

Ultrasonic extraction of flax polysaccharides

V. G. Zadorozhny, L. D. Chulak, Yu. L. Chulak, O. L. Chulak, I. I. Yanchak

International Humanitarian University, Odesa

Abstract

To date, flax is one of the most promising crops that are dynamically developing. The demand for flax and products of its processing in Ukraine and other countries is due to increased interest in its use in medicine, cooking and cosmetology [1].

The main nutrients that determine the biological activity of flaxseed are protein substances, vitamins, enzymes, carbohydrates and fatty oils, which include glycerides of linoleic (35-45%), linoleic (25-35%), oleic (15-20%), stearic acid (8-9%).

In our time, from flax seeds on an industrial scale only oil is obtained, using one of the traditional mechanical methods. According to the biological value, oil from flaxseed occupies the first place among other edible vegetable oils and contains a lot of substances useful for the body (polyunsaturated acids, vitamins F, A, E, K, saturated fatty acids (10% composition). Flaxseed oil is excellent a source of valuable polyunsaturated fatty acids ω -3 and ω -6 (the human body can not independently synthesize these valuable acids).

The aim of the work is to study the methods of obtaining and application of flax polysaccharides, as well as the development of energy-efficient technology for their obtaining.

The conducted researches have shown, that at application of ultrasonic processing in the process of extraction of flax polysaccharides the extraction time is significantly reduced. The maximum yield of polysaccharides takes place with ultrasound processing of extraction

capacity of 70 W / m² for 20 minutes. The flax polysaccharides obtained in this way can be successfully used as antioxidant, bactericidal, fungicidal and antiviral drugs.

Key words: polysaccharides of flaxseed, ultrasonic extraction

УЗ-екстракція полісахаридів насіння льону

В. Г. Задорожний, Л. Д. Чулак, Ю. Л. Чулак, О. Л. Чулак, І. І. Янчак

Міжнародний гуманітарний університет

Реферат

На сьогоднішній день льон - одна з найбільш перспективних культур, що динамічно розвиваються. Попит на льон і продукти його переробки в Україні та інших країнах пояснюється підвищеним інтересом до його використання в медицині, кулінарії і косметології [1].

Основними нутриєнтами, що визначають біологічну активність льняного насіння, є білкові речовини, вітаміни, ферменти, вуглеводи і жирна олія, до складу якої входять гліцериди ліноленової (35-45%), лінолевої (25-35%), олеїнової (15-20%) , стеаринової (8-9%) кислот.

В наш час з насіння льону в промисловому масштабі отримують тільки олію , використовуючи один з традиційних механічних способів. За біологічною цінністю олія з насіння льону займає перше місце серед інших харчових рослинних олій і містить масу корисних для організму речовин (поліненасичені кислоти, вітаміни F, A, E, K, насичені жирні кислоти (10% складу). Олія з насіння льону є відмінним джерелом цінних поліненасичених жирних кислот ω -3 і ω -6 (організм людини не може самостійно синтезувати ці цінні кислоти).

Метою роботи є вивчення способів отримання та області застосування полісахаридів льону, а також розробка енергоефективної технології їх отримання.

Проведені дослідження показали, що при застосування УЗ обробки в процесі екстрагування полісахаридів льону істотно знижується час екстракції. Максимальний вихід полісахаридів має місце при УЗ обробки екстракції потужністю 70Вт/м² протягом 20 хвили. Отримані таким способом полісахариди льону можна успішно застосовувати в якості антиоксидантних , бактерицидних, фунгіцидних і антивірусних препаратів.

Ключові слова: полісахариди насіння льону, УЗ-екстракція

На сьогоднішній день льон - одна з найбільш перспективних культур, що динамічно розвиваються. Попит на льон і продукти його переробки в Україні та інших країнах пояснюється підвищеним інтересом до його використання в медицині, кулінарії і косметології [1].

Основними нутрієнтами, що визначають біологічну активність льняного насіння, є білкові речовини, вітаміни, ферменти, вуглеводи і жирна олія, до складу якої входять гліцериди ліноленової (35-45%), лінолевої (25-35%), олеїнової (15-20%) , стеаринової (8-9%) кислот.

В наш час з насіння льону в промисловому масштабі отримують тільки олію , використовуючи один з традиційних механічних способів. За біологічною цінністю олія з насіння льону займає перше місце серед інших харчових рослинних олій і містить масу корисних для організму речовин (поліненасичені кислоти, вітаміни F, A, E, K, насичені жирні кислоти (10% складу). Олія з насіння льону є відмінним джерелом цінних поліненасичених жирних кислот ω -3 і ω -6 (організм людини не може самостійно синтезувати ці цінні кислоти).

Всі інші біологічно активні інгредієнти насіння, такі як слиз, не так широко застосовуються через відсутність раціональних і ефективних технологій їх отримання.

Необхідно відзначити, що слиз насіння льону багатий макро- і мікроелементами, такими як калій, кальцій, магній, залізо, марганець, мідь, цинк, хром, алюміній, селен, нікель, йод, свинець, бор.

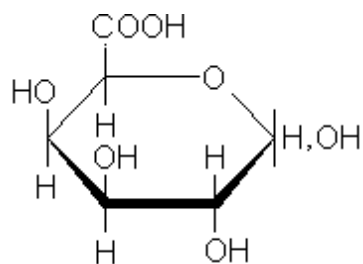
Метою роботи є вивчення способів отримання та області застосування полісахаридів льону, а також розробка енергоефективної технології їх отримання.

Для цього необхідно було розв'язати наступні задачі:

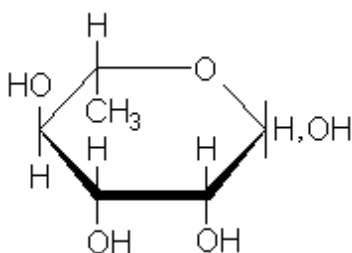
1. Вивчити склад і методи отримання полісахаридів льону;
2. Визначити області їх застосування у фармакології і медицині;
3. Досліди можливість застосування УЗ- випромінювання при екстракції льняного насіння для отримання їх полісахаридів.

Вуглеводи льону утворюють стійкі колоїди - слизи. Слизи утворюються в рослинах в процесі природного розвитку і виконують роль резерву вуглеводів, води, а також захисного біоколоїда. У насінні вони, мабуть, грають роль резервуарів для утримування води, щоб захистити насіння від зневоднення. У хімічному відношенні в слизу переважають пентозани (до 90%). З фізичних властивостей для слизу характерна його повна розчинність в воді. Слизові речовини льняного насіння є складні хімічні сполуки моносахаридів, показано, що вони містять ланцюги з залишків D-

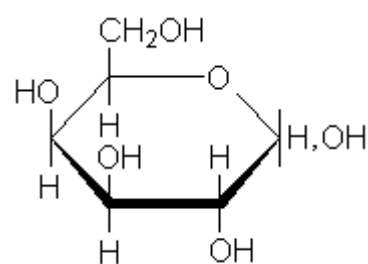
галактуранової кислоти і L-рамнози, що чергуються, до яких приєднані бічні ланцюги, що складаються із залишків 3-O-метил-D-галактози, D-галактози, L-рамнози і D-ксилози, а також 4-O-метил-D- глюкуронової кислоти:



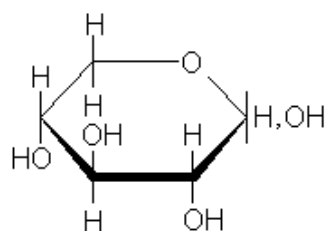
D-галактуранова кислота



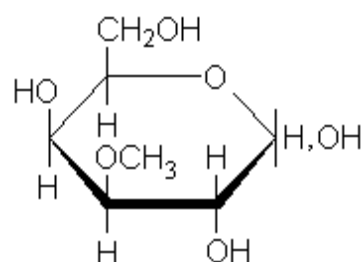
L-рамноза



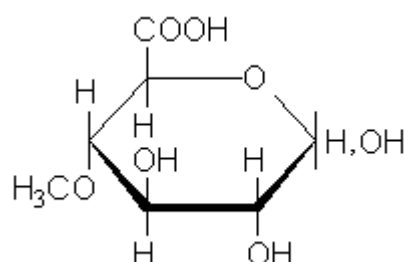
D-галактоза



D-ксилоза



3-O-метил-
D-галактоза



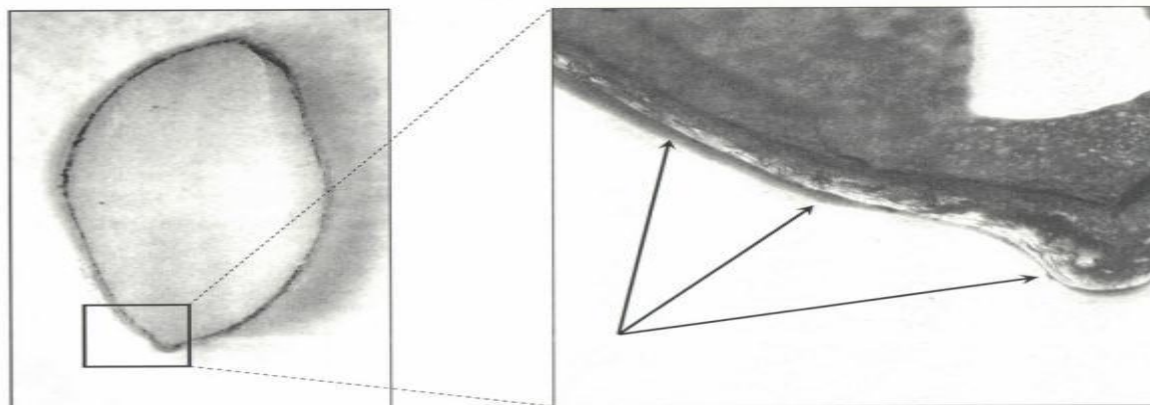
4-O-метил-D-глюкуронова
кислота

Рис.1. Склад слизу льону[2].

Полісахариди льяного насіння являють практичний інтерес, так як можуть виступати в якості водоутримаючих агентів, текстураторів і сполучних у виробництві хлібобулочних виробів, надаючи при цьому протекторну дію травній системі.

Терапевтична активність насіння льону обумовлюється наявністю слизу і глікозиду лінамаріна. Лінамарін біологічно дуже активний і впливає на різні системи і органи: регулює секреторну і моторну функції кишечника.

Анатомоморфологічні дослідження поперечних зрізів насіння льону показали, що блискуча, в сухому стані, поверхня оболонки визначається склоподібним шаром зневоднених слизеутворюючих полісахаридів[3]. (рис. 2).

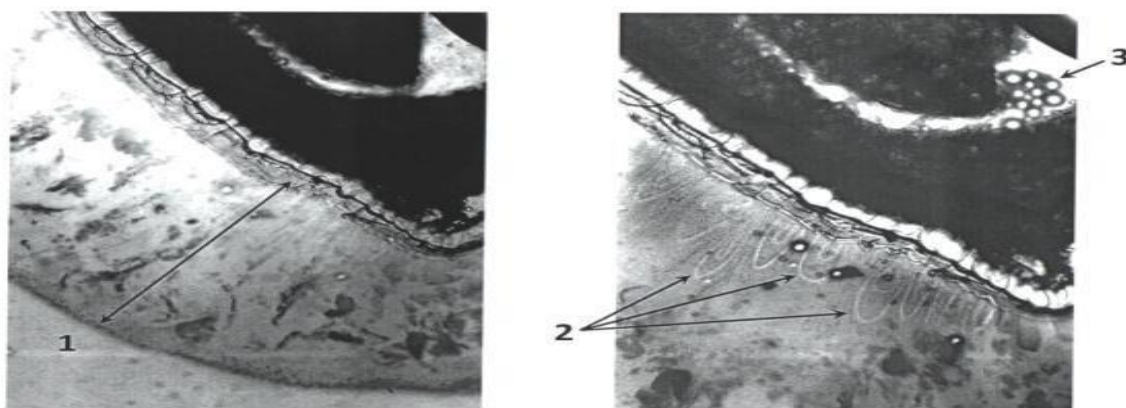


а

б

Рис. 2. Локалізація слізеутворюючих полісахаридів в насінні льону.
а - поперечний зріз сухого насіння льону, $\times 10$;
б - збільшений фрагмент поперечного зрізу насіння льону, $\times 200$. Стрілками показаний склоподібний шар зневоднених слізеутворюючих полісахаридів.

Однак достатньо відбутися контакту насіння льону з водою протягом декількох секунд, самі низькомолекулярні фракції полісахаридів на поверхні оболонки гідратуються з утворенням більш вузьких, в порівнянні з водою, розчинів. Через кілька хвилин в гідратований стан починають переходити більш високомолекулярні полісахариди (рис. 3).



а

б

Рис. 3. Особливості початкової динаміки гідратації слізеутворюючих полісахаридів в насінні льону, $\times 200$; а - стан насіння льону через 5 сек після приливу води; б - стан поверхні насіння льону через 5 хв. після приливу води.

Стрілкою 1 показаний об'єм, зайнятий низькомолекулярним слизом, що утворився над поверхнею оболонки; стрілками 2 показані світлі петлеподібні тяжі більш високомолекулярного слизу в розчині низькомолекулярного слизу; стрілкою 3 показано сфероїдне утворення самого високомолекулярного слизу.

На рис. 3б ця фракція слизу представлена у вигляді напівпрозорих (на мікроснімках - світлих) петлеподібних тяжів, які поступово збільшуються в розмірах і займають всю первинну зону ослизнення, раніше сформовану навколо оболонки насіння льону фракцією швидко гідратуючих полісахаридів. Полісахаридна природа слизу, що утворився, підтверджується якісною реакцією на прилив слабого водного розчину метиленової сині, що дає в присутності полісахаридів сіньофіолетове забарвлення (на рис. 3 – темносірі пухкі утворення в зоні ослизнення).

Останніми гідратуються найбільш високомолекулярні полісахариди, що локалізуються у внутрішніх шарах оболонки насіння і в ендоспермі. На початковому етапі ці слизи візуально ідентифікуються як маленькі сфероїдні напівпрозорі структури (рис. 3б). При стисненні заводненої оболонки насіння, наприклад, між предметними і покривними склами, такі високомолекулярні слизи на початковому етапі гідратації набувають вигляду прозорих кільцеподібних утворень на фоні темних клітинних стінок (рис. 4).

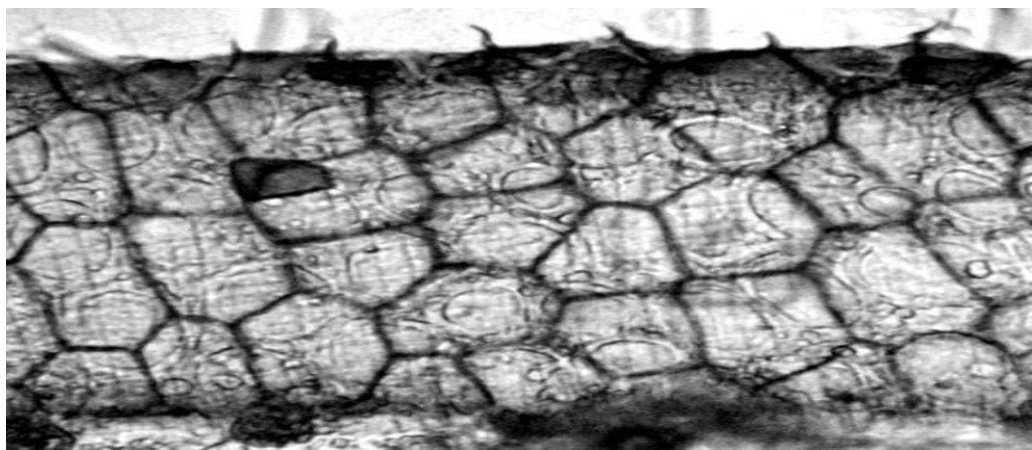


Рис. 4 - Внутрішня поверхня оболонки насіння льону з напівпрозорими кільцеподібними структурами високомолекулярного слизу на фоні темних клітинних стінок, 20 хв. після приливу води, зб. X 400.

В цілому, навіть прості візуальні спостереження за динамікою слизеутворення при оводненні насіння льону вже дозволяють виділити кілька фракцій слизеутворюючих компонентів полісахаридної природи з неоднаковими фізико-хімічними властивостями, зокрема, з різною швидкістю гідратації. При цьому цілком очевидно, що найбільші технологічні проблеми при різних виробничих операціях з насінням льону створює самий низькомолекулярний слизеутворюючий компонент, швидко гідратуючий навіть при незначному підвищенні вологості насіння.

Той факт, що всі слизеутворюючі компоненти при зволоженні насіння льону послідовно гідратуються і переходять в розчин, указує на поступове підвищення його концентрації.

Ще однією відмінною особливістю насіння льону є зміст в них водорозчинних полісахаридів - пентозанів, які при замочуванні здатні утворювати слиз на поверхні насіння, її зміст становить, приблизно, 2-7% від загальної маси. Слизи насіння льону олійного є гетерогенною системою полісахаридів, до складу моноз яких входять Рамноза - 7,9%, фруктоза - 3,0%, арабиноза - 8,9%, ксилоза - 33,0%, галактоза - 14,1%, глюкоза - 3,7%, галактуроновая кислота - 28,6% [4].

Слизи утворюються в рослинах в ході розвитку і виконують функцію резерву вуглеводів. А в насінні льону використовуються в якості накопичувача води, щоб захистити насіння від зневоднення. Полісахаридні слизові клітини концентруються в основному в епідермісі (зовнішньому шарі) зовнішньої оболонки.

Як було показано вище, слизи - це вуглеводи, добре диспергуються в воді, що складаються переважно з галактуронової кислоти і нередуцируючих (нездатних до окислення) цукрів. Виділяють полісахаридні слизи шляхом водної екстракції і шляхом обробки льняного насіння слабким сольовим розчином. В результаті отримують продукти, що містять до 80% вуглеводів.

Таким чином, полісахариди насіння льону, як і ліпіди, і білки, що входять до його складу, мають практичну значимість і можуть застосовуватися в фармації як:

- структуроутворювачі;
- водоутримуючі агенти;
- стабілізатори;
- сполучні речовини.

Полісахариди слизу зменшують ризик розвитку діабету і коронарної-судинних захворювань (коронарні артерії - артерії, що утворюють навколо серця своєрідну корону. Харчові волокна насіння є невід'ємним чинником у зниженні ваги і боротьби з ожирінням

Сформована на сьогоднішній день досить складна екологічна обстановка диктує нові підходи до переробки природної сировини: необхідні шляхи його якнайповнішого використання. Зокрема, виникає питання найбільш раціонального вибору технологічних апаратів для здійснення процесу екстрагування. Одним із нових і перспективних методів є використання ультразвукового впливу в процесі екстракції різноманітних біологічно активних речовин з природних матеріалів[5]. Для досягнення

максимального виходу цінних компонентів в рідку фазу при збереженні ними своєї нативної структури необхідний індивідуальний підхід до вибору оптимальних режимів ультразвукової обробки для кожного виду сировини.

Застосування ультразвукових коливань в хімічній технології є досить перспективним: в багатьох випадках воно забезпечує виключно високу інтенсивність технологічного процесу, не досягну за допомогою таких широко поширених методів як механічне перемішування, застосування високих температур і тисків і т.п. Тому проблема застосування ультразвуку в процесах хімічної технології заслуговує на серйозну увагу.

Для виділення полісахаридів льону і контролю процесу ультразвукової екстракції ми використовували наступні прилади, лабораторний посуд і матеріали:

- ультразвуковий диспергатор;
- шафа сушильна;
- ваги аналітичні;
- скляні стакани об'ємом 100 мл;
- скляні воронки;
- віскозиметр;
- фільтри для фільтрування;
- вода дистильована;
- ультрацентрифуга;
- насіння льону.

Отримання екстрактів проводили при кімнатній температурі, за допомогою ультразвукової лабораторної установки, блок-схема якої представлена на рис.5.

Застосування в якості екстрагента води пов'язане з її харчовою і фармацевтичною застосовністю.

Ультразвуковий генератор генерував поздовжні механічні коливання з частотою 30-40 кГц. Завдяки змінним насадкам можливе отримання наступного діапазону потужностей: від 5 Вт/см до 100 Вт/см. Дані частоти (30-40 кГц) не є небезпечними для здоров'я людини, але не рекомендується робота приладу «вхолосту».

До екстракції сировина не піддавалася ніякій попередній обробці. Ультразвуковий вплив на тверду рослинну сировину (насіння льону) проводилося з інтенсивністю 20-70 Вт/м, протягом 5-20 хвилин.

Подальше збільшення часу ультразвукової обробки не призводить до збільшення вмісту біологічно активних речовин в розчині, а викликає їх руйнування і інактивацію.

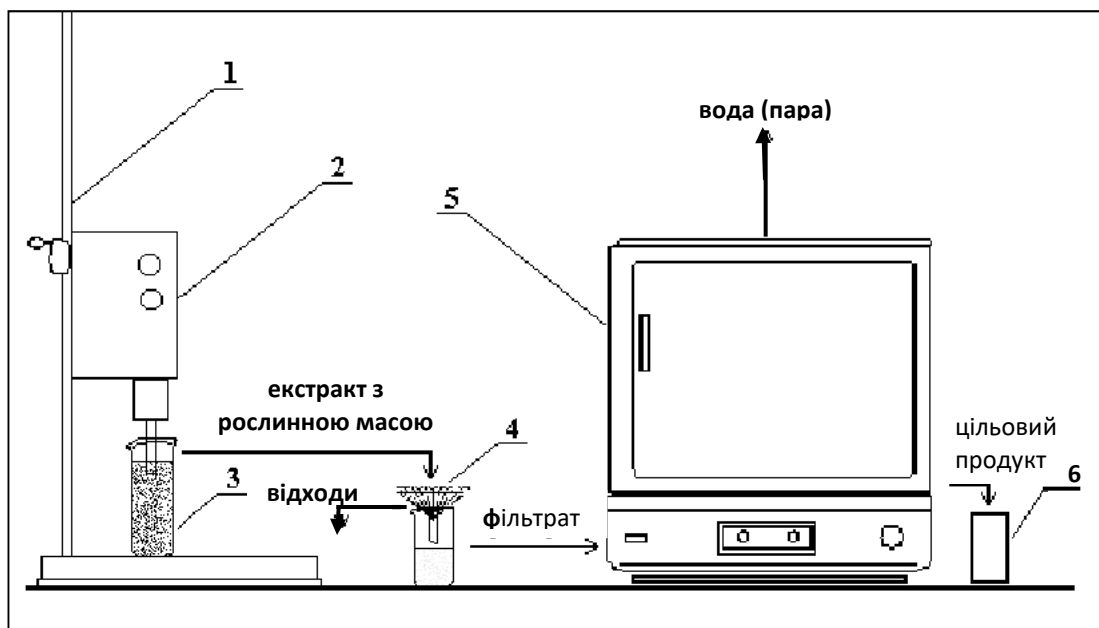


Рис. 5. Принципова схема ультразвукової екстракції полісахаридів льону.

1 - штатив; 2 - ультразвуковий диспергатор; 3 - стаканчик з оброблюваним середовищем; 4 - фільтр; 5 - сушильна шафа; 6 - ємність для цільового продукту.

Як екстрагент ми використовували дистильовану воду. Для екстракції було взято співвідношення сировини : екстрагент 1:10 (за вагою).

Ультразвукова обробка проводилася в такий спосіб: ультразвуковий генератор налаштовується по інтенсивності впливу, навішення рослинної сировини (10 г) насипають в хімічний стаканчик і заливають 100 мл дистильованої води, після чого насадку генератора занурюють в цей стаканчик і проводять обробку сировини.

Під час ультразвукової обробки середу нагрівають до 30 - 40 С (в залежності від потужності ультразвуку і тривалості впливу), що не призводить до деструкції полісахаридів.

Після завершення обробки розчин фільтрують (необхідно видалити насіння льону).

Потім проводилося вимірювання в'язкості отриманого розчину за допомогою віскозиметра Освальда, а також визначався сухий залишок.

Отриманий сухий залишок зважували і повторно розчиняли в об'ємі води рівному вихідному (взятому для екстракції). При цьому в'язкість розчинів полісахаридів відновлюється, що важливо при практичному використанні сухих полісахаридів



Рис. 6. Визначення в'язкості і сухого залишку

Отримані результати представлені в таблицях 1-2.

Таблиця 1. Значення в'язкості (Па.сек.) екстракту полісахаридів льону в залежності від часу та потужності ультразвукової обробки.

Потужність випромінювання Вт/м ²	Час обробки (хвилини)			
	5	10	15	20
20	3,9	4,7	5,1	5,2
30	4,2	5,3	5,8	5,9
70	4,5	6,2	7,1	7,2

Таблиця 2. Значення мас сухого залишку (в грамах) в залежності від часу та потужності ультразвукової обробки

Час обробки, (хвилини)	Потужність (Вт/м ²)		
	20	30	70
5	0,0007	0,0009	0,0015
10	0,0021	0,0029	0,0033
15	0,0041	0,0055	0,0062
20	0,0052	0,0061	0,0075

З таблиць 1-2 видно, що максимальний вихід полісахаридів має місце при УЗ обробці екстракції потужністю 70Вт / м² протягом 20 хвилин.

Збільшення потужності УЗ обробки призводить до нагрівання і деструкції одержуваних полісахаридів. При збільшенні часу екстракції вихід сухого залишку практично не змінюється.

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження показали, що при застосування УЗ обробки в процесі екстрагування полісахаридів льону істотно знижується час екстракції. Максимальний вихід полісахаридів має місце при УЗ обробки екстракції потужністю 70Вт/м^2 протягом 20 хвили. Отримані таким способом полісахариди льону можна успішно застосовувати в якості антиоксидантних, бактерицидних, фунгіцидних і антивірусних препаратів.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клевцов К.М. Дослідження біохімічних і фізико-хімічних властивостей компонентів насіння льону. Весник ХНТУ №4(55).2015.
2. Зубцов В.А., Осипова Л.Л., Лебедева Т.И. Льняное семя, его состав и свойства // Российский химический журнал 2002. Т. 46. №2. С. 14–16.
3. Зеленцов С.В. Количественная и качественная оценка слизей масличных сортов льна. Масличные культуры, Вып.2.,2012.
4. Султаева Н.Л., Перминова В.С. Исследование свойств семян льна и разработка на их основе технологии хлебобулочных изделий // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №1 (2015)

References

1. Klevtsov KM Investigation of biochemical and physicochemical properties of flax seed components. The wool of KhNTU №4 (55) .2015.
2. Zubtsov VA, Osipova L. L., Lebedeva T.I. Flaxseed, its composition and properties // Russian Chemical Journal 2002. Т. 46. №2. Pp. 14-16.
3. Zelentsov SV Quantitative and qualitative evaluation of mosses of flax oil varieties. Oilseeds, Aug. 2, 2012.
4. Sultayeva N.L., Perminova V.C. Investigation of the properties of flax seeds and development of bakery products on their basis // Internet journal "Naukovedeniya" Volume 7, No 1 (2015)