

Автореферат

Ф-33 ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ФЕДОСОВА КАТЕРИНА СЕРГІЇВНА



УДК 641.3:613.26 :635(28): 664.9

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ КОНСЕРВУВАННЯ ВОДЯНОГО ГОРІХА**

Спеціальність 05.18.13 – технологія консервованих продуктів

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Одеса - 2005

СМ



## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Водяний горіх *Trapa Natans L.* займає великі площі у водоймах півдня Одеської області, і його врожайність складає більше 1000 т сирих плодів на рік. Він утворює густі зарості, які заважають росту інших водних рослин. Існує регіональна проблема щорічного вилову значної частини водяних горіхів і їх подальшого раціонального використання. Тому вважається доцільним проведення дослідження харчових властивостей водяного горіха, який може бути новим джерелом харчової сировини з корисними поживними властивостями.

Літературні дані щодо використання водяного горіха як харчової сировини уривчасті і суперечливі. Хоча ядра водяного горіха мають цінні харчові властивості, систематичні дослідження в цьому напрямку не проводились, і біохімічний склад водяного горіха, який росте на півдні Одеської області, не вивчений.

Необхідність консервування водяного горіха витікає з того, що при зберіганні його не в природних умовах відбувається значне зменшення вмісту води в плодах. Ядра зморщуються, а шкаралупа стає надзвичайно твердою. Тому консервування дозволяє зберегти надовго смак та інші властивості свіжого горіха. Консервований водяний горіх можна вживати як окремо, так і додавати в кефір, салати, супи і гарніри.

Оскільки водяний горіх раніше не використовувався в харчовій промисловості України, необхідно було на основі проведених досліджень розробити технологію виробництва консервованих продуктів з водяного горіха і провести детальне дослідження інших важливих операцій технологічного циклу його переробки. Викладене вище дозволяє вважати, що тема дисертаційної роботи є актуальною.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження виконувалися відповідно до одного з основних напрямків держбюджетної роботи кафедри технології консервування ОНАХТ – «Дослідження біохімічних властивостей та розробка технології консервування нових харчових продуктів з нетрадиційних видів харчової сировини», відповідали п.4.1.20 перспективного плану робіт Дунайського біосферного заповідника НАН України та тематиці науково-дослідних робіт, запропонованих АОЗТ «Вилкове» та «Чілім» щодо вивчення харчової цінності водяного горіха та перспектив його використання як нетрадиційної харчової сировини для консервної промисловості.

**Мета і задачі дослідження.** Мета роботи - розробка технології консервування водяного горіха європейського *Trapa Natans L.*

Досягнення вказаної мети обумовлювало необхідність вирішення таких задач:

– проведення комплексного вивчення фізико-хімічних і біохімічних властивостей водяного горіха *Trapa Natans L.*, встановлення його хімічного складу, визначення харчової цінності;

- визначення складу і структури крохмалю водяного горіха, порівняння крохмалю водяного горіха з іншими рослинними крохмалями;
- вивчення процесів клейстеризації і ретроградації крохмалю водяного горіха, встановлення температури і діапазону його клейстеризації, проведення електронно-мікроскопічного дослідження ядра, крохмалю і борошна водяного горіха;
- дослідження діелектричних та оптичних властивостей ядер та крохмалю європейського водяного горіха *Trapa Natans L.* у порівнянні з китайським водяним горіхом;
- встановлення можливості використання електрофізичних методів для визначення структурних та технологічних властивостей ядер і крохмалю водяного горіха;
- розробка простого і ефективного способу очищення водяного горіха від шкаралупи, який забезпечує збереження цілості ядер;
- вивчення процесу набухання і розм'якшення ядер водяного горіха і наукове обґрунтування вибору параметрів замочування перед консервуванням водяного горіха;
- розробка технології консервування водяного горіха, складання проекту нормативно-технічної документації, проведення апробації розробленої технології на дослідній партії консервів і проведення необхідних техніко-економічних розрахунків.

*Об'єкт дослідження* – водяний горіх європейський, різновид *Trapa Natans L.*

*Предмет дослідження* – технологія переробки водяного горіха в харчову сировину і його консервування.

*Методи дослідження* – при дослідженні складу і властивостей водяного горіха поряд з традиційними методами фізико-хімічних та біохімічних досліджень харчової сировини, застосовані деякі сучасні високоінформаційні методи досліджень і удосконалені класичні методи, що дозволило одержати більш точні результати, а самі процеси досліджень автоматизувати і комп'ютеризувати.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Науково обґрунтована і експериментально доведена доцільність використання ядер водяного горіха *Trapa Natans L.* як харчової сировини для виготовлення консервів на його основі.

Вперше проведене комплексне дослідження хімічного складу і біохімічних властивостей ядер європейського водяного горіха та його крохмалю.

Встановлена висока біологічна активність екстрактів водяного горіха.

Детально з використанням сучасних експериментальних методів досліджено процеси клейстеризації та ретроградації крохмалю водяного горіха і встановлені параметри цих процесів. Для визначення температури клейстеризації розроблено метод лазерної візуалізації.

Встановлено, що крохмаль водяного горіха має кристалічну структуру А типу, схожого до крохмалю кукурудзи і відмінного від картопляного крохмалю.

Досліджені діелектричні властивості ядра, крохмалю та борошна водяного горіха і встановлена їх залежність від вмісту вологи.

Вперше отримані спектри крохмалю водяного горіха в широкому діапазоні довжин хвиль, що дозволило виявити деякі особливості його структури.

Вперше для підвищення крихкості шкаралупи при розколюванні водяного горіха розроблено і запатентовано метод занурення в рідкий азот, виготовлено прилад для вимірювання сили розколювання, розроблені і обґрунтовані параметри процесу очистки від шкаралупи.

Виведено формулу для інженерних розрахунків часу, необхідного для набування ядер водяного горіха в залежності від ступеня набування і температури.

**Практичне значення одержаних результатів.** На основі наукових досліджень розроблено технологію виготовлення двох видів консервів – “Водяний горіх натуральний” і “Водяний горіх маринований”. Новизна технічних рішень захищена патентом України. Розроблена нормативна документація, проведено дослідну апробацію розроблених консервів. Економічні розрахунки довели перспективність промислової переробки водяного горіха в харчову сировину і його консервування. Проведена апробація показала технологічну і екологічну доцільність запропонованих технологій.

**Особистий внесок здобувача** полягає в забезпеченні методичного оформлення роботи, плануванні, організації і реалізації аналітичних та експериментальних досліджень. Особиста участь автора полягає в одержанні результатів досліджень, в яких автор був виконавцем, аналізі, узагальненні і публікації результатів, розробці технології обробки і консервування водяного горіха, відповідної нормативної документації, виконанні економічних розрахунків.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати роботи доповідалися на Міжнародній науково-технічній конференції “Розробка і виробництво продуктів функціонального харчування, іноваційні технології та конструювання обладнання для переробки сільгоспсировини, культура харчування населення України” (Київ, НУХТ, 2003), на II Міжнародній конференції з аналітичної хімії країн Чорноморського басейну (Стамбул, Туреччина, 2003), на IV Міжнародній конференції студентів і аспірантів “Техніка і технологія харчових виробництв” (Могильов, МДГІ, Білорусь, 2004), на Міжнародній науково-технічній конференції “Харчова наука, техніка і технологія” (Пловдив, Болгарія, 2004) та на щорічних наукових конференціях професорсько-викладацького складу (Одеса, ОНАХТ, 2003, 2004, 2005 р.).

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 12 робіт, з них 6 – у фахових виданнях, 3 – тези доповідей на конференціях, 1 деклараційний патент України на корисну модель, 1 стаття в іноземному журналі та 1 депонований рукопис.

**Структура й обсяг роботи.** Дисертація складається з вступу, 4-х розділів, висновків, списку використаних літературних джерел з 204 найменувань (18

сторінок) і 8 додатків (74 сторінки). Робота викладена на 163 сторінках і включає 54 рисунки (48 сторінок) і 25 таблиць (13 сторінок).

### ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і задачі досліджень, показано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, наведені дані щодо їх апробації, а також відомості про особистий внесок здобувача в проведенні досліджень та в публікаціях за темою дисертаційної роботи.

В **першому розділі** наведено аналітичний огляд літератури, в якому розглянуті основні властивості водяного горіха та особливості його хімічного складу. На основі патентної літератури сформульовані перспективні напрямки використання водяного горіха в харчовій промисловості. З погляду на важливе значення крохмалю в харчових продуктах розглянуті дані про склад крохмалів та їх клейстеризацію і ретроградацію. На основі огляду літератури зроблені висновки про доцільність розроблення технології отримання консервованих продуктів з водяного горіха.

В **другому розділі** викладено методологічні основи проведених досліджень і обґрунтована схема їх проведення (рис. 1). Робота виконувалась в лабораторіях кафедри технології консервування, аналітичної хімії, в проблемній науково-дослідній лабораторії ОНАХТ. При дослідженні складу і властивостей водяного горіха, поряд із традиційними фізико-хімічними і біохімічними методами, були застосовані деякі сучасні високоінформативні методи досліджень і удосконалені класичні методи, що дозволило одержати більш точні результати, а самі процеси досліджень автоматизувати і комп'ютеризувати. В процесі досліджень застосовувалася растрова електронна мікроскопія, диференціальна скануюча калориметрія, швидкісна віскозиметрія, рентгеноструктурний аналіз, діелектрична спектроскопія і ряд спектральних методів у широкому діапазоні довжин хвиль. Був модернізований стандартний метод визначення температури клейстеризації за рахунок застосування лазерної візуалізації. Електронно-мікроскопічні дослідження, скануюча калориметрія і швидкісна віскозиметрія виконані в Дармштадському технічному університеті і Католицькому університеті в Львові в рамках угод про співдружність. Математична обробка експериментальних даних проводилась стандартними методами з використанням ЕОМ. Надано скорочений опис методів та обладнання, яке застосовувалося в роботі.

В **третьому розділі** наведені результати експериментального дослідження водяного горіха, які суттєво впливали на розробку технології його переробки в продукти консервування. З гістограм розподілу за масою плодів і ядер водяного горіха (рис. 2) витікає, що вони відповідають функції Гауса, а вихід ядра при очищенні шкаралупи становить майже 60 %.

Дослідження розміру плодів, виходу ядра і його складу проведено на плодах водяного горіха врожаю 2001, 2002 і 2003 років. Хоча відзначені деякі коливання складу від року до року, але ці відхилення за кожним з показників не перевищували

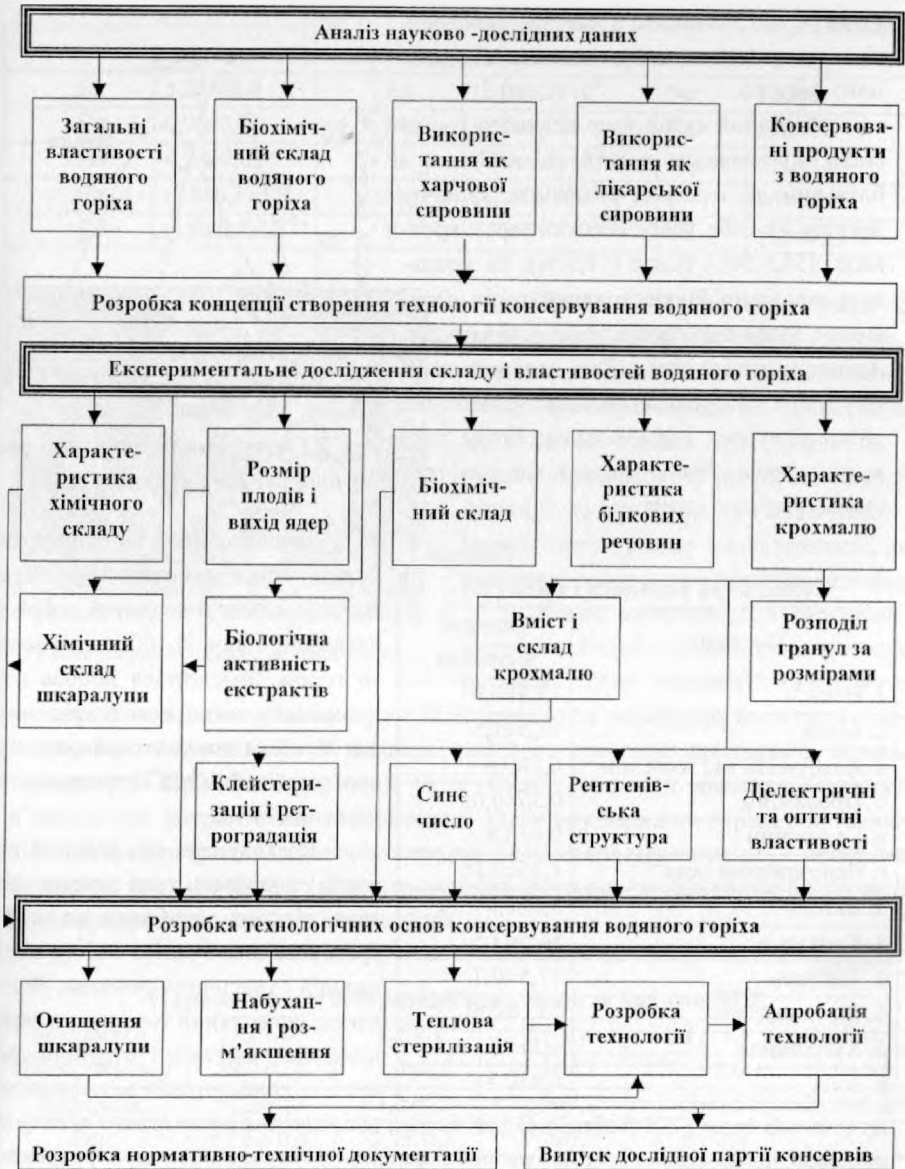


Рис. 1 Програма та головні напрямки досліджень

8...10 %, що дозволило провести усереднення і виключити вплив на властивості сезонного фактора.

Хімічний склад ядер водяного горіха (табл. 1) виявився досить специфічним і близьким до зернових рослинних культур. Звертає на себе увагу високий вміст крохмалю (54,5 %) і білків (17,5 %). За загальною кількістю білків водяний горіх перевищує пшеницю, жито, рис і кукурудзу. Амінокислотний склад білка водяного горіха є добре збалансованим, а його біологічна цінність, судячи з мінімального скору, така ж, як у соєвого білка і вища, ніж у рисі, гречкою горіхові і житі.

Таблиця 1

## Склад ядра водяного горіха (%)

Показник	Середнє значення
1. Вода	13,3±0,9
2. Білки	17,5±1,5
а. Альбуміни та глобуліни	6,2±0,5
б. Проламіни	0,35±0,05
в. Глютеліни	9,6±0,8
г. Нерозчинний осад	1,35±0,15
3. Ліпіди	3,1±0,6
4. Крохмаль	54,5±3,5
а. Амілоза	11,5±0,7
б. Амілопектин	43,0±2,8
5. Клітковина	6,7±0,5
6. Зола	4,9±0,4

по нижчою норм ГПК (табл. 2). В той же час, дослідження елементного складу золи показало, що водяний горіх має здатність накопичувати такі корисні мікроелементи, як залізо, цинк і мідь, а також макроелемент магній. Велика концентрація в органічній сполуці заліза показує, що водяний горіх *Typha natans* може бути джерелом легко засвоюваного органічного заліза. Встановлено, що водяні екстракти ядер водяного горіха показують досить високу біологічну активність.

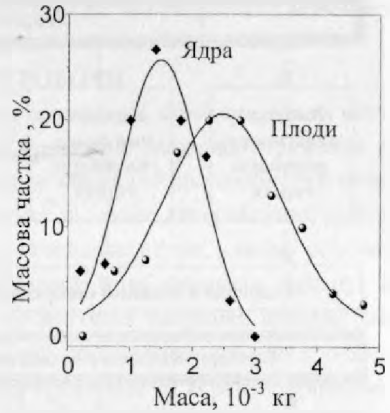


Рис. 2 Гістограми розподілу за масою плодів і ядер водяного горіха

Дослідження амінокислотного складу білків показало, що водяний горіх містить повноцінні добре збалансовані білки. В 100 г ядер водяного горіха знаходиться добова норма незамінних амінокислот, крім лізину, для якого амінокислотний скор відносно зразків ФАО/ВОЗ виявився найменшим (74 %).

Враховуючи, що водяний горіх росте у водоймах, у які можуть скидатися відходи, особлива увага була приділена визначенню вмісту важких металів і токсичних речовин. Встановлено, що водяний горіх не накопичує шкідливих металів і отруйних речовин і їх концентрація виявилася значно нижчою норм ГПК (табл. 2).

Елементний склад золи ядер водяного горіха (мг/100 г)

Fe	5,25±0,04	As	(2,0±0,2)·10 <sup>-4</sup>	Na	18,5±3
Cu	0,96±0,02	Mn	0,55±0,02	Ca	350±70
Zn	4,23±0,02	Se	(4,1±0,5)·10 <sup>-3</sup>	Mg	416±2,5
Pb	(1,4±0,3)·10 <sup>-3</sup>	Hg	(1,1±0,4)·10 <sup>-6</sup>	P	34±1,5
Cd	(1,0±0,4)·10 <sup>-4</sup>	K	410±5	Cr	(1,5±0,3)·10 <sup>-3</sup>

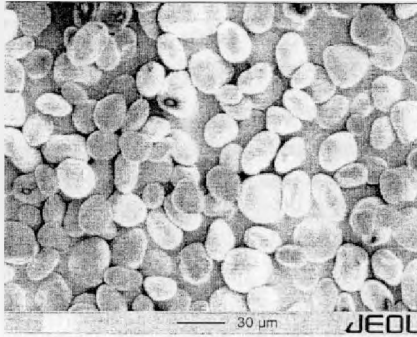


Рис. 3 Гранули крохмалю водяного горіха

Більше 50 % хімічного складу ядра водяного горіха займає крохмаль (рис. 3), тому саме від його властивостей залежить вибір параметрів переробки і консервування водяного горіха. Враховуючи це, вивченню властивостей крохмалю водяного горіха було приділено особливу увагу, і в першу чергу процесу клейстеризації, який вивчався чотирма незалежними методами.

Процес клейстеризації крохмалю відіграє винятково важливу роль при консервуванні. При вивченні клейстеризації крохмалю водяного горіха методом ДСК (рис. 4) та порівнянні його параметрів з іншими крохмальми (табл. 3) виявлені такі його позитивні властивості, як висока температура кінця клейстеризації та її досить широкий діапазон. Зменшення в'язкості при витримуванні крохмального клейстеру водяного горіха при підвищеній температурі (рис. 5), виявлене методом швидкісної вискозиметрії, є позитивним фактором, тому що занадто клейстеризований крохмаль сповільнював би переміщення продукту під час його стерилізації.

Таблиця 3

Параметри клейстеризації крохмалів за даними ДСК

Крохмаль	$T_0(^{\circ}\text{C})$	$T_p(^{\circ}\text{C})$	$T_c(^{\circ}\text{C})$	$T_c - T_0(^{\circ}\text{C})$	$\Delta H(\text{Дж/г})$
Водяний горіх	59,2±0,4	71,0±0,1	86,9±0,2	27,7±0,6	19,0±0,1
Картопля	58,3±0,3	63,2±0,1	72,9±0,2	14,7±0,5	20,6±0,2
Рис	67,6±0,4	72,1±0,2	79,2±0,2	11,6±0,6	17,6±0,1

Методом растрової електронної мікроскопії встановлено, що навіть при високій температурі зберігаються колонії незруйнованих гранул крохмалю (рис. 6), що позитивно впливає на якість консервів. При ретроградації аморфний гель перетворюється в частково кристалічне тверде тіло з характерною шаруватою структурою.

За результатами спектрометричного дослідження крохмально-йодного комплексу визначене синє число крохмалю ( $S=0,48$ ), що підтвердило наявність в крохмалі близько 11,5 % амілози (табл. 1). Рентгеноструктурні дослідження показали, що у крохмалі водяного горіха утворюються ортогональні щільно упаковані кристали так званого А типу, подібні до кристалів кукурудзяного крохмалю і відмінні від менш щільних, більш пухких і більше підданих дії води

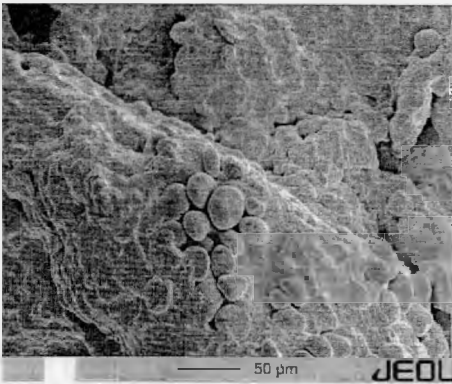


Рис. 6 Електронна мікрофотографія крохмалю водяного горіха після нагрівання водяної суспензії

Дослідження діелектричних властивостей ядер водяного горіха *Trapa Natans* L., його борошна і крохмалю у порівнянні з китайським водяним горіхом та іншими крохмалю встановило, що у водяному горіхові підвищена концентрація зв'язаної води в крохмалі, а його електропровідність має іонну природу і суттєво залежить від його вологості. Дослідження оптичних властивостей в широкому діапазоні довжин хвиль дали додаткові дані про склад і структуру крохмалю водяного горіха.

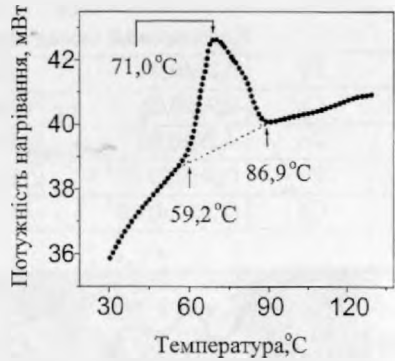


Рис. 4 Диференціальна скануюча калориметрія крохмалю водяного горіха

кристалів Б типу. Отриманий результат є важливим не тільки з наукової, але і з технологічної точки зору. Він пояснює, чому температура клейстеризації крохмалю водяного горіха (як і кукурудзи) вище 70 °С, в той час як картопляний крохмаль із кристалами Б типу клейстеризується вже при 60 °С - більш упаковані щільні кристали складніше руйнуються під дією води.



Рис. 5 Аміліграма крохмалю водяного горіха; отримана методом швидкісної віскозиметрії



Рис. 7 Залежність сили розколювання від часу після охолодження в рідкому азоті

горіха на кілька секунд в рідкий азот для підвищення крихкості шкаралупи. Для вимірювання сили розколювання був сконструйований спеціальний прилад. Теоретично і експериментально вивчено кінетики охолодження горіха в рідкому азоті та наступного нагрівання в атмосферному повітрі і встановлено, що найкращі результати дає занурення в рідкий азот на 5...10 с з механічним розколюванням не пізніше ніж через 30...40 с після перебування в азоті (рис. 7). При витримуванні в азоті більше 10 с відбувається небажане промерзання ядра горіха, а при розколюванні пізніше 40 с витримування в атмосферному повітрі, ефект підвищення крихкості шкаралупи зникає, і розколювання стає небажано грузлим.



Рис. 8 Функціональна схема отримання ядер водяного горіха

Враховуючи результати досліджень, розроблена функціональна схема переробки плодів горіха в очищені ядра (рис. 8), однією з суттєвих операцій якої є обробка плодів водяного горіха в рідкому азоті перед їх розколюванням.

Сухі ядра водяних горіхів перед консервуванням замочують, при цьому відбуваються набухання та зменшення твердості ядер. Вивчення кінетики набухання (рис. 9) дозволило отримати в явному вигляді формулу для залежності ступеня набрякання від часу і температури, з якої отримано вираз для інженерних розрахунків необхідного часу замочування  $t_0$  (хв) при заданій температурі  $T$  °С і необхідному ступені набухання  $\varphi$ , %

$$t_0 = \left[ 40 + 212 \cdot \exp\left(-\frac{T}{27,5}\right) \right] \cdot \ln \left[ 1 - \frac{\varphi_r}{4,7 + 10,8 \cdot \exp\left(\frac{T}{44,4}\right)} \right] \quad (1)$$

Наприклад, при необхідному набуханні  $\varphi_r=40\%$  і температурі  $T=65\text{ }^\circ\text{C}$  розрахований за формулою (1) час замочування становить  $t_0=75,3$  хв. Саме такий режим замочування було включено в технологічну інструкцію по консервуванню водяного горіха. При виборі температури замочування враховано, що вона не повинна бути вище температури клейстеризації, яка становить  $71\text{ }^\circ\text{C}$  (табл. 3). Таким чином, при обраному режимі замочування відбувається набухання, але крохмаль не переходить у розчин і не клейстеризується.

Було встановлено, що твердість горіха зменшується при замочуванні і набуханні, наприклад, при обраному режимі ( $\varphi_r=40\%$ ,  $T=65\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_0=75$  хв) твердість  $\Phi$  зменшується з 100 до 78 ум. одиниць, що позитивно впливає на якість консервів.

З урахуванням результатів проведених досліджень були розроблені технологічні схеми виготовлення консервів "Водяний горіх натуральний" і "Водяний горіх маринований" (рис. 10). За рідину для заливки в натуральних консервах обрано розчин, який містить 3 % солі і 3 % цукру при рН=5,9. В рецептуру маринаду входить також оцет і спеції при рН=2,8. З огляду на те, що розробка режиму консервування водяного горіха проводилася вперше, як вихідні параметри були використані режими стерилізації консервів з бобових.

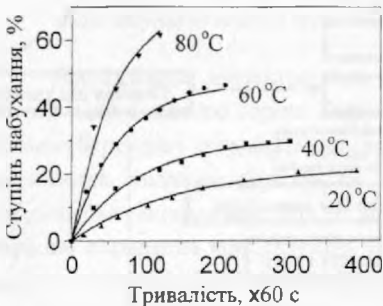


Рис. 9 Кінетика набухання ядер водяного горіха при різних температурах води

Розробку режиму стерилізації проводили відносно до скляної тари типу Ш-66-350. Враховуючи величини кислотності консервів, як тест-мікроорганізми для "Водяного горіха натурального" були обрані *C.botulinum*, *C.sporogenes* та *B.stearotherophilus*, а для "Водяного горіха марино-

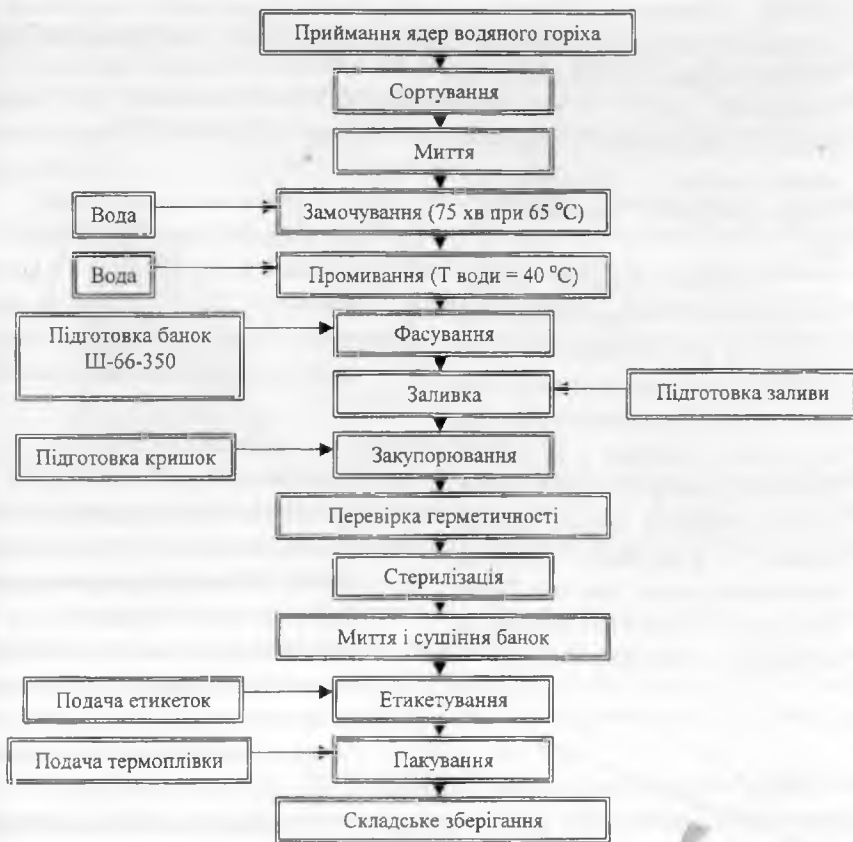


Рис. 10 Функціональна схема виготовлення консервів  
 “Водяний горіх натуральний” і “Водяний горіх маринований”

Таблиця 4

Характеристики режиму стерилізації

Найменування консервів	рН	Тара	Темп. фасув., °C	Режим стерилізації	Летальність, ум. хв		
					Символ	Необхідна	Фактична
Водяний горіх натуральний	5,9	Ш-66-350	85	$\frac{25-50-25}{120^{\circ}\text{C}} \cdot p$	$F_{121}^{12}$	18,3	21,5
Водяний горіх маринований	2,8	Ш-66-350	80	$\frac{20-5-20}{100^{\circ}\text{C}} \cdot p$	$A_{80}^{15}$	50	84,9

ваного" - *V.macerans*, *S.butyricum*, та *P.glaucum*. Розроблені і скориговані режими стерилізації консервів, як витикає з експериментальних даних прогріву продуктів та відповідних розрахунків фактичної летальності (рис. 11 і рис. 12) і (табл. 4), забезпечують знищення мікроорганізмів – збудників псування продуктів і харчових отруєнь.

Остаточні формули консервування мають такий вигляд –  $(25-50-25)/120$  для натурального і  $(20-5-20)/100$  для маринованого водяного горіха. Органолептична оцінка готової продукції і дегустація консервів показала, що вони мають гарний зовнішній вигляд, прозору заливку із природним кольором, приємним смаком і запахом. Вміст шкідливих і токсичних речовин не перевищує встановлених норм.

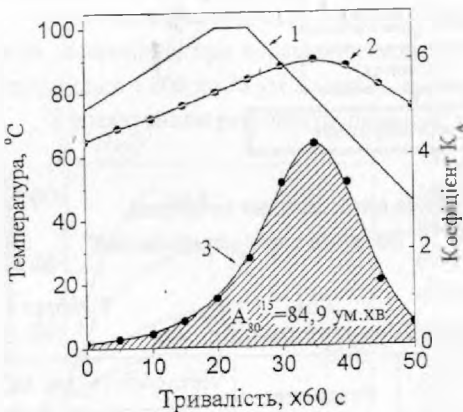


Рис. 12 Характеристика режиму стерилізації консервів "Водяний горіх маринований" за формулою  $(20-5-20)/100$  °C: 1 – програмований прогрів автоклава; 2 – прогрів продукту; 3 – крива летальності

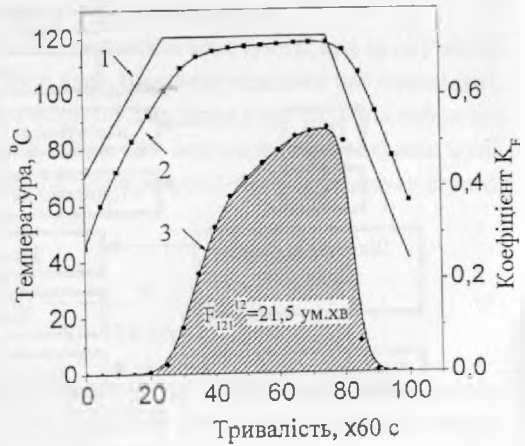


Рис. 11 Характеристика режиму стерилізації консервів "Водяний горіх натуральний" за формулою  $(25-50-25)/120$  °C: 1 – програмований прогрів автоклава; 2 – прогрів продукту; 3 – крива летальності

Розрахунок економічної ефективності від впровадження розробленої технології, починаючи з вилування водяних горіхів і очищення шкаралупи до їх консервування, показав, що використання водяного горіха в харчовій промисловості є доцільним і економічно вигідним. Техніко-економічні розрахунки показали, що собівартість неочищеного горіха складає 27 коп за 1 кг, а очищеного – 2 грн 43 коп за 1 кг. Собівартість однієї банки консервів об'ємом 350 см<sup>3</sup> з ядер водяного горіха складає 1 грн 18 коп. При ціні 1 грн 70 коп за 1 банку капіталовкладення на організацію цеху кон-

сервування водяного горіха окупаються за 1 рік.

Водяний горіх має багатий і насичений смак, тому його можна вживати як окремо, так і додавати в йогурт чи кефір, салати, супи і гарніри. Він не містить насичених жирів і холестерину, тому його вживання сприятливо позначається на роботі серця.

Застосування водяного горіха в харчовій промисловості сприятиме розв'язанню регіональної проблеми підтримки в належному стані заростей водяного горіха у водоймах півдня Одеської області шляхом щорічного контрольованого вилучення частини врожаю і її переробки в харчову сировину. Частину коштів від отриманого економічного ефекту можна використати для поліпшення екологічного стану в районах, де росте водяний горіх.

## ВИСНОВКИ

1. На підставі узагальнення результатів експериментальних та аналітичних досліджень властивостей водяного горіха європейського *Trapa Natans L.* обґрунтована можливість його використання як харчової сировини та розроблена технологія виготовлення консервів на його основі.

2. Встановлено, що водяний горіх має високу харчову цінність і не містить шкідливих речовин. Харчова цінність водяного горіха полягає в поєднанні малої енергетичної цінності (340 ккал на 100 г), високого вмісту білків (17,5 %), високої збалансованості амінокислотного складу білків та високої концентрації важливих мікроелементів.

3. Виявлено, що понад 50 % хімічного складу ядра водяного горіха займає крохмаль, властивості якого суттєво впливають на вибір режимів консервування. Встановлено, що крохмаль водяного горіха має високу температуру максимуму клейстеризації (71 °C) і великий діапазон клейстеризації (близько 28 °C), що дає змогу вибрати температуру замочування на рівні 65 °C. Виявлена неоднорідність клейстеризації із збереженням колоній незруйнованих гранул навіть після кип'ятіння у воді, зі зниження в'язкості при високій температурі, що сприяє кращому перемішуванню продукту при стерилізації.

4. Вдосконалено метод визначення температури клейстеризації крохмалю за рахунок застосування лазерної візуалізації моменту початку клейстеризації. За величиною синього числа встановлено, що крохмаль водяного горіха містить в 4 рази більше амілопектину, ніж амілози, що визначає відносну стабільність крохмалю при підвищених температурах. Методом рентгеноструктурного аналізу ідентифікована кристалічна фракція крохмалю водяного горіха, як така, що має структуру чистого А-типу, подібну до структури крохмалю кукурудзи.

5. Встановлено, що електрична провідність і діелектрична проникність в області низьких частот ядер водяного горіха, борошна і крохмалю різко відрізняються

від відповідних параметрів кукурудзи, пшениці і картоплі, що свідчить про іонну провідність і вплив зв'язаної води, до якої особливо чутливий метод діелектричної спектроскопії. У такий спосіб була показана перспективність використання електричних методів для визначення вмісту зв'язаної води.

6. На підставі дослідження спектрів ядер і крохмалю водяного горіха *Trapa Natans L.* в широкому діапазоні довжин хвиль, показано що з огляду на внутрішньо-молекулярні і міжмолекулярні зв'язки крохмалі європейського та китайського водяного горіха, а також крохмалі кукурудзи і картоплі мають подібну структуру. Проведені дослідження не виявили істотних відмінностей водяного горіха за цими властивостями і підтвердили наявність у водяному горіхові підвищеного вмісту зв'язаної води.

7. Розроблено і науково обґрунтовано новий метод підвищення крихкості шкаратупи і поліпшення умов розколювання водяного горіха із зануренням їх у рідкий азот з наступним механічним розколюванням. З огляду на простоту зазначеного методу і відносну дешевизну рідкого азоту (0,57 грн/л), дана обробка включена в технологічну схему одержання ядер водяного горіха для їх наступного консервування (Деклараційний патент на корисну модель, №5503 від 23.06.2004.).

8. На базі експериментальних та аналітичних досліджень процесів набухання і розм'якшення ядер водяного горіха при замочуванні виведено робочу формулу для інженерних розрахунків часу, необхідного для замочування ядер водяного горіха за заданим ступенем набрякання і температурою. Із застосуванням цієї формули розраховано режим замочування перед консервуванням водяного горіха (ступінь набухання 40 %, температура 65 °С, тривалість 75 хв).

9. Розроблено технологію виготовлення двох видів консервів на основі водяного горіха – "Водяний горіх натуральний" та "Водяний горіх маринований". Розраховані режими стерилізації і розроблені нормативні документи. Проведено апробацію дослідної партії консервів, яка показала їх відповідність існуючим нормам. На базі техніко-економічних розрахунків встановлено, що використання водяного горіха як харчової сировини є доцільним і економічно вигідним. Проведена робота має соціальний ефект, тому що контрольований щорічний вилов водяного горіха і його переробка в харчову сировину дає змогу підтримувати в належному стані зарості водяного горіха у водоймах півдня Одеської області і покращить екологічний стан в цьому регіоні.

#### ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Федосова К.С. Застосування рідкого азоту для підвищення крихкості шкаратупи при розколюванні водяного горіха / Федосова К.С., Безусов А.Т. // Холодильна техніка і технологія. – 2003 . – №2 (82). – С. 55-60.

*Особистий внесок:* проведення експериментальних досліджень, наукове обґрунтування результатів.

2. Федосова К.С. Набухание и размягчение ядер водяного ореха в процессе замачивания / Федосова К.С., Безусов А.Т. // Известия вузов. Пищевая промышленность. – 2004. – №2-3. – С. 63-67.

*Особистий внесок:* проведення досліджень, наукове обґрунтування результатів, підготовка статті до друку.

3. Федосова К.С. Водяний горіх – новий нетрадиційний вид харчової сировини для консервування / Федосова К.С., Безусов А.Т. // Зб. наук. праць ОНАХТ. – Одеса, 2003. – вип. 25. – С. 95-99.

*Особистий внесок:* проведення експериментальних досліджень та узагальнення отриманих результатів.

4. Федосова К.С. Сравнение структуры крахмала водяного ореха (*Trapa natans L.*) с крахмалами кукурузы и картофеля // “Food Science, Technique and Technologies” – Scientific Works, University of Food Technologies – Plovdiv (Bulgaria), 2004. – vol. LI. – №3. – P.205-210.

5. Федосова К.С. Біохімічний склад ядра водяного горіха (*Trapa natans L.*) // Зб. наук. праць НУХТ. – Київ, 2004. – вип. 15, с. 46-48.

6. Федосова К.С. Клейстеризація крохмалю водяного горіха (*Trapa natans L.*) / Федосова К.С., Брийс К., Безусов А.Т. // Зб. наук. праць ОНАХТ. – Одеса, 2004. – вип. 27, с.54-58.

*Особистий внесок:* підготовка зразків для проведення експериментальних досліджень, обробка та наукове обґрунтування результатів, підготовка до друку.

7. Федосова К.С. Біологічна активність екстрактів водяного горіха / Федосова К.С., Литвина Т.М., Безусов А.Т. // Зб. наук. праць ОНАХТ. – Одеса, 2003. – вип. 26. – С. 45-47.

*Особистий внесок:* проведення експериментальних досліджень, обробка результатів та підготовка матеріалів до друку.

8. Федосова К.С., Безусов А.Т. Спосіб очищення водяного горіха від шкаралупи / Деклараційний патент на корисну модель, №5503 від 23.06.2004. Опубл. 23.06.2005, Бюл. №3, 2005 р.

*Особистий внесок:* проведення експериментальних досліджень, розробка формули, підготовка матеріалів заявки.

9. Безусов А.Т., Федосова К.С. Перспективи використання водяного горіха в харчовій промисловості (огляд) Одес. нац. акад. харчових технологій. - Одеса, 2004. – 23 с. – Бібліогр.: 55 назв. – Укр. – Деп. в ДНТБ України 05.01.04, №6 – Ук2004 Анот. опубл. у бібліогр. показнику – ВИНТИ РАН “Депонированные научные работы” 2004, № 10.

*Особистий внесок:* підбір літератури, її аналіз та систематизація, підготовка до друку.

10. Fedosova K. Atomic absorption determination some of heavy metals in water-chestnut using furnace-flame atomizer / Fedosova K., Zacharia A., Bezusov A. // Book of Abstracts, 2<sup>nd</sup> Black Sea Basin Conference on Analytical Chemistry, 2003, Shile-Istanbul, Turkey, Part I, P. 64.

*Особистий внесок:* дослідження складу мікроелементів у водяному горіхові, обробка результатів вимірювань.

11. Федосова К.С. Дослідження процесів очищення і набрякання водяного горіха перед консервуванням / Федосова К.С., Безусов А.Т. // Матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. "Розробка і виробництво продуктів функціонального харчування, інноваційні технології та конструювання обладнання для переробки сільгоспсировини, культура харчування населення України". – НУХТ. – Київ, 2003. – С.129.

*Особистий внесок:* проведення експериментальних досліджень, наукове обґрунтування результатів.

12. Федосова К.С. Диэлектрические свойства водяного ореха / Федосова К.С., Безусов А.Т. // Тезисы докладов 4-ой Международной конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств». – Могилев (Білорусь), 2004. – С. 136-137.

*Особистий внесок:* проведення досліджень, наукове обґрунтування результатів.

## АНОТАЦІЯ

Федосова К.С. Розробка технології консервування водяного горіха. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.13 – технологія консервованих продуктів. – Одеська національна академія харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Одеса, 2005.

Дисертація присвячена розробці технології консервування водяного горіха *Trapa Natans L.* Комплексно вивчені фізико-хімічні і біохімічні властивості водяного горіха. Показано, що він має високу харчову цінність і не містить шкідливих речовин. Детально вивчені клейстеризація і ретроградація крохмалю водяного горіха. Встановлено, що він має високу температуру і великий діапазон клейстеризації, що сприятливо впливає на режим стерилізації. Для визначення температури клейстеризації застосовано новий метод лазерної візуалізації. За значенням синього числа встановлено, що в крохмалі водяного горіха міститься в 4 рази більше амілопектину, ніж амілози. Діелектричні вимірювання показали, що водяний горіх має іонну провідність, на яку суттєво впливає наявність зв'язаної води. Дослідження спектрів ядер

і крохмалю водяного горіха показали, що за структурою внутрішніх зв'язків він схожий до інших рослинних крохмалів.

Для підвищення крихкості шкаралупи і поліпшення умов розколювання водяного горіха розроблено, науково обґрунтовано та запатентовано новий метод очищення із зануренням у рідкий азот і наступним механічним розколюванням. З порівняння теоретичних і експериментальних даних виведена робоча формула для розрахунків необхідного часу замочування. Розроблено технологію виготовлення двох видів консервів на основі водяного горіха, апробація яких дала позитивний результат, а техніко-економічні розрахунки підтвердили, що використання водяного горіха, як нового виду сировини для харчової і консервної промисловості, є доцільним і економічно вигідним.

**Ключові слова:** водяний горіх, *Trapa Natans*, рогульник, чилім.

### АННОТАЦИЯ

Федосова Е.С. Разработка технологии консервирования водяного ореха. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.13 – технология консервированных продуктов. – Одесская национальная академия пищевых технологий Министерства образования и науки Украины, Одесса, 2005.

Диссертация посвящена разработке технологии консервирования водяного ореха *Trapa Natans L.* Комплексное изучение основных физико-химических и биохимических свойств водяного ореха *Trapa Natans L.* показало, что он обладает высокой пищевой ценностью и не содержит вредных веществ. Его состав характеризует высокое содержание белков (14 %), из которых около 40 % составляют альбумины и глобулины. Более 50 % химического состава ядра водяного ореха занимает крахмал, свойства которого во многом определяют выбор режимов консервирования. Водяной орех как источник легко усвояемого органического железа может служить добавкой к пищевым продуктам по этому микроэлементу.

Изучение клейстеризации и ретроградации крахмала водяного ореха методами дифференциальной сканирующей калориметрии и скоростной вискозиметрии показало, что этот крахмал характеризуется высокой температурой клейстеризации (71 °C) и большим диапазоном клейстеризации (28 °C), что благоприятно влияет на выбор режимов консервирования. Электронно-микроскопическое исследование показало, что клейстеризация проходит неоднородно, т.к. имеются агломераты из гранул крахмала, которые остаются неизменными даже после кипячения в воде.

Впервые для определения температуры клейстеризации применен метод лазерной визуализации момента начала клейстеризации. По величине синего числа удалось установить, что в крахмале водяного ореха содержится в 4 раза больше

к.б. 14558

ОНАХТ

амилопектина, чем амилозы. Рентгеноструктурным методом идентифицирована кристаллическая фаза крахмала водяного ореха, как структура чистого А-типа.

Исследование методом диэлектрической спектроскопии электрической проводимости и диэлектрической проницаемости ядер водяного ореха, муки и крахмала, а также крахмалов кукурузы, пшеницы и картофеля показало наличие в водяном орехе большой концентрации связанной воды. Показана перспективность использования электрических методов для определения концентрации связанной воды. Сравнительное исследование спектров ядер и крахмала водяного ореха *Trapa Natans L.* в широком диапазоне длин волн с китайским водяным орехом и с крахмалами кукурузы и картофеля показали, что все изученные крахмалы имеют сходную структуру в части внутримолекулярных и межмолекулярных *O-H* связей.

Для повышения хрупкости скорлупы и улучшения условий раскалывания разработан и научно обоснован новый метод очистки водяных орехов, на который получен патент Украины, и включающий погружение водяных орехов в жидкий азот с последующим механическим раскалыванием. Такая обработка включена в технологическую схему получения ядер водяного ореха с целью их последующего консервирования.

Теоретически и экспериментально изучены процессы набухания и размягчения ядер водяного ореха в воде. Выведена рабочая формула для инженерных расчетов необходимого времени замачивания ядер водяного ореха по заданной степени набухания и температуре обработки. С соответствующей корректировкой постоянных коэффициентов полученная формула может быть использована для других продуктов, набухание которых соответствует кинетике первого порядка.

Разработаны технология консервирования водяного ореха и соответствующая нормативно-техническая документация. Апробация разработанной технологии показала ее соответствие существующим нормам, а технико-экономические расчеты подтвердили, что использование водяного ореха в качестве нового нетрадиционного вида сырья для пищевой и консервной промышленности является целесообразным и экономически выгодным.

**Ключевые слова:** водяной орех, *Trapa Natans*, рогульник, чилим.

## SUMMARY

Fedosova K. S. Development of the water chestnut preserving technology. - Manuscript.

Dissertation for obtaining the scientific degree of the Candidate of Technical Sciences on the specialty of 05.18.13 – Technology of Canned Food Products. – Odessa National Academy of Food Technologies, the Ministry of Education and Science of the Ukraine, Odessa, 2005.

The dissertation is related to development of the canning technology of the *Trapa Natans L* water chestnut variety. A comprehensive experimental study has been performed of the main physical, chemical and biochemical properties of the water chestnut, affecting considerably the development of the canning technology. It has been shown that the water chestnut has a high nutrition value and a high biological activity not containing at the same time any detrimental substances. Gelatinisation and retrogradation of the water chestnut starch have been investigated in detail. It was found that it has the high gelatinisation temperature and a wide gelatinisation range, both favorably affecting the canning technology. A new method of the laser visualization has been applied for determining the gelatinisation temperature. It has been found from the value of the blue number that there is 4 times more amylopectin in the water chestnut starch than that of amylosa. Dielectric measurements have shown that the water chestnut is characterized by the ionic conductivity considerably affected by content of the bound water. Spectroscopic measurements in the wide range of wavelength revealed the similarity of the water chestnut starch with other vegetative starches in relation to the structure of O-H bonds.

A new method of the water chestnut decortication has been developed and scientifically grounded. In order to increase the brittleness of the water chestnut shell it was suggested to immerse the chestnut in liquid nitrogen for 5 to 10 s followed by mechanical decortication not later than 30 to 40 s after its extraction from the liquid nitrogen. Approbation of the developed technology on the pilot lot of the canned water chestnut has shown its compliance with existing norms and regulations.

A new formula has been obtained for calculating the required soaking time from given values of the swelling degree and temperature. Approbation of the developed canning technology gave the positive result. Economical and technical calculations confirmed feasibility and economic expediency of the application of the water chestnut as a raw material for food and canning industries.

**Key words:** water chestnut, *Trapa Natans*, caltrop.