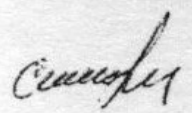


Садигов Камаладдін Джамалович 

УДК 664.8.004.8:635.62-153

**Наукове обґрунтування та розробка способу
вилучення насіння із гарбузових плодів**

Спеціальність 05.18.12 - процеси та апарати харчових виробництв

АВТОРЕФЕРАТ

*дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук*

Одеса - 1998

Дисертація є рукопис.

Робота виконана в Одеській державній академії харчових технологій,
Міністерство освіти України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Остапчук Микола Васильович, ОДАХТ, професор
кафедри процесів та апаратів.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий
співробітник
Верхівкер Яков Григорович,

Провідна установа:

Автор: 017276
С 14 САДИГОВ К. А.
НАУКОВЕ ОБГРУНТОВ.
1998 814

Захист відбувся в спеціалізованій вченій раді харчових технологій Одеської державної академії харчових технологій.
З дисертації вченою радою Одеської державної академії харчових технологій.
Автореферат

проектно-
операторію

державна
академія харчових технологій

кафедра
арських
технологій

академії харчових технологій

Одеської державної академії харчових технологій

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради, д.т.н., професор

Л.М.Пилипенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. Насіння, яке складає (1,0...5,0)% від загальної маси гарбузів, користується значним попитом на світовому ринку. Проте, вилучення насіння з гарбузів в наявних технологічних лініях виконується вручну або взагалі не виконується.

У зв'язку з тим, що на вирощування, зберігання та переробку гарбузів витрати в декілька разів зменшуються у порівнянні з іншими пектино- і оліємісткими овочами і фруктами, вилучення та використання насіння гарбузів у виробничих умовах може дати значний економічний ефект.

Наявними технологічними лініями переробки овочевих і баштаних культур на насіння передбачено вилучення насіння із попередньо подрібненої маси плодів. Цю операцію здійснюють вручну або пристосовують для цього спеціальні машини, які складають цілісну механізовану лінію переробки плодів тільки для одержання насіння.

Відривання насіння від плоду засновано на принципах вискрібання щітками або вимивання струмками води з наступним вилученням маси насіння від плоду проходом через решета (грохоти). Очищення насіння від мезги і плаценти здійснюють на протиральних машинах із наступним сушінням до вологості (9...10)%. Така технологія приводить до руйнування оболонок, зниженню схожості насіння та значним втратам сировини.

При переробці гарбузів у харчові продукти (консерви, соки, тощо) насіння, як правило, вважають відходами і не використовують, не зважаючи на те, що вони користуються значним попитом на світовому ринку та мають певні харчові та лікувальні властивості.

У зв'язку з тим, що фізичні властивості насіння гарбузів значно відрізняються від інших овочевих та баштаних культур, можна запропонувати більш ефективні способи вилучення насіння від подрібненої маси плодів. Наприклад, при густині насіння гарбуза (710...850) кг/м³, еквівалентному діаметрі - 0,0074 м, об'ємній масі - (310...540) кг/м³ можна запропонувати декілька способів і пристроїв для вилучення насіння з плоду, заснованих на різниці густин води і насіння, різниці геометричних розмірів насіння та подрібненого плоду в рухомих потоках води і повітря. Ці пропозиції можуть бути використані при проектуванні ефективних технологічних засобів і пристроїв для відокремлення насіння при переробці гарбузів у харчові та інші продукти, тобто обґрунтування та розробка нових способів та засобів відокремлення насіння із плодів є актуальною проблемою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Тема дисертації є складовою частиною держбюджетної тематики кафедри про-

ОНАХТ 18.06.12
Наукове обґрунтуванн



0.17276

ОДАХТ
Бібліотека

цесів та апаратів по вдосконаленню процесів та апаратів харчових виробництв і відповідає загальнодержавній концепції створення безвідхідних технологій.

Мета і задачі досліджень: наукове обґрунтування та розробка нового способу відокремлення насіння із гарбузів при їх промисловій переробці, що заснований на різниці фізичних властивостей насіння та інших складових частин плода.

- Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати такі задачі:
- визначити фізичні властивості насіння, м'якоти і кірки плодів гарбуза;
- встановити закони розподілу фізичних характеристик насіння найбільш розповсюджених в Україні сортів;
- обґрунтувати принципи, розробити режими і пристрої для вилучення насіння від плода при її переробці;
- розробити рекомендації по впровадженню нового способу вилучення насіння у виробництво;
- розрахувати економічну ефективність нового способу вилучення насіння із плодів гарбуза.

Для розв'язання цих задач запропонували гіпотезу. Якщо елементи складаються з плода і насіння та їм передати за допомогою течії, густина якої має значення середнього між густинами складових плоду (елементів), то при цьому виникають умови, які можна використати для відривання насіння від плодів і подальшого розподілу системи на складові. Вилучення насіння в потоці можна підвищити при різному розташуванні елементів. Наприклад, при його зіткненні з перепонами, використовуючи запас підведеної енергії.

Наукова новизна. Теоретично обґрунтовано новий спосіб вилучення насіння із гарбузів, що обумовлений різницею фізичних властивостей насіння та плоду:

- встановлено фізичні властивості насіння деяких найбільш розповсюджених в Україні сортів гарбузів;
- визначено закони розподілу найбільш суттєвих характеристик насіння гарбузів;
- визначено основні принципи відривання та вилучення насіння із плода, а також принципи конструювання засобів для їхньої реалізації.

Практична цінність. Запропоновано та розроблено принципово новий метод і пристрій для вилучення насіння із гарбузів;

- визначено основні конструктивні параметри і режими експлуатації запропонованого пристрою;
- визначено економічну ефективність нового способу відокремлення насіння.

Особистий внесок здобувача. В опублікованих роботах, що надруко-

вані в співавторстві, дисертанту належить основна ідея нового способу вилучення насіння із плодів, проектування та виготовлення експериментальної установки і особисте виконання всіх експериментальних досліджень.

Апробація роботи. Основні положення роботи доповідали на наукових конференціях ОДАХТ, національних і міжнародних конференціях (1993, 1994, 1995, 1996, 1997 р.р.), опубліковано в тезах цих конференцій. За результатами роботи одержано патент України на винахід № 10089А.

Публікації. Результати роботи відображені в одній монографії, в одній статті в журналі, в статті наукових праць, матеріалах конференцій і одному патенту.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох глав, основних висновків та рекомендацій, списку літератури і додатків, викладена на 141 сторінках машинописного тексту і включає 25 рисунків (14 сторінок) і 13 таблиць (8 сторінок). Список літератури складено з 123 найменувань, в т. ч. 21 іноземних.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи та показано її народногосподарське значення.

В першій главі наведено хімічний склад і фізичні властивості насіння і інших частин плоду гарбузів, описано принципову технологічну схему переробки гарбузів у харчові продукти, дано характеристику наявним способам і агрегатам для вилучення насіння, викладено теоретичне обґрунтування нового способу відокремлення насіння із гарбузів.

Зокрема, показано, що насіння гарбузів містять (40...45)% високоякісної олії, (3...4)% крохмалю, (27...35)% білка, (10...18)% оболонки і уявляють собою дуже корисний харчовий і лікувальний продукт, є сировиною для одержання олії та може бути використано в їжу безпосередньо.

При опису фізичних властивостей, звернено увагу на те, що насіння гарбузів має густину (710...850) кг/м³, тобто, менше густини води та зі збільшенням вологості насіння густина його збільшується. Натура (об'ємна маса) насіння складає (310...540) кг/м³, шпаруватість - 0,5...0,55 і приблизно відповідає шпаруватості інших олійних культур. Визначення законів розподілу геометричних розмірів насіння дозволило обрахувати еквівалентний діаметр насінин, який дорівнює (7,4...8,1) мм.

Нормативна вологість насіння при зберіганні складає (6...7) % (але не більше 9%), а вологість сирого - (40...53)%.

Для вибору режимів розподілу і гідротранспортування насіння і плоду розглянули сили, що діють на частинку в рухомій рідині.

$$\text{Сила тяжіння } F_T = mg = \frac{\pi \cdot d}{6} e \rho_c g.$$

$$\text{Підйомна сила } F_{II} = \frac{\pi \cdot d_e^3}{6} \rho_o g \quad 2$$

Сила опору частинки при її переміщенні в рідині

$$F_c = \xi \varphi S (U_o - U_r)^2 \rho_c \quad 3$$

Виносна сила F_u є основною рушійною силою частинки при її переміщенні. Величина і напрямок цієї сили залежать від багатьох змінних: форми, кута нахилу матеріалопроводу до горизонту, швидкості і властивості рідини, тощо

$$F_u = Q \left(1 - e^{-\frac{e}{r^2}} \right) \quad 4$$

В цих формулах використано позначення:

- $\rho_o, \rho_c, \rho_m, \rho_w, \rho_v$ густини води, насіння, м'якоті, кори і частинок плоду відповідно, кг/м^3 ; m - маса частинки, кг ; g - прискорення вільного падіння, м/с^2 ; U_o, U_r - швидкості середовища і частинки, м/с ; d_e - еквівалентний діаметр частинки, м ; ξ - коефіцієнт опору; φ - коефіцієнт форми частинки; S - міделевий перетин частинки, м^2 .

Для визначення геометричних розмірів експериментальної установки, а також мінімальної швидкості транспортування необхідно записати і деякі інші співвідношення.

Зважену швидкість частинок в газовому або рідкому середовищі можна визначити за формулою

$$\xi S = \frac{\rho V_{sum}^2}{2} - mg = 0 \quad 5$$

Виходячи з того, що для частинок кулеподібної форми $m = \frac{\pi \cdot d_e^3}{6} \rho_v$, а

$$S = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4},$$

то зважена швидкість цих частинок визначається за виразом

$$V_{sum} = \sqrt{\frac{4gd_e\rho_v}{3\xi\rho_o}}$$

У безрозмірному вигляді

$$Re_{sum} = \frac{4Ar}{3\xi} \quad 6$$

де $Ar = \frac{g(\rho_r - \rho_o)d_e^3}{\rho v^2}$ число Архімеда;

$Re_{sum} = \frac{V_{sum}d_e}{\nu}$ - число Рейнольдса.

Еквівалентний діаметр частинок визначається із співвідношення

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{6m}{n\rho_v}} = 1,243 \sqrt[3]{\frac{m}{\rho_v}} = 1,243 \sqrt[3]{V_v} \quad 7$$

Сила, що діє на частинку завдяки швидкості рідини:

$$F = \xi \varphi S \frac{\rho V^2}{2} = \xi \varphi \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} \quad 8$$

В зв'язку зі складною формою насіння і шматків плоду їхні характеристики можна визначити тільки експериментально.

Витрати рідини при транспортуванні плода і насіння можна визначити аналітично з наведених співвідношень для прийнятих швидкості переміщення рідини, поперечного перетину і форми матеріалопроводу. Значення діаметра і довжини матеріалопроводу визначається з необхідності забезпечення мінімальних витрат води та умов вільного переміщення насіння і м'якоті плоду по матеріалопроводу.

У зв'язку з тим, що по матеріалопроводу повинні переміщуватися шматки плодів і насіння, густина яких менша ніж густина води, необхідно визначити швидкість рідини, що забезпечує це переміщення. Виходячи із наведених співвідношень визначимо силу опору при витанні частинок плоду і насіння у воді при таких значеннях: еквівалентний діаметр насіння - $d_e = (7,4 \dots 8,1) \text{мм}$; густина насіння $\rho_c = (950 \dots 850) \text{кг/м}^3$; густина м'якоті плоду - $\rho_m = (950 \dots 970) \text{кг/м}^3$; прискорення вільного падіння - $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; густина води - $\rho_o = 1000 \text{кг/м}^3$; коефіцієнт форми частинки - $\varphi = 0,5$.

Сила опору частинки

$$R = \frac{\pi \cdot d_e^3}{6} (\rho_o - \rho_n)^2 g = \frac{3,14 \cdot 0,008^3}{6} (1000 - 800) \cdot 9,81 = \frac{3,14 \cdot 512 \cdot 10^{-9}}{6} 200^2 \cdot 9,81 = 0,1 \text{Н}$$

Теоретична швидкість витання частинок у воді

$$V_{sum} = \sqrt{\frac{4gd_e\rho_n}{3\xi\rho_o}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9,81 \cdot 0,008 \cdot 800}{3 \cdot 1 \cdot 1000}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9,81 \cdot 6,4}{3 \cdot 1000}} = \sqrt{\frac{254}{3 \cdot 1000}} = \sqrt{8,5 \cdot 10^{-3}} = 0,29 \text{ м/с}$$

Тобто, транспортуюча швидкість води повинна перевищувати це значення. Міру перевищення треба встановити експериментально. Для цього повинна бути побудована відповідна експериментальна установка.

Швидкість осадження (або спливання) частинок визначається за відомою формулою

$$V_n = \sqrt{\frac{4gd_e(\rho_v - \rho_c)}{3\xi\rho_c}} = 0,22, \text{ м/с,}$$

9

тобто залежить від еквівалентного діаметра частинок d_e , різниці густин середовища і частинок ($\rho_v - \rho_c$) та коефіцієнта опору осадженню, який визначається, в свою чергу, в'язкістю середовища μ , режимом течії, що визначається критерієм Рейнольдса (ламінарний режим $0 < Re < 2$, перехідний - $2 < Re < 500$ і турбулентний - $500 < Re < 15000$), а також формою і розмірами частинок. У зв'язку з тим, що густина частинок і середовища, форми і розміри частинок визначені їх нативними властивостями, основним фактором інтенсифікації є швидкості осадження і транспортування.

Не зважаючи на те, що існуюча лінія цілком придатна для обробки баштанних культур, основним її недоліком є те, що насіння гарбузів розглядаються як відходи. Крім того, машина для відокремлення насіння серійно не випускається, що не гарантує цілості і повного відокремлення насіння. Тобто, є необхідність розробити новий спосіб відокремлення насіння з гарбузів, що заснований на врахуванні різниці фізичних властивостей насіння і інших складових частин плода.

Спосіб відокремлення насіння із плода здійснюється таким чином (рис. 1). Гарбузи подають з бункера 1 в подрібнюючий пристрій, який складається з корпусу 2 з протизубами 3, обертального барабану 4 з зубами 5 і калібруючої решітки 6. Степінь подрібнення регулюється зміною розмірів решітки 6, відстанню між зубами 5 обертального барабану і протизубами 3 на корпусі 2.

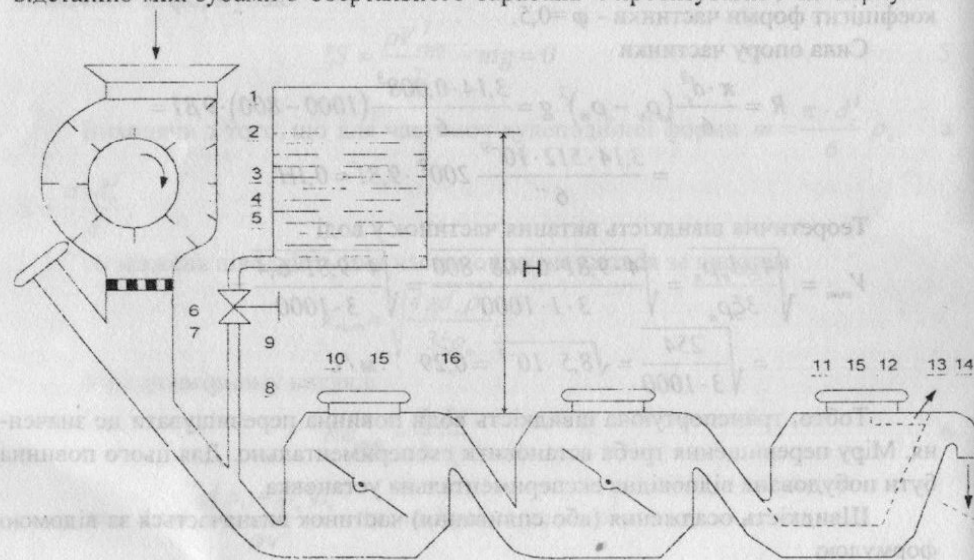


Рис. 1. Спосіб відокремлення насіння з плода

7

Подрібнена маса надходить до матеріалопроводу 7, в який також подається вода по трубі 8, витрати якої регулюються вентилям 9. Течією води під дією різниці рівней H подрібнена маса плодів переміщується у дві ємності 10 для відривання насіння від шматків плода. Інтенсивність відриву регулюється зміною турбулентності обтічної течії кутом нахилу пристроїв 16, витратами води вентилям 9 та зміною рівней води H . Відірвані від плоду насінини разом зі шматками плода надходять до ємності 11, де через отвори решітки 12 проходять знизу вверх під дією сили Архімеда за рахунок різниці густостей насіння і води. Основною відмінною ознакою способу є відокремлення насіння з плоду у воді, що дає можливість використати різницю густостей насіння та інших складових частин плода і води для відокремлення насіння.

В другій главі викладена методика виконання роботи, що відповідає меті і задачам дослідження. Основою методики виконання роботи є створена нами експериментальна установка (рис. 2), яка складається з бака 1, труби Вентурі з вимірювальними пристроями 2 для вимірювання витрат води, вентиля 3 для зміни витрат води, загрузочного пристрою 4 для подачі матеріала в скляну трубу 5 зі змінним кутом нахилу до горизонту β і двома манжетами 6 для з'єднання розподільного матеріалопроводу 7 із сіткою 9 для відокремлення маси насіння від маси плоду та з заглушкою 8 у верхній частині для запобігання попадання частинок плоду в насіння, пристроїв для виводу насіння 10 і для виводу часток плоду гарбузів 11 із сітками 12 і 13 для відокремлення насіння і плоду від води, баків для збору шматків плоду і насіння.

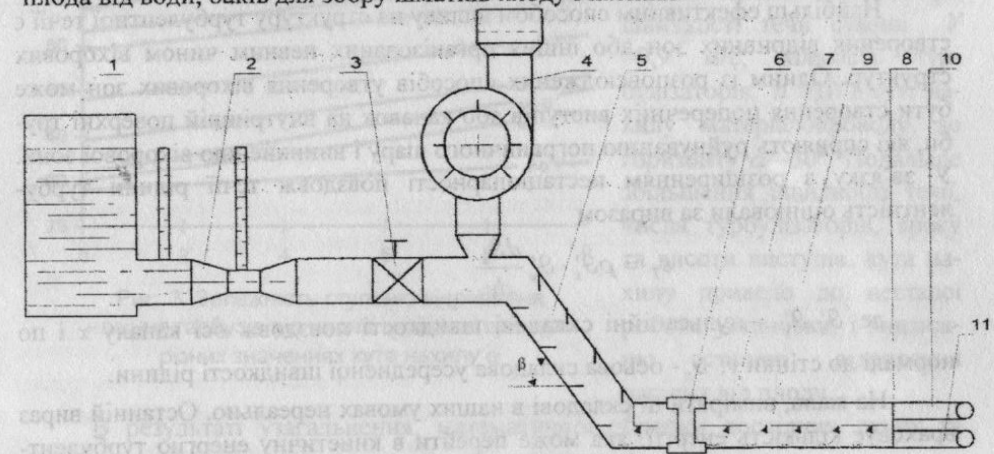


Рис. 2. Експериментальна установка для визначення ступеню відривання і відокремлення насіння з плоду гарбузів

Установка дозволяє визначити необхідну швидкість транспортування подрібненої маси плоду і насіння у воді, степінь відокремлення маси насіння

від маси плоду.

У третій главі наведено результати досліджень по визначенню фізичних властивостей насіння, найбільш розповсюджених в Україні сортів гарбузів, режимів відривання і відокремлення насіння із плодів.

За результатами досліджень побудували гістограми та встановили закони розподілу геометричних розмірів насінин, а за ними - середні інтегральні характеристики. Встановили також корелюючі залежності між основними розмірами насінин гарбузів:

$$a = (1.4 \dots 1.7)b; a = (4.3 \dots 5.8)c; b = (2.3 \dots 2.8)c$$

Попередніми теоретичними дослідженнями встановлено, що збільшення степені відривання насінин від плоду можна досягти збільшенням турбулізації течії без збільшення числа Рейнольдса, оскільки подальше збільшення числа Re приводить до зниження степені відокремлення відірваних насінин від плоду. Аналіз теоретичних положень Рейнольдса, Прандтля, відкриття Е.К.Калініна свідчать про те, що пульсаційний рух рідини можна інтенсифікувати без збільшення середньої по перетину швидкості течії рідини зміною шорсткості поверхні матеріалопроводу або створенням іншого виду опору у вигляді кілець, насадок, тощо, які призводять до зруйнування пограничного шару.

У зв'язку з цим в нахиленій частині експериментальної установки були встановлені з різними кроками та висотами турбулізатори. При визначенні форми, розмірів і кроку турбулізаторів виходили з теоретичних положень, що визначають пульсаційний рух рідини.

Найбільш ефективним способом впливу на структуру турбулентної течії є створення відривних зон або інших організованих певним чином вихорових структур. Одним із розповсюджених способів утворення вихорових зон може бути створення поперечних виступів або канавок на внутрішній поверхні труби, які сприяють руйнуванню пограничного шару і виникненню вихорової зони. У зв'язку з розширенням нестационарності повздовж течії рідини турбулентність оцінювали за виразом

$$\varepsilon_T = \rho g'_x \cdot g'_y \frac{d g'_x}{dy}$$

де g'_x, g'_y - пульсаційні складові швидкості повздовж осі каналу x і по нормалі до стінки y ; g'_x - осьова складова усередненої швидкості рідини.

На жаль, виміряти ці складові в наших умовах нереально. Останній вираз враховує кількість енергії, яка може перейти в кінетичну енергію турбулентних пульсацій. При плавно розширяючому каналі механізм якісно схожий, але розмір вихорової зони значно менший.

Вихорові зони пов'язують із періодичним розташуванням на поверхні каналів виступів і поглиблень (турбулізаторів). Розташування, форма і розміри турбулізаторів різні. Висоту виступів за рекомендаціями Е.К.Калініна і інших

дослідників прийняли $0,1D$, а крок $t \approx D$.

Треба зазначити і те, що форма і розміри всіх видів турбулізаторів за літературними даними нечутливі до зміни числа Рейнольдса, що утруднює або робить неможливим оцінку явищ турбулізації.

Кількісні залежності для визначення гідравлічних втрат, тепловіддачі, степені турбулентності від форми і розташування турбулізаторів аналітично не встановлені. Тоді єдиним способом встановлення залежності міри відривання насіння від плоду може бути тільки експериментальний. Аналіз літературних джерел дозволив обмежити область досліджень - висота виступів в межах $(0,1 \dots 0,2) d$, крок виступів $(120 \dots 150)$ мм. На довжині труби 1800 мм розміщували 10 виступів турбулізаторів висотою $(5 \dots 10)$ мм.

Таким чином, степінь відривання насіння від плоду пропорційна швидкості течії подільної суміші V , куту нахилу трубопроводу до горизонту α і числу турбулізаторів n . Дослідним матеріалом служила суміш попередньо подріблених гарбузів до розмірів 20×30 мм разом з плацентою і насінням. Виконали 7 серій дослідів. За приклад на рис. 3 наведено графіки зміни степені відривання насіння в залежності від цих параметрів.

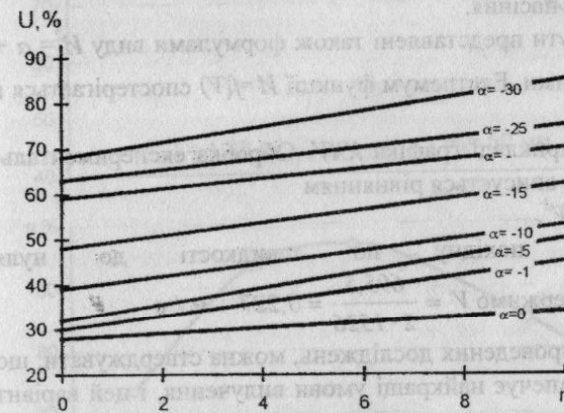


Рис. 3. Залежність степеню відривання насіння гарбузів від числа турбулізаторів при різних значеннях кута нахилу α

З аналізу графіків не важко встановити, що найкращі умови відокремлення $I=88\%$ забезпечуються при швидкості течії суміші $V=0,9$ м/с, кількості турбулізаторів $n=10$ і куту нахилу матеріалопроводу до горизонту $\alpha=30^\circ$. Подальше збільшення швидкості течії, числа турбулізаторів, кроку та висоти виступів, кута нахилу привело до несталості роботи установки, і зниженню степені відривання насіння від плоду.

В результаті узагальнення, математичної обробки дослідних даних та комп'ютерних досліджень одержали такі емпіричні формули:

$$K = 1,22 \cdot 10^{-6} \cdot Ar \cdot Re^{0,42} \cdot \Gamma^{0,18};$$

$$Kp = 4,369 \cdot v^{1,42} \cdot \Gamma^{0,526} \text{ при } v < v_{кр};$$

$$Kp = 0,051 \cdot v^{-1,7} \cdot \Gamma^{1,45} \text{ при } v > v_{кр}$$

Степінь вилучення насіння з плоду гарбузів визначали на штучно утво-

рений суміші шматків плоду сорту Мраморний із середніми розмірами $a \times b \times \ell = 20 \times 10 \times 16$ мм при довжині розподільної перегородки $\ell = (0,8 \dots 1,8)$ м і діаметрі труби $d = 0,55$ мм. Розподільні перегородки мали отвори типу прямокутника із закругленими сторонами 10×30 мм.

За оперативно змінні фактори вибрали швидкість руху води $V = (0,1 \dots 0,5)$ м/с, кут нахилу труби до горизонту $[\pm 1^\circ \dots (-1^\circ)]$, висоту вивідного патрубку для плоду над розподільною перегородкою $H_1 = (0 \dots 80)$ мм і висоту патрубка, що виводить насіння гарбузів $H_2 = (0 \dots 80)$ мм.

Результати дослідів представлено 36-ма таблицями і відповідними графіками. За приклад на рис. 4 наведено графіки залежності степені відокремлення насіння від швидкості течії що забезпечує майже повне відокремлення насіння. Аналіз графіків показав, що степінь вилучення у всіх 36-и серіях дослідів має екстремальний характер і може бути приблизно описана формулою типу

$$I = a + bV + cV^2,$$

де I кількість вилучення насіння, %; V - швидкість течії рідини, м/с; a, b, c - постійні, значення яких змінюється при зміні інших установочно і оперативно змінюємих факторів і розмірів насіння.

Ці залежності можуть бути представлені також формулами виду $I^2 = a + bV + cV^2$, $I = a \cdot e^{bV + cV^2}$ та іншими. Екстремум функції $I = f(V)$ спостерігається в межах $V = (0,20 \dots 0,25)$ м/с.

Це можна показати на прикладі графіка XXV. Обробка експериментальних даних показала, що графік описується рівнянням

$$I = 12,1 + 695,5V - 1526V^2.$$

Дорівнюючи першу похідну по швидкості до нуля $\frac{dU}{dV} = 695,5 - 2 \cdot 1526 \cdot V = 0$, одержимо $V = \frac{695,5}{2 \cdot 1526} = 0,227$ м/с

Аналізуючи результати проведених досліджень, можна стверджувати, що довжина труби 0,80 м не забезпечує найкращі умови вилучення, і цей варіант не може бути розглянуто для практичного використання в дальнішому. Кут нахилу $\alpha = 0$ в кращому випадку забезпечує вилучення не більш 70% насіння. Нахилення труби до горизонту на 1° також погіршує режим вилучення насіння, тобто степінь вилучення не перевищує 50%. Вплив відношення H_1 і H_2 , тобто висот підняття патрубків на степінь вилучення насіння від шматків плоду є більш складним. Очевидним є те, що рівень патрубка для відведення насіння H_2 повинен бути вищим рівня патрубка для виведення шматків плоду H_1 , на (20...40) мм і змінюватись в межах (20...40) мм і (40...80) мм відповідно. Подальше збільшення довжини труби недоцільне за конструктивними ознаками. Кут нахилу перегородки до горизонту можна прийняти - $\alpha = -1^\circ$ або трохи збільшити його при зниженні швидкості. Встановлення залежності степені

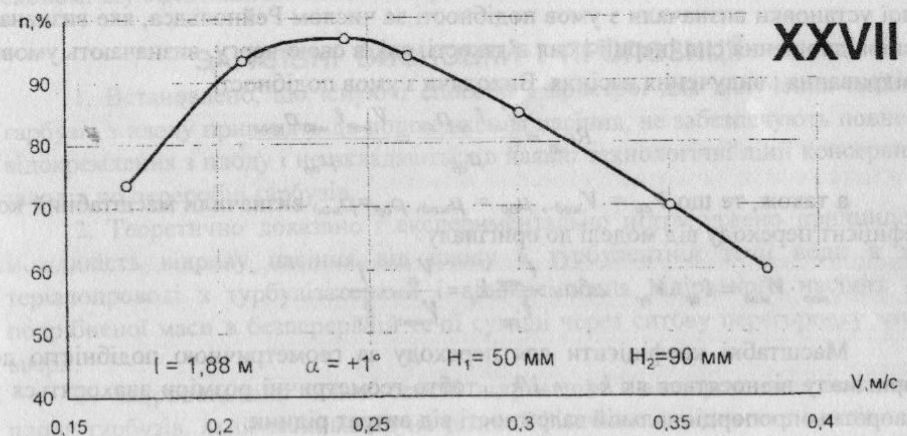
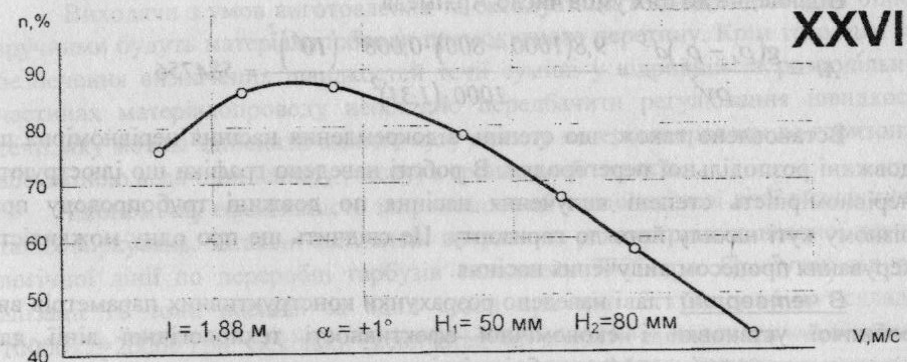
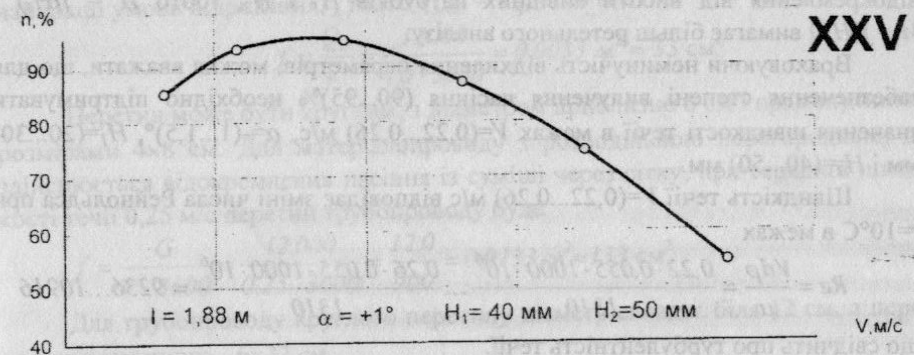


Рис. 4. Залежності кількості вилученого насіння від швидкості течії суміші

відокремлення від висоти вивідних патрубків H_1 і H_2 , тобто $I = f(H_1)$ і $I = f(H_2)$ вимагає більш ретельного аналізу.

Враховуючи неминучість відхилення параметрів, можна вважати, що для забезпечення степені вилучення насіння (90...95)% необхідно підтримувати значення швидкості течії в межах $V=(0,22...0,26)$ м/с, $\alpha=(1...1,5)^\circ$, $H_1=(20...30)$ мм і $H_2=(40...50)$ мм.

Швидкість течії $V=(0,22...0,26)$ м/с відповідає зміні числа Рейнольдса при $t=10^\circ\text{C}$ в межах

$$Re = \frac{Vd\rho}{\mu} = \frac{0,22 \cdot 0,055 \cdot 1000 \cdot 10^6}{1310} \dots \frac{0,26 \cdot 0,055 \cdot 1000 \cdot 10^6}{1310} = 9236 \dots 10916$$

що свідчить про турбулентність течії.

Відповідне до цих умов число Архімеда

$$Ar = \frac{g(\rho_s - \rho_c)d^3}{\rho\nu^2} = \frac{9,8(1000 - 800) \cdot 0,008^3 \cdot (10^6)^2}{1000 \cdot (1,31)^2} = 584756$$

Встановлено також, що степінь відокремлення насіння нерівномірна по довжині розподільної перегородки. В роботі наведено графіки що ілюструють нерівномірність степені вилучення насіння по довжині трубопроводу при різному куті нахилу його до горизонту. Це свідчить ще про одну можливість керування процесом вилучення насіння.

В четвертій главі наведено розрахунки конструктивних параметрів виробничої установки і економічної ефективності технологічної лінії для відокремлення насіння. Масштабні співвідношення при проектуванні виробничої установки визначали з умов подібності за числом Рейнольдса, яке визначає співвідношення сил інерції і сил в'язкості, які, в свою чергу, визначають умови відривання і вилучення насіння. Виходячи з умов подібності

$$Re_{op} = \frac{V_{op} \ell_{op} \rho_{op}}{\mu_{op}} = \frac{V_{mod} \ell_{mod} \rho_{mod}}{\mu_{op}}$$

а також, те що $V_{op} = V_{mod}$, $\mu_{op} = \mu_{mod}$, $\rho_{op} = \rho_{mod}$ визначили масштабний коефіцієнт переходу від моделі до оригіналу

$$\ell_{mod} \cdot V_{mod} = \ell_{op} \cdot V_{op} \quad \text{або} \quad \frac{\ell_{mod}}{\ell_{op}} k_e = \frac{V_{op}}{V_{mod}} \cdot \frac{1}{k_v}$$

Масштабні коефіцієнти для переходу за геометричною подібністю до оригіналу відносяться як $k_\ell = 1/k_v$, тобто геометричні розміри знаходяться у зворотньопропорціональній залежності від витрат рідини.

Виходячи із співвідношення $Q_o = Vf$, а також з відомих значень густини і об'ємної маси подрібнених гарбузів $\rho \approx 1000$ кг/м³ і $\rho_p \approx 600$ кг/м³, питомих витрат води 3:1 визначили площу перетину матеріалопроводу промислової установки для вилучення насіння що забезпечує встановлені на фізичній моделі

найкращі умови відривання, тобто $V_{mod} = V_{op} \approx 1,0$ м/с :

$$f = \frac{Q_o}{V} = \frac{12000}{1,0 \cdot 3600} = 0,0033 \text{ м}^2 \approx 33 \text{ см}^2$$

Перетин може бути круглим, з діаметром приблизно 6 см і прямокутним з розмірами 4x8 см. Для матеріалопроводу з розподільною перегородкою, де здійснюється відокремлення насіння із суміші через сітку, при середній швидкості течії 0,25 м/с перетин трубопроводу буде

$$f = \frac{G}{V \cdot 3600} = \frac{12,000}{0,25 \cdot 3600} = \frac{12,0}{900} = 0,0133 \text{ м}^2 \approx 133 \text{ см}^2$$

Для трубопроводу круглого перетину діаметр складає біля 12 см, а перетин прямокутного - 6x22 см.

Виходячи з умов виготовлення та експлуатації технологічної лінії більш зручними будуть матеріалопроводи прямокутного перетину. Крім того, для забезпечення визначених швидкостей течії суміші у відривній та розподільній частинах матеріалопроводу необхідно передбачити регулювання швидкості течії, яку можна здійснити зміною куту нахилу матеріалопроводу до горизонту або зміною величини напору (тиску) в зрівняльній ємності.

Економічну ефективність запропонованої технологічної лінії визначили з таких міркувань. Загальні капітальні витрати на реконструкцію наявної технологічної лінії по переробці гарбузів складають 7755 грн. Прибуток від реалізації 10 тонн насіння за один сезон при ціні 2 грн. за 1 кг складає $10000 \times 2 = 20000$ грн. Оскільки експлуатаційні витрати залишилися незмінними, економічну ефективність визначили різницею $20000 - 7755 = 13245$ грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Встановлено, що існуючі способи і пристрої для вилучення насіння гарбузів з плоду приводять до пошкодження насіння, не забезпечують повне їх відокремлення з плоду і не вкладаються в наявні технологічні лінії консервних заводів по переробці гарбузів.

2. Теоретично доказано і експериментально підтверджено принципову можливість відриву насіння від плоду в турбулентній течії води в матеріалопроводі з турбулізаторами і відокремлення відриваного насіння від подрібненої маси в безперервній течії суміші через ситову перегородку знизу вверх.

3. Запропоновано новий спосіб відривання і відокремлення насіння з плоду гарбузів, який заснований на різниці фізичних властивостей насіння та інших складових частин плоду і виключає пошкодження насіння та може бути втілений у технологічну лінію безперервної переробки гарбузів.

4. Визначено фізичні характеристики насіння та інших складових плоду найбільш розповсюджених в Україні сортів гарбузів, необхідних для обґрунту-

вання і розробки нового способу відокремлення насіння з плоду, тобто визначення розмірів і форми отворів, подільної перегородки, місце її встановлення та інших конструктивних параметрів установки.

5. Теоретично обґрунтовано форму, розміри і місце встановлення турбулізаторів у матеріалопроводі для збільшення інтенсивності відривання насіння від плоду, а також розміри і форма отворів, місце і спосіб встановлення розподільної перегородки для відокремлення насіння із суміші подрібненого плоду з водою.

6. Встановлено найкращі умови відривання насіння від плоду в матеріалопроводі (88%) при швидкості течії суміші (0,9...1,0) м/с, числі турбулізаторів 10, куті нахилу матеріалопроводу до горизонту - 30° довжині матеріалопроводу - 1,8 м.

7. Показано, що найкращі умови відокремлення насіння із суміші подрібненого плоду (98%) визначаються швидкістю течії суміші - (0,22...0,25) м/с, кутом нахилу розподільної перегородки до горизонту - (1...5)°, висотою вивідного патрубку для плоду - (20...30) мм, висотою вивідного патрубку для насіння - (40...50) мм при довжині матеріалопроводу 1,8 м.

8. Встановлено, що степінь розподілу вилученого насіння вздовж розподільної перегородки залежить від швидкості течії, кута нахилу перегородки до горизонту. Довжина розподільної перегородки, яка забезпечує майже повне відокремлення насіння із суміші складає не більше двох метрів.

9. Встановлено інваріантність турбулізації течії суміші плоду і насіння гарбузів з водою в матеріалопроводі від числа Рейнольдса. Масштабний перехід від лабораторної установки до виробничої здійснювали виходячи з рівності швидкості течії у матеріалопроводах моделі і оригіналу, тобто співвідношенням витрат $G_{\text{мод}}/G_{\text{ор}}$.

10. За результатами узагальнення, математичної обробки та комп'ютерних досліджень запропоновано емпіричні формули для визначення режимів і конструктивних параметрів виробничої установки.

Визначено основні геометричні розміри конструктивних параметрів установки для відокремлення насіння, що забезпечують режими відривання і вилучення насіння з плоду гарбузів.

11. Виконані теоретичні і експериментальні дослідження дозволили обґрунтувати принципову технологічну схему відривання і вилучення насіння з плоду гарбузів, що складається з послідовності технологічних операцій подрібнення на шматки визначених розмірів, завантаження подрібненої суміші в матеріалопровод з турбулізаторами, де відбувається відривання насіння від плоду, вилучення відірваного насіння від частинок плоду через розподільну перегородку, виведення насіння в суміші з водою через вивідний патрубок і відокремлення насіння від води.

12. Виходячи з того, що кабаки в залежності від сорту, зрілості і умов зберігання в гарбузах міститься від 1 до 5% насіння, при переробці 2,0 т на годину можна одержати від 10 до 50 кг насіння, або (80...400) кг в зміну з початковою вологістю (40...50)%.

13. Економічна ефективність технологічних ліній визначається різницею витрат на реконструкцію або заміну наявних технологічних ліній по переробці гарбузів і прибутком від реалізації насіння та складає 13245 грн. щорічно.

Основні положення дисертації викладено в роботах

1. Использование и переработка тыквы / К.Д.Садыгов, Ю.М.Дажикаев, Э.Г.Сарыев, Н.В.Остапчук - Одесса: ППА, 1993. - 86с.
2. Остапчук М., Садыгов К. При переробці гарбузів // Харчова та переробна промисловість. - 1996. - № 5. - С. 24-25.
3. Остапчук Н.В., Садыгов К.Д., Берегулька В.И. Свойства семян тыквы // Наукові праці ОДАХТ "Проблеми та перспективи розвитку виробництва та споживання хлібопродуктів". - 1997. - т. 4. - С. 68-70.
4. Остапчук Н.В., Садыгов К.Д., Берегулька В.И. Определение конструктивных параметров установки для выделения семян тыквы из плода /Научные труды международной конференции "Экология человека и проблемы воспитания молодых ученых." Одесса, Астропринт. - 1997. - ч.1 I. - С. 384.
5. Патент України № 10089 "Спосіб відокремлення насіння із гарбузів". 1993. Остапчук М.В., Садыгов К.Д. - Надр. 30.09.96. - Бюл. № 3.
6. Садыгов К.Д. Режимы відривання насіння із плодів гарбузів // 56 научн. конф. ОГАПТ: Тез. докл. - Одесса, 1996. - С.179.
7. Берегулька В.И., Садыгов К.Д. Зважена швидкість насіння гарбузів // 56 научн. конф. ОГАПТ: Тез. докл. - Одесса, 1996. - С.180.
8. Остапчук М.В., Садыгов К.Д. Технологічна лінія відокремлення насіння із плоду гарбузів у воді //56 научн. конф. ОГАПТ: Тез. докл. - Одесса, 1996. - С.178.
9. Садыгов К.Д., Остапчук М.В. Обґрунтування конструкції дослідної установки для вилучення насіння із гарбузів //54 научн. конф. ОГАПТ: Тез. докл. - Одесса, 1993. - С.70.

Анотація

Садыгов К.Д. Наукове обґрунтування і розробка способу вилучення насіння із гарбузових плодів. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 - процеси та апарати харчових виробництв, Одеська державна академія харчових технологій. - Одеса, - 1998.

Дисертація містить дослідження, що спрямовані на обґрунтування нового способу відокремлення насіння із гарбузів, який заснований на різниці фізичних властивостей насіння та складових частин плоду, виключає пошкодження насіння при переробці та забезпечує майже повне їх відокремлення. Запропоновано пристрій та технологічну лінію, що реалізують новий спосіб відокремлення насіння із плоду.

Ключові слова: гарбузи, насіння, відривання, відокремлення.

Аннотація

Садыгов К.Д. Научное обоснование и разработка способа выделения семян из тыквенных плодов. - Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 - процессы и аппараты пищевых производств, Одесская государственная академия пищевых технологий. - Одесса, - 1998 г.

Диссертация содержит исследования, направленные на обоснование нового способа выделения семян из тыквы, который основан на разности физических свойств семян и составных частей плода, исключает повреждения семян при переработке, обеспечивает практически полное их выделение. Предложено устройство и технологическая линия, которые реализуют способ выделения семян из плода.

Ключевые слова: тыква, семена, отрыв, выделение.

Annotation

Sadikov K.D. Scientific substantiation and elaboration of methods of seed extraction out of pumpkins fruits. - Manuscript.

The dissertation claims on scientific degree as a candidate of technical sciences on speciality number 05.18.12 - Food Processing Machines and Equipment. Odessa State Academy of Food Technologies, - Odessa. - 1998.

The dissertation contains a research directed at substantiation of a new method of seed extraction from pumpkin which is based on difference of seed physical properties and components of fruit. It eliminates seed injuries under processing guarantees practically complete seed extraction. We propose a device and a row of technological equipment which realize a new method of seed extraction out of fruit.

Key words: pumpkin, seeds, tearing off, extraction.