температуру 36-38⁰С.

Процес мочки у воді можна умовно розділити на три фази: фізичну, попередню та основну біологічну.

Фізична фаза розпочинається разом із заливкою стебел водою. Стебла звожуються за рахунок капілярних сил, повітря, яке знаходиться всередині стебел, поступово витісняється водою. У воді відбувається розчинення органічних та мінеральних речовин, які містяться в різних тканинах стебла, і перехід цих речовин у рідину поза стеблом (екстракція).

У другій фазі мочки створюються сприятливі умови для розвитку анаеробних пектинорозкладаючих мікроорганізмів. Виявляється підготовленим також і живильне середовище для них. Стебла ж, зазвичай, залишаються без змін.

У третій фазі бактерії поступово знищують спочатку покривні тканини, а потім камбіальний шар та паренхіму. У результаті зв'язок між волокнистими пучками і цими тканинами порушується, залишки знищених тканин порівняно легко відмиваються, а волокно вільно відділяється від деревини.

При тепловій мочці льону тривалість першої фази складає 6-8, а другої – 6-12 годин. Увесь цикл мочки у воді триває 74 години при температурі 36 - 38⁰С. Попередня екстракція з матеріалу водорозчинних речовин водою з температурою 38-39⁰С протягом 2-3 годин дозволяє скоротити процес обробки соломи до 24 годин. Але варто відмітити негативний вплив екстракції водорозчинних речовин в мочильну рідину в зв'язку зі зміною показника активної кислотності в небажаному для біологічного процесу напрямку.

Результати досліджень та їх обговорення. Аналіз процесів при промисловому приготування лляної трести показав, що рівномірне та інтенсивне

зволоження соломи створює необхідні умови для життєдіяльності мікроорганізмів. При цьому відкриваються можливості для рівномірного протікання біологічної фази і запобігання знищення довгого волокна за рахунок припинення життєдіяльності мікроорганізмів термічним способом.

Капілярне просочення матеріалів можна інтенсифікувати за рахунок підвищення температури рідини і застосування поверхнево-активних речовин.

На рис. 2 наведені результати експериментальних досліджень впливу температури на швидкість зволоження одиничної соломинки.

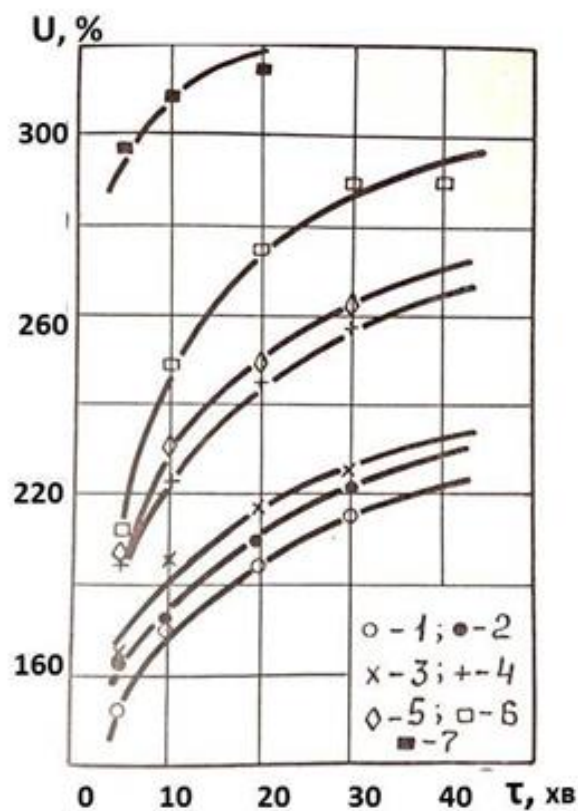


Рис. 2. Кінетика зволоження одиничної соломини льону при температурах рідини:

1 – 25 °C; 2 – 36 °C; 3 – 50 °C; 4 – 60 °C;
5 – 70 °C; 6 – 80 °C; 7 – 90 °C

Зразки відбиралися за діаметром та вагою із середньої частини стебла. Експерименти повторювалися не менше 4-х разів і бралось середнє значення для кожної точки.

Як видно з рисунку, інтенсивність зволоження лляної соломи з підвищенням температури зростає особливо різко при температурах понад 60°C , що судячи з усього, пов'язано з руйнуванням жиро-воскоподібного шару на поверхні лляної соломи, зміною змочування матеріалу і за рахунок участі в процесі зовнішньої поверхні, яка не бере участі при температурі нижче 60°C в початковий період набухання соломи. Тому підвищення температури до 60°C на стадії екстракції, запропоноване у роботі, не дозволило відчутно скоротити процес мочки в цілому.

Досліджувався також процес капілярного просочення лляної соломи, яка пройшла гідротермічну обробку. Зразки соломи масою 60 г вирізалися із одного й того ж снопа та занурювалися в воду або розчини ОП-10 різної концентрації при температурі 80°C на 10 хв та потім сушилися на повітрі. Після сушіння проводилося капілярне просочення водою при температурі $20 - 23^{\circ}\text{C}$.

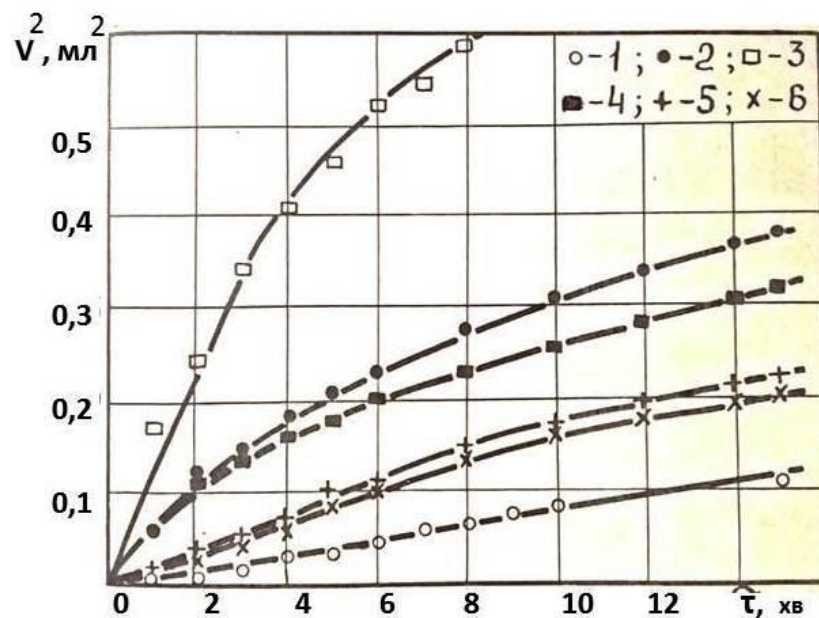


Рис. 3. Капілярне приживлення льносоломи після її гідротермічної обробки при температурі 80°C :

1 – водою; розчином ОП-10 з концентрацією 2 – 0,005 г/л; 3 – 0,03 г/л;
4 – 0,3 г/л; 5 – 0,6 г/л; 6 – 1,80 г/л

Зразок, який не пройшов гідротермічну обробку (крива 1 рис. 3), дуже погано змочується водою і тільки через деякий час починає вбирати в себе незначну кількість рідини під дією капілярних сил. Обробка соломи водою значно

прискорює процес капілярного просочення (крива 2). Застосування розчину ОП-10 для попередньої гідротермічної обробки ще більше підвищує темп просочення зразка.

При цьому існує певна концентрація ОП-10 (0,03 г/л), за якої гідротермічна обробка надає найбільший вплив (рис. 4).

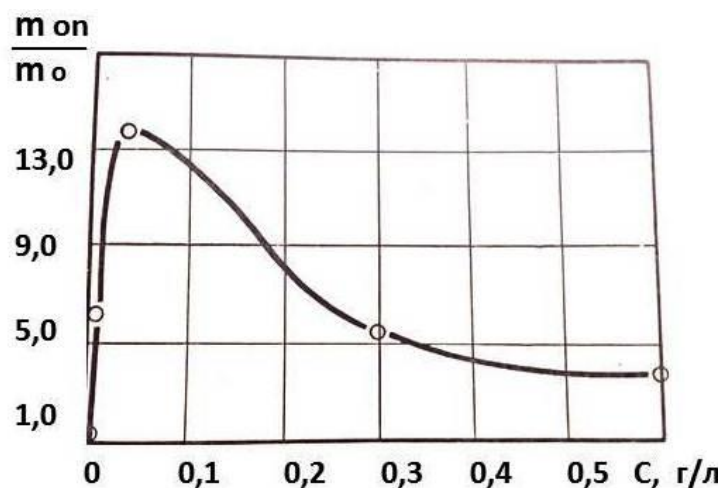


Рис. 4. Залежність відносного темпу проживлення льносоломи від концентрації розчину ОП-10

Описаний характер впливу гідротермічної обробки на процес капілярного зволоження пов'язаний, імовірно, з дією на воскову плівку на поверхні стебла та видаленням частини водорозчинних речовин із матеріалу. На користь цього механізму свідчить дослід зі встановлення попереднього прогріву зразка при температурі 75 °С протягом однієї години в сушильній шафі, що призвело до різкого сповільнення просочення за рахунок оплавлення воскового шару, який при цьому лишився на поверхні матеріалу.

Висновки і перспективи.

1. Аналіз літературних джерел показує перспективність застосування підвищених температур для інтенсифікації процесів перенесення маси як у вигляді пари, так і у вигляді рідини у твердих дисперсних матеріалах.

2. Екстрагування стебел льону водою перед стадією мочки сприяє скороченню часу до настання основної фази бродіння пектинових речовин

3. Інтенсивність зволоження лляної соломи з підвищенням температури зростає особливо різко при температурах понад 60 °С. Проведені дослідження

показали, що сировина з додаванням тирси в кількості 10 – 12 % (мас.) придатна до газифікації з усталеним режимом роботи міні електростанції.

4. Ефект впливу гідротермічної обробки на наступне просочення зростає з підвищенням температури.

Список літератури

1. Боровский В.Р., Шелиманов В.А.. Теплообмен цилиндрических тел малых радиусов и их систем. К: Наук. думка, 1985. 08 с.

2. Шеліманов В. О., Шеліманова О. В. Особливості сушіння матеріалів у продувному шарі. К: ЦП «Компрінт», 2017. 118 с.

3. Шеліманова О. В. Розрахунок процесу сушіння подрібненого матеріалу при змінній температурі теплоносія. Науковий вісник НУБіП України. 2012. №174, ч.1. с. 67-70.

4. Марков В.В., Суслов Н.Н., Трифонов В.Г. Первичная обработка лубяных волокон. М: Лёгкая индустрия, 1974. 412 с.

References

1. Borovskiy, V. R., Shelymanov, V. A. (1985). Teploobmen tsylyndrycheskykh tel malykh radyusov i ykh system [Heat transfer of cylindrical bodies of small radii and their systems]. Kyiv: Nauk. dumka, 208.

2. Shelimanov, V. O., Shelimanova, O. V. (2017). Osoblyvosti sushinnia materialiv u produvnomu shari [Features of drying materials in the purge layer]. Kyiv: TsP «Komprint», 118.

3. Shelimanova, O. V. (2012). Rozrakhunok protsesu sushinnia podribnenoho materialu pry zminnii temperaturi teplonosiiia [Calculation of the drying process of crushed material at a variable temperature of the coolant]. Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy, 174 (1), 67-70.

4. Markov, V. V., Suslov, N. N., Tryfonov, V. H. (1974). Pervychnaia obrabotka lubianykh volokoniu [Primary treatment of bast fibers]. Moscow: Lehkaya industryia, 412.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ВНУТРЕННЕГО ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ СЫРЬЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Е. В. Шелиманова, В. Р Ткаченко

Аннотация. Основой создания энергоэффективных экологически чистых технологий является интенсификация процессов переноса теплоты и массы, поскольку процессы сушки материалов наиболее энергоемкие и во многих случаях ограничивают производительность всей технологической линии. Причем, как правило, интенсифицировать процесс сушки в целом не удастся без ускорения внутреннего массопереноса.

Цель исследования - определение влияния температурного режима и свойств раствора на интенсификацию капиллярного просачивания при промышленном приготовления льняной тресты.

Сырьем для приготовления льняной тресты, из которой и получают льняное волокно, является льняная солома. Стебель льна снаружи покрыт кутикулой - тонкой восковидной пленкой. Волокнистые пучки в стебле льна четко разделены. Тонкие первичные стенки соседних элементарных волокон соединены между собой межклеточным веществом, которое состоит преимущественно из пектина, часть которого растворяется в воде. В центре стебля находится полость, окруженная сердцевинной, которая переходит в древесину.

При промышленном получении льняной тресты стебли льна с целью выделения из них волокна подвергают биологическому смачиванию. Равномерное и интенсивное увлажнение соломы создает необходимые условия для жизнедеятельности микроорганизмов, которые разлагают пектин и уничтожают ткани стебля.

Экспериментальные исследования влияния температуры на скорость увлажнения единичной соломинки показали, что интенсивность увлажнения льняной соломы с повышением температуры возрастает особенно резко при температурах свыше 60 °С.

Исследовался также процесс капиллярной пропитки льняной соломы, которая прошла гидротермическую обработку. Показано, что применение раствора ОП-10 для предварительной гидротермической обработки еще больше повышает темп пропитки образца. При этом наибольшее влияние гидротермической обработки наблюдается при концентрации раствора 0,03 г/л.

Ключевые слова: льняная треста, внутренний массоперенос, капиллярное просачивание, гидротермическая обработка

INTENSIFICATION OF INTERNAL HEAT AND MASS TRANSFER IN THE PROCESSING OF RAW MATERIALS OF PLANT ORIGIN

O. Shelimanova, V. Tkachenko

Abstract. *The basis for the creation of energy-efficient environmentally-friendly technologies is the intensification of heat and mass transfer processes, since the drying processes of materials are the most energy-intensive and in many cases limit the capacity of the entire production line. And, as a rule, intensification of the drying process as a whole is not possible without the acceleration of internal mass transfer.*

The purpose of this study is to determine the effect of temperature and solution properties on the intensification of capillary impregnation in the industrial preparation of flax trust.

The raw material for the preparation of flax trust, from which flax fiber is obtained, is flax straw. The flax stem is covered with a cuticle - a thin waxy film outside. The fiber bundles in the flax stem are clearly separated. The thin primary walls of adjacent elementary fibers are interconnected by an intercellular substance composed mainly of pectin, part of which is soluble in water. In the center of the stem is a cavity surrounded by a core that passes into the wood.

At industrial reception of flax trusts of a stalk of flax for the purpose of isolation from them fibers are subjected to biological wetting. The uniform and intense moisture of the straw creates the necessary conditions for the life of microorganisms that break down pectin and destroy the tissues of the stem.

Experimental studies of the effect of temperature on the rate of wetting of a single straw have shown that the intensity of wetting flax straw with increasing temperature increases especially sharply at temperatures above 60 °C.

The process of capillary impregnation of flax straw, which underwent hydrothermal treatment, was also investigated. It is shown that the use of OΠ-10 solution for pre-hydrothermal treatment further increases the rate of impregnation of the sample. The greatest influence of hydrothermal treatment is observed at the concentration of the solution 0.03 g/l.

Key words: *linen trust. internal mass transfer, capillary impregnation, hydrothermal treatment*