

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОБРОБКИ РОСЛИННИХ ОЛІЙ УЛЬТРАЗВУКОМ

**П. І. Осадчук**, канд. техн. наук.

*Одеський державний аграрний університет*

**В. Я. Гамоліч**, інж.

*Одеський національний політехнічний університет*

*Побудовано математичну модель поширення ультразвуку в рослинній олії з урахуванням властивостей вібратора та геометрії робочої зони обробки олії.*

**Ключові слова:** ультразвук, коливання, рослинні олії, хвильове рівняння.

**Вступ.** Методи обробки матеріалів і речовин під впливом ультразвуку знаходять широке застосування в різних галузях промисловості. Властивість прискорювати масообмінні та хімічні процеси в харчових середовищах, а також сприяти очищенню від твердих домішок, використовуючи екстрагування, дифузію та кавітацію під впливом ультразвуку, підтвердили досліди з рослинною олією.

**Проблема.** Відомо, що при збільшенні частот довжина хвилі ультразвуку наближається до величини, порівнянної з межмолекулярними відстанями, що впливає на структуру та енергетику середовища, а отже змінює її фізико-механічні властивості. Ці зміни поширюються в просторі нерівномірно, тому що інтенсивність ультразвукових хвиль зменшується внаслідок поглинання в середовищі за показовим законом. Так виникає проблема неоднорідності оброблюваного ультразвуком матеріалу, що вирішується оптимальним розташуванням джерела ультразвуку відповідно до форми та розмірів робочого простору, а також вибором оптимального часу дії ультразвуку. Акустичні хвилі в рідинах характеризуються скалярним потенціалом  $\Phi$  швидкостей  $\bar{V}$  коливального руху часток середовища ( $\bar{V} = \text{grad}\Phi$ ) [1].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналізуючи літературні джерела, прийшли к висновку практичної відсутності математичних моделей дії ультразвуку на рослинні олії в процесі їх очищення від різного роду домішок, фосфороутримуючих речовин, жирних кислот та інш.

**Мета досліджень.** Отримати математичний опис впливу ультразвукових коливань на процес очищення рослинних олій, який дозволить визначити оптимальні геометричні розміри робочої зони обробки ультразвуком для конкретного випромінювача при певному часі обробки, або визначити оптимальний час обробки ультразвуком при

певних геометричних розмірах робочої зони та властивостях випромінювача.

**Результати досліджень.** Оптимізацію вібраційної обробки за допомогою ультразвуку можна науково обґрунтувати, якщо знати закон коливання в кожній крапці робочого простору. Такі завдання вирішуються методами математичної фізики на основі хвильового рівняння

$$\Delta^2 \Phi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} = 0, \quad (1)$$

де  $c$  - швидкість розповсюдження хвилі

Джерелами ультразвукових коливань, що використовуються під час обробки, служать п'єзоелектричні й магнітострикційні перетворювачі. Формальний опис джерела коливань виробляється на моделі циліндричного стрижня певної довжини (1), у якого один кінець закріплений, а інший підданий дії обурюючої гармонійної сили. Розглянемо моделі поперечних і поздовжніх коливань.

Для поперечних коливань завдання приводиться до інтегрування рівняння

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}, \quad (2)$$

при умовах:

$$U(0, t) = 0, \quad U(l, t) = A \sin \omega t \quad (3)$$

$$U(x, 0) = 0, \quad \frac{\partial U(x, 0)}{\partial t} = 0$$

Рішення завдання шукаємо у вигляді суми

$$U = \mathcal{G} + W,$$

де  $W$  - рішення рівняння (2), що задовольняє крайовим умовам:

$$W(0, t) = 0; W(l, t) = A \sin t,$$

а  $\mathcal{G}$  - рішення рівняння (2) при умовах

$$\mathcal{G}(0, t) = 0, \quad \mathcal{G}(l, t) = 0$$

$$\mathcal{G}(x, 0) = -W(x, 0); \quad \frac{\partial \mathcal{G}(x, 0)}{\partial t} = -\frac{\partial W(x, t)}{\partial t}$$

Методом поділу змінних рішення рівнянь (2,3) має вигляд

$$U(x, t) = \frac{A \sin \frac{\omega}{a} x \sin t}{\sin \frac{\omega}{a} l} + \frac{2 A \omega a}{l} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{\omega^2 - \left(\frac{n \pi a}{l}\right)^2} \sin \frac{n \pi a t}{l} \sin \frac{n \pi x}{l} \quad (4)$$

Для поздовжніх коливань завдання приводиться до рішення рівняння (2) при умовах:

$$U(0, t) = 0, \quad \frac{\partial U(l, t)}{\partial x} = \frac{A}{E} \sin \omega t ;$$

$$U(x, 0) = 0, \quad \frac{\partial U(x, 0)}{\partial t} = 0 \quad (5)$$

Аналогічно рішенню завдання (2,3) одержимо

$$U(x, t) = \frac{aA}{E \omega} \times \frac{\sin \frac{\omega}{a} x \sin \omega t}{\cos \frac{\omega l}{a}} + \frac{2 a \omega}{El} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{\gamma_n} \times \frac{\sin \gamma_n x}{\omega^2 - \gamma_n^2 a^2} \sin a \gamma_n t, \quad (6)$$

де  $\gamma_n = \frac{(2n+1)\pi}{2l}$ , причому  $\omega \neq a k_n$

E - модуль пружності.

Помітимо, що у формулі (4)

A – амплітуда зсуву крапки на кінці  $x = l$  під дією гармонійної сили, що обурює, а у формулі (6)

A – амплітуда сили, прикладеної до кінця  $x = l$  в напрямку осі стрижня.

Формули (4) і (6) потрібні для рішення крайової задачі з рівнянням (1) у циліндричному обсязі, заповненому рослинним маслом.

Позначимо: R - радіус циліндра,

H - висота циліндра,

Z=0, r=0 - циліндричні координати нерухливого кінця вібратора.

Вирішимо рівняння (1) при крайовій умові, отриманій з (6), тобто

$$U(l, t) = \frac{aA}{E \omega} \times \frac{\sin \frac{\omega}{a} l \sin \omega t}{\cos \frac{\omega l}{a}} + \frac{2 a \omega}{El} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{k_n} \times \frac{\sin k_n l}{\omega^2 - k_n^2 a^2} \sin a k_n t. \quad (7)$$

Розділяючи змінні, запишемо

$$\Phi(r, \varphi, Z, t) = F(r, \varphi, Z)T(t),$$

Перетворимо (1) до виду

$$T \nabla^2 F = \frac{1}{c^2} F \frac{d^2 T}{dt^2},$$

$$\frac{\nabla^2 F}{F} = \frac{1}{c^2 T} \frac{d^2 T}{dt^2} \quad (8)$$

Увівши константу поділу  $-\lambda^2$ , одержимо два рівняння

$$\nabla^2 F + \lambda^2 F = 0,$$

$$\frac{d^2 T}{dt^2} + (\lambda c)^2 T = 0 \quad (9)$$

Перше рівняння (9) у розгорнутому виді містить три координати:

$$\frac{\partial^2 F}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial F}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 F}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 F}{\partial z^2} + \Lambda^2 F = 0.$$

Тому що вісь  $z$  є віссю симетрії, то

$$\frac{\partial^2 F}{\partial \varphi^2} = 0$$

і в рівнянні зберігаються тільки дві змінні:

$$\frac{\partial^2 F}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial F}{\partial r} + \frac{\partial^2 F}{\partial z^2} + \lambda^2 F = 0.$$

Знову застосуємо метод поділу змінних:

$$F(r, z) = G(r)H(z);$$

$$H(z) \frac{d^2 G}{dr^2} + \frac{H}{r} \frac{dG}{dr} + G \frac{d^2 H}{dz^2} + \lambda^2 GH = 0;$$

$$\frac{1}{G} \left( \frac{d^2 G}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dG}{dr} \right) = - \frac{1}{H} \frac{d^2 H}{dz^2} - \lambda^2.$$

Уводимо другу константу поділу  $+K^2$  і перше рівняння в (9) розпадається на два рівняння

$$\frac{d^2 G}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dG}{dr} + K^2 G = 0,$$

$$\frac{d^2 H}{dz^2} + (K^2 + \lambda^2) H = 0. \quad (10)$$

Отже, віссесиметрична задача поширення ультразвуку представляється функцією

$$\phi(r, z, t) = G(r)H(z)T(t),$$

яка визначається рішенням трьох рівнянь:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 G}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dG}{dr} + K^2 G &= 0, \\ \frac{d^2 H}{dz^2} + (K^2 + \lambda^2) H &= 0, \\ \frac{d^2 T}{dt^2} + (\lambda c)^2 &= 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Перше рівняння (11) є рівнянням Бесселя, у якого загальне рішення можна записати у вигляді

$$G(r) = AI_0(kr) + BN_0(kr),$$

де  $I_0(x)$  – функція Бесселя,

$N_0(x)$  – функція Неймана.

Тому що при  $r = 0$  маємо  $N_0(kr) = \infty$ , то коефіцієнт  $B$  повинен рівнятися нулю. Тому

$$G(r) = AI_0(kr), \quad (0 \leq r \leq R).$$

Існує нескінченна безліч власних чисел  $\mu_n = K_n^2 M$ , і власних функцій  $I_0(K_n r)$ , попарно ортогональних з вагою  $r$  на інтервалі  $[0, R]$ . Власні числа визначаються з умови

$$I_0(K_n r) = 0,$$

$$K_n = \alpha_n / R,$$

де  $\alpha_n$  – позитивний корінь нульової функції Бесселя. Внаслідок її парності розглядаємо тільки позитивні корні. Запишемо часні рішення [1]

$$G_n(r) = A_n I_0(K_n r),$$

$$T_n(t) = B_n \cos K_n ct + C_n \sin K_n ct,$$

$$H_n(Z) = B_n^1 \cos \sqrt{\lambda_n^2 + K_n^2 Z} + C_n^1 \sin \sqrt{\lambda_n^2 + K_n^2 Z}.$$

$$0 \leq Z \leq h$$

Тепер загальне рішення віссесиметричної задачі приймає вигляд

$$\begin{aligned} \phi(r, z, t) &= \sum_{n=1}^{\infty} A_n I_0(K_n r) \times \\ &\times \left( B_n^1 \cos \sqrt{\lambda_n^2 + K_n^2 z} + C_n^1 \sin \sqrt{\lambda_n^2 + K_n^2 z} \right) \times \\ &\times \left( B_n \cos K_n ct + C_n \sin K_n ct \right) \end{aligned}$$

З початкової умови  $\phi(r, z, 0) = 0$ , треба  $B_n = 0$  та

$$\phi(r, z, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n I_0(K_n r) \sin K_n ct \times \\ \times \left( B_n^1 \cos \sqrt{\lambda_n^2 + K_n z} + C_n^1 \sin \sqrt{\lambda_n^2 + K_n z} \right)$$

Із граничної умови

$$\phi(R, 0, t) = 0$$

треба  $B_n^1 = 0$  й

$$\phi(r, z, t) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n I_0(K_n r) \left( \sin \sqrt{\lambda_n^2 + K_n z} \right) \sin K_n ct, \quad (12)$$

де  $b_n = a_n, c_n$ , а координата  $z$  безрозмірна.

Пошук невідомих коефіцієнтів формули (12) істотно спрощується, якщо в крайовій умові (6) при  $x = z = l$  зневажити першою складовою, яка дуже мала при великих значеннях частот  $\omega$ . Порівнюючи складові сум (6) і (12) при  $r = 0$  й  $z = l$ , одержимо

$$b_n I_0(0) = \frac{2\alpha\omega}{El\gamma_n} (-1)^{n-1},$$

$$\sin \sqrt{\lambda_n^2 + K_n^2} l = \frac{\sin \gamma_n l}{\omega^2 - \alpha^2 \gamma_n^2},$$

звідки знаходимо з огляду на  $I_0(0) = 1$

$$b_n = (-1)^{n-1} \frac{2\alpha\omega}{El\gamma_n},$$

$$\lambda_n = \sqrt{\frac{1}{l} \arcsin \frac{\sin \gamma_n l}{\omega^2 - \alpha^2 \gamma_n^2}}. \quad (13)$$

Рішення (12,13) містить модуль пружності вібратора та швидкість поширення хвиль пружності в його матеріалі, а також швидкість поширення ультразвуку в рослинній олії. Геометричні параметри  $h, l$  і  $R$  ємності з рослинним маслом варто вибирати залежно від критерію оптимальності відповідно до вимоги технології обробки ультразвуком, у якій оптимальний час можна знаходити, використовуючи функцію  $\phi(r, z, t)$ . Існування оптимального часу обробки рослинного масла можна пояснити тим, що дія ультразвуку:

- викликає коагуляцію дрібних твердих часток,
- викликає здрібнювання твердих часток.

Завдяки тому, що здрібнювання та коагуляція протилежні за результатами їхньої дії, обробка ультразвуком зважених у соняшниковій олії часток має оптимальний час дії. Функція  $\phi(r, z, t)$  визначає амплітуди швидкості й прискорення коливального руху часток рослинної олії так, що амплітуда тиску в ультразвукових хвилях приводить до утворення, а також зникненню розривів суцільності – явищу кавітації.

Зникнення цих розривів, що мають вид дрібних пухирців, супроводжується імпульсами зростання тиску, що викликає дію, яка дробить, наслідком чого відбувається руйнування твердих тіл, живих організмів і великих молекул. Тривалість таких імпульсів визначається електральною щільністю функції  $\phi(r, z, t)$ . Об'ємна щільність енергії ультразвукових хвиль також виражається через функцію  $\phi(r, z, t)$ :

$$L = \frac{\rho}{2} \left[ (\text{grad } \phi)^2 + \frac{1}{c^2} \left( \frac{\partial \phi}{\partial t} \right)^2 \right], \quad (14)$$

де  $L$  - об'ємна щільність енергії,

$\phi$  - скалярний потенціал.

Таким чином, методика обробки ультразвуком містить наукові основи дослідження:

1. Аналітичне визначення скалярного потенціалу  $\phi(r, z, t)$ .
2. Обчислення об'ємної щільності енергії.

**Висновки.** Обробка ультразвуком здійснюється розподілом енергії пружних хвиль в обсязі робочого простору, де в кожній крапці пульсує величина об'ємної щільності енергії. Такі пульсації мають певний спектр частот, що залежить від гармонійного коливання вібратора. Отже, методика обробки ультразвуком починається з вибору амплітуди та частоти коливаний вібратора, а закінчується обчисленням щільності енергії на основі аналітичного подання скалярного потенціалу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Б. М. Яворский і А. А. Демлаф Довідник по фізиці для інженерів і студентів вузів. М.: Наука, 1974. – 240с.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ УЛЬТРАЗВУКОМ.

П. И. Осадчук, В. Я. Гамолич

**Ключевые слова:** ультразвук, колебания, растительные масла, волновое уравнение.

### Резюме

*Построена математическая модель распространения ультразвука в растительном масле с учетом свойств вибратора и геометрии рабочей зоны обработки масла.*

АГРАРНИЙ ВІСНИК ПРИЧОРНОМОР'Я. Вип. 55. 2010 р.  
**MATHEMATICAL MODEL OF PROCESSING OF VEGETABLE OILS  
ULTRASOUND.**

P.I.Osadchuk , V.J.Gamolich

**Key words:** ultrasound, fluctuations, vegetable oils, the wave equation.

Summary

*The mathematical model of distribution of ultrasound in vegetable oil is constructed in view of properties of the vibrator and geometry of a working zone of processing of oil.*

**УДК 664.71-12**

**АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ І ДОСЯГНЕНЬ У ВИРОБНИЦТВІ  
ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА В МУКУ**

**Смірнова С.О.**, канд. пед. наук, **Ковтун Л.Я.**, інж.,  
**Тутаєв С.В.**, інж..

*Одеська національна академія харчових технологій*

*Проведено аналіз та оцінено перспективи розвитку виробництва мукомельного обладнання.*

**Ключові слова:** вальцьовий верстат, подрібнювання зерна.

**Вступ.** На початку ХХ ст. складались сприятливі умови для створення більш досконалих подрібнювачів зерна, зокрема вальцьових верстатів, які в порівнянні з іншими способами подрібнення мали кращі потенційні можливості з універсальності щодо злакових культур, енергонасиченості та довговічності. Основні зусилля науковців та спеціалістів із напрямку механізації процесів переробки зерна були спрямовані на пошуки й втілення їхніх результатів у конструкції обладнання фізичних способів подрібнення зерна. Поряд із засобами для переробки зерна, що базувались на принципах стиску, розмелювання та сколювання, усе більшої уваги приділяється руйнуванню зерна ударом. Науково обґрунтовувалась, практично відпрацьовувалась та апробовувалась у реальних умовах виробництва придатність технічних рішень машинних операцій подрібнення. Розробка нових зразків подрібнювачів базувалась на попередньо вивчених принципах руйнування зерна. Науково-технічна база була слабкою і розробки в значній мірі виконувались з внесенням елементів технічних рішень, що вже набули застосування за кордоном. Фірма «Бюлер» У цей період створені та поставлені на виробництво вальцеві подрібнювачі та плющілки, жорнові млини, молоткові дробарки.



Аналіз питомих показників роботи зернових подрібнювачів і їх потенційних можливостей поставив молоткові дробарки на домінуюче положення при виборі принципів побудови енергонасичених зернових подрібнювачів і комплектування їх приводами. Втім машини створювались на невелику продуктивність. Підготовка зерна для переробки в муку протягом історичного періоду розвивалась, видозмінювалась й удосконалювалась у відповідності з організаційними і соціальними напрямками розвитку суспільства. Напрямок механізації його переробки, як складова технічних наук, охоплює науково-технічну діяльність і матеріалізоване науково-технічне знання. При аналізі наукової та технічної діяльності й співставленні одержаних результатів розробленої зернопереробної техніки, зручно користуватись показниками технічних характеристик, у яких знаходить відображення рівень соціального розвитку суспільства. Соціальна природа технічних об'єктів, їхній тісний зв'язок зі змістом діяльності по різному відображається тими чи іншими технічними показниками. Останні можуть розглядатись у вузькому технічному або технологічному змісті: потужність, продуктивність, коефіцієнт корисної дії, динамічні властивості, показники якості одержаного продукту. Характеристики такого змісту також виражають соціальну природу технічних об'єктів безпосередньо через рівень розвитку технології й предметної практики в цілому [1].

**Мета досліджень.** Завданням статті передбачалось показати вдосконалення вальцьового верстата для подрібнення зерна із врахуванням зовнішніх і внутрішніх факторів, які впливають на цей процес.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Цей напрямок розробки машин знайшов відображення в конструкціях вальцьових верстатів А1-БЗН, А1-БЗ-2Н, А1-БЗ-3Н, ЗМ2, які виробляються за ліцензією фірми «Бюлер» ведучим виробником та початківцем в виробництві мукомельного обладнання. Вальцьовий верстат типу А1-БЗН найбільш поширена подрібнююча машина на мукомельних заводах. В залежності від модифікації й форми виконання верстата відрізняються один від одного [2]. Основною ознакою верстату типу А1-БЗН є:

- розташування приводу під міжповерховим перекриттям або на тому ж поверсі, де розташований верстат;
- спосіб виводу подрібненого продукту (з нижнім забором – самоплив і верхнім – в стояки);
- в залежності від технологічного призначення робоча поверхня мелючих вальців виконується рифленою або гладкою.

Верстати складаються з двох автономних половин. Основними робочими органами вальцьових верстатів є дві пари діагонально розташованих мелючих вальців, що розташовані похило під кутом 30° до горизонту. Конструкцією верстатів передбачено водне охолодження швидкохідних вальців та можливість перенарізки рифлів без демонтажу підшипників. Дистанційне управління привалом та відвалом мелючих вальців дозволяє

стабілізувати режим помелу та практично виключає втручання робочого персоналу. Привод швидкохідного вальця здійснюється від електродвигуна через клиноремінну передачу, а тихохідний валець від швидкохідного через косозубчасту передачу, що забезпечують відношення колдових швидкостей 1,25 чи 2,5. Привал та відвал вальців здійснюється як за допомогою вальцьового так і в автоматичному режимі через пульт управління [3]. Введення АСУ для модернізованих верстатів А1-БЗ-3Н дало можливість ввести систему безступінчастого регулювання швидкості живильних валків, систему контролю сили струму приводів, а також ввести додатковий контроль за обертанням живильних вальців. Для контролю параметрів обладнання на верстаті встановлюються ряд датчиків: на двигуні приводу мелючих вальців – датчик контролю струму СУ-1Т; в якості сигналізатора рівня застосовано датчик СУ-1М-1-1; датчики верхній, середній та нижній) встановлюються зовні на циліндрі. Виведений на панель резистор дозволяє регулювати чутливість в залежності від фракцій продукту; на редукторі живильних вальців встановлено датчик обертання БВК-М; на боковині вальцьового верстата встановлюють пульт оператора з цифровою індикацією куди виводиться вся інформація від датчиків. Ці вдосконалення виводять верстат А1-БЗ-3Н на рівень ведучих закордонних виробників аналогічного обладнання, що дозволяє стабілізувати вихід та якість продукції та спростити обслуговування. На даний час німецькими та швейцарськими науковцями розроблено та впроваджуються у виробництво вісьмивальцьові верстати. Застосування даних верстатів дозволяє по перше – зменшити витрати енергії як на сам процес подрібнення, за рахунок зменшення пластичних деформацій, так і на сортування продуктів після першої драної системи. Також використання цього обладнання, дозволяє при побудові нових заводів знизити витрати на виробничу площу, а при реконструкції існуючих підвищити виробничу потужність цих заводів.

**Висновки.** На основі проведеного аналізу літературних джерел можна зробити наступні підсумки, що вальцьовий верстат, є предметом наукових досліджень, а невпинні намагання конструкторів направлені на модернізацію подрібнюючих машин, дозволили підняти його рівень, зменшити ресурсні затрати та автоматизувати процес переробки зерна.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Мерко И.Т. Структура и эффективность технологических процессов производства муки / Мерко И.Т. Моргун В.А., Погирной Н.Е.. – М.: Колос, 1983. – 239 с.
2. Птушкин Г.Е., Товбин Л.И. Высокопроизводительное оборудование мукомольных заводов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 288 с.
3. Бутковский В.А. Мукомольное производство / В.А. Бутковский. – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. 260 с.
4. О путях повышения рентабельности переработки зерна в муку // Хранение и переработка зерна. – 2003. – С. 12-13.

АГРАРНИЙ ВІСНИК ПРИЧОРНОМОР'Я. Вип. 55. 2010 р.  
**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ДОСТИЖЕНИЙ В  
ПРОИЗВОДСТВЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ  
ЗЕРНА В МУКУ**

Смирнова С.А., Ковтун Л.Я., Тутаев С.В.

**Ключевые слова :** вальцовый станок, измельчение зерна

Резюме

*Проведен анализ и оценка перспективы развития производства мукомольного оборудования.*

**ANALYSIS OF THE MODERN STATE AND ACHIEVEMENTS IN  
PRODUCTION EQUIPMENT FOR PROCESSING GRAIN FLOUR**

Smirnova S.A., Kovtun L.J., Tutaev S.V.

**Keywords:** roller mill, growing of grain shallow

Summary

*An analysis and estimation of prospect of development of production of flour-miller equipment are conducted.*

**УДК 664.29:615.32**

**ПРОДУКТИ ЛІКУВАЛЬНО-ПРОФІЛАКТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ  
НА ОСНОВІ НИЗЬКОМЕТОКСИЛЬОВАНОГО ПЕКТИНОВОГО  
ЕКСТРАКТУ**

**І. В. Москалюк**, канд. техн. наук.

*Одеський державний аграрний університет*

*Розроблено технології виробництва фруктових та овочевих напоїв на основі пектинового екстракту, отриманого з свіжих яблучних вичавок – морквяний, яблучний. Розроблено рецептура фруктових та овочевих напоїв на основі низькометоксильованого пектинового екстракту. Отримано характеристика фізико-хімічних показників пектинвмістних консервованих напоїв.*

**Ключові слова:** пектин, лужний гідроліз, екстракт, в'язкість, драгле утворююча здатність.

**Вступ.** Серед фруктової сировини, що переробляється консервними заводами України, яблука займають 80...90%. На соки і напої в Україні переробляється більше за 500 тис. т. яблук, при цьому утворюється біля

150 тис. т. вичавок із вмістом пектинових речовин 1...2%. У зв'язку із структурою харчування населення, особливо гостро стоїть проблема дієтичного та лікувально-профілактичного харчування. Пектинові речовини здатні утворювати комплекси з важкими металами і радіонуклідами та виводити їх з організму, тому доцільно готувати на їх основі продукцію дієтичного та лікувально-профілактичного призначення.

**Проблема.** В теперішній час пектинові речовини отримують з сухих яблучних вичавок методом кислотного і ферментативного гідролізу. Застосування цих технологій дозволяє вилучити пектинові речовини, що містяться в міжклітинках рослинної тканини, не торкаючись протопектину серединних пластинок. Перехід від кислотного та ферментативного гідролізу протопектину до лужного значно спростить технологічну схему виробництва, апаратурне оформлення, підвищить ефективність виробництва, дозволить переробляти свіжі яблучні вичавки безпосередньо на консервних заводах з метою використання їх при виробництві консервованої продукції.

**Аналіз останніх досліджень за темою.** Відомий спосіб отримання яблучного пектину на основі кислотного гідролізу пектинвмістної сировини. Швидкість процесу екстрагування пектинових речовин регулювали температурою, рН середовища тривалістю обробки. Пектиновий екстракт після гідролізу відділяли від твердої фази, концентрували, осаджали етанолом або солями алюмінію і висушували [1, 2]. На Бендерському пектиновому заводі використовується технологічна схема отримання пектинового концентрату за допомогою кислотного гідролізу пектинвмістної сировини. Схема виробництва включає підготовку та складування сировини, подачу вичавок на переробку, промивку, гідроліз, екстракцію пектину розчином азотної кислоти при рН 1,5...2,0, обробку та освітлення пектинового екстракту, концентрування екстракту методом випаровування до 8% сухих речовин. Пектиновий концентрат являє собою в'язкий розчин з помірно кислим смаком, слабким запахом первинної сировини, та кольором від жовтого до темно-янтарного. Драгле утворююча здатність - 170°Т-Б, ступінь етерифікації 72...77%, вміст пектинових речовин 2,5% [3,4,5]. Наведені технології являються тривалими, енерго- та ресурсоемкими.

**Мета досліджень:** комплексна переробка яблук з розробкою фізико-хімічних основ технології отримання пектинового екстракту методом лужного гідролізу з свіжих яблучних вичавок, і розробка технології виробництва консервованої продукції на його основі.

**Результати досліджень.** Нами розроблені технології виробництва напоїв на основі пектинового екстракту, отриманого з свіжих яблучних вичавок – морквяний, яблучний. Рецептатура фруктових та овочевих напоїв на основі пектинового екстракту наведена в таблиці 1.

Таблиця 1. **Рецептура на виробництво 1 т. фруктових та овочевих напоїв з пектиновим екстрактом.**

Сировина та матеріали	Рецептура, %	
	Яблучний	Морквяно-яблучний
Яблучний сік без м'якоті	86,00	30,00
Морквяний сік з м'якоттю	--	53,00
Пектиновий екстракт яблучний	7,00	10,00
Цукор-пісок	7,00	7,00

Для виробництва фруктових та овочевих напоїв підготовку сировини та матеріалів проводили наступним чином. Моркву на лінію подавали за допомогою контейнероопрокидувача марки КУП-1000, в якому одночасно проводилося сухе очищення коренеплодів від домішок землі і піску в прутковому барабані барабанної мийної машини РЗ-КМ-2А. Сорткування за якістю здійснювали на конвеєрах типу А9-КТФ. Миття проводили в двох послідовно встановлених машинах барабанного і лопастного типу марок РЗ-КМ-2М, А9-КЛ2А. Обрізання кінців моркви проводили на конвеєрах типу А9-КТФ, Т1-КИ2Т, обладнаних триммерами або на машинах для обрізання кінців типу Ц5-04. Паротермічну очистку моркви здійснювали в апаратах марок А9-КЛЩ/30, А9-КЧЯ при тиску пари (750±50) кПа. Для зняття шкірки з моркви після паротермічної очистки використовували мийні машини лопастного або барабанного типу. Дочистку і сорткування моркви за якістю здійснювали на конвеєрах типу Т1-КИ2В або КИД-24 уручну з подальшим обполіскуванням під душем при тиску води (300 ±50) кПа. Для отримання морквяного соку, моркву подрібнювали на дробарках теркового типу на шматочки 2,5 мм в атмосфері пари. При отриманні соку на фільтруючих центрифугах, роздроблену масу подавали на шнековий живильник, встановлений безпосередньо під дробаркою, підігрівали до температури 92±2°C, а потім направляли у фільтруючу центрифугу марки ФГШ-401, НВШ-350 з щельовідними отворами розміром 0,1 x 2 мм. Отриману масу подавали на змішування. Яблука сортували за якістю на конвеєрах типу А9-КТФ, Т1-КИ2Т, після чого проводили миття в двох послідовно встановлених мийних машинах барабанного і вентиляторного типів. Плоди інспектували, обполіскували під душем, подавали в дробарку теркового або терочно-ножового типу, встановлену на майданчику на стрічковий прес типа ПГ-2. Отриманий сік направляли в теплообмінник типа А9-КБВ, де сік підігрівався до температури 125°C протягом 60 хв і охолоджувався до температури 40°C. Свіжовиготовлені соки змішували з рештою компонентів по рецептурі на комплексі устаткування для дозування і перемішування типу РЗ-ККК. Після змішування всіх компонентів напої гомогенізували в гомогенізаторах типу А1-ОГМ, ОГБ-5, КБ-ОГА-10 при тиску 15...17 Мпа, деаеріували у вакуум-випарних апаратах МЗС-320

протягом 8...10 хв при залишковому тиску 41...34 кПа, потім підігрівали до температури 90°C і фасували в скляну тару Ш-58-250. Наповнені банки герметично укупували і подавали на стерилізацію. Після теплової обробки банки направляли у фабрикатний цех для оформлення готової продукції. Органолептичним показникам напоїв наведені у таблиці 2.

Таблиця 2. **Органолептичні показники напоїв**

Найменування показника	Характеристика
Зовнішній вигляд та консистенція	Для напоїв з м'якоттю однорідна непрозора жидка маса з рівномірно розподіленою тонкоподрібненою м'якоттю. Для напоїв без м'якоти прозорість не обов'язкова.
Смак та запах	Натуральні, добро виражені, які мають властивості даних видів фруктів та овочів.
Колір	Характерний для консервованих овочів та фруктів, з яких виготовлений напій.

Характеристика фізико-хімічних показників напоїв наведена в таблиці 3. Для повної фізико-хімічної характеристики вироблених напоїв, проведені дослідження їх в'язкості в результаті введення в якості основного компоненту пектинового екстракту в кількості: напій "Яблучний" – 7%, напій "морквяний-яблучний" – 10%. При цьому збільшення в'язкості отриманих напоїв по відношенню до соку складає: у напої "Яблучному" – на 22,7%, в напої "морквяний-яблучному" – на 23,4%.

Таблиця 3. **Характеристика пектинвмістних консервованих напоїв**

Показники	Напої	
	Яблучний	Морквяно-яблучний
Масова доля сухих розчинних речовин, %	17,00	15,8
Титруєма кислотність (за лимонною кислотою), %	0,60	0,40
pH	3,80	4,20
Масова доля пектинових речовин, %	1,25	1,10
Масова доля м'якоті, %	--	17,00

**Висновки.** Отримані напої характеризуються однорідною масою з яскраво вираженим смаком і ароматом соків, на основі яких виготовлені напої. Введення пектинового екстракту підвищує масову частку пектинових речовин в напоях на 0,4...0,6%, що дає можливість віднести їх до продуктів дієтичного і лікувально-профілактичного призначення.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Пектин. Производство и применение. / Н. С. Карпович, Л. В. Донченко, В. В. Нелина и др.: Под ред. Р. С. Карповича. – Киев: Урожай, 1989. – 88 с.
2. Schiempel H., Andritz CpF – F Belt press for Fruit processing // *Flussiges Obst.*- 1985. – N. 1/ - P/ 22 – 25/
3. Симхович Е. Г., Обухова Е. И., Силич А. А. Пектиновый напиток // *Пищевая пром-сть.* – 1992. - № 12. – 20 – 21.
4. Горяева И. Н., Синьков А. В. Вкусовые качества пектина и его применение в питании для профилактики профессиональных заболеваний // *Труды Гипроншиполиграфа*, 1975, вып.6. С. 23 – 24.
5. Фан-Юнг А. Ф., Каминская Ф. И., Бирюкова С. Н. Производство детских, диетических и профилактических консервов. – Кишинев: Техника. – 1984. – С. 20 – 21.

### ПРОДУКТИ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ НИЗКОМЕТОКСИЛИРОВАННОГО ПЕКТИНОВОГО ЭКСТРАКТА

И. В. Москалюк

**Ключевые слова:** пектин, щелочной гидролиз, экстракт, вязкость, студнеобразующая способность.

#### Резюме

*Разработана технология производства фруктовых и овощных напитков на основе пектинового экстракта, полученного из свежих яблочных выжимок – морковный, яблочный. Разработана рецептура фруктовых и овощных напитков на основе низкометоксилированного пектинового экстракта. Получена характеристика физико-химических показателей пектинсодержащих консервированных напитков.*

### PRODUKTI OF LECHEBNO-PROFILAKTIONS SETTING ON BASIS OF LOWMETOKSILITIONS PECTIN EKSTRAKT

I. V. Moskaluk

**Key words:** pectin, alkaline hydrolysis, extract, viscosity, ability the jelly.

#### Summary

*Technology of production of fruit and vegetable drinks is developed on the basis of pectin extract, got from the fresh pressing of apples out – carrot, apple. Compounding of fruit and vegetable drinks is developed on the basis of lowmetoksilation of pectin extract. Description of physical and chemical indexes of pectin to contain of canned drinks is got.*

