

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

DOI : 10.33274/2079-4827-2020 -41-2-47-56
УДК 664.8.036-047.37

Дмитревський Д. В., канд. техн. наук, доцент¹
Перекрест Н. Г., асистент²
Перекрест В. В., асистент²
Гейер Г. В., д-р екон. наук, професор²
Расчехмаров І. В., студент²

¹ Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків, Україна, e-mail: oborud.hduht@gmail.com, dmitrevskyidv@gmail.com

² Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: perekrest@donnuet.edu.ua

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ПЛОДІВ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ ЯБЛУЧНОГО ПЮРЕ

UDC 664.8.036-047.37

*Dmytrevskiy D. V., PhD in Engineering sciences,
Associate Professor¹*
Perekrest N. G., Assistant Professor²
Perekrest V. V., Assistant Professor²
*Heiier H. V., Grand PhD in Economy sciences,
Professor¹*
Raschekhmarov I. V., Student²

¹ Kharkiv State University of Food Technology and Trade (Kharkiv, Ukraine), e-mail: oborud.hduht@gmail.com

² Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Kryvyi Rih, Ukraine), e-mail: perekrest@donnuet.edu.ua

DETERMINATION OF PARAMETERS OF THE PROCESS OF HEAT TREATMENT OF FRUITS IN THE MANUFACTURE OF APPLE PUREE

Мета. Метою статті є визначення раціональних параметрів процесу термічної обробки плодів під час виготовлення яблучного пюре.

Методи. Розроблений комбінований спосіб виготовлення яблучного пюре складається з процесу термічної обробки плодів парою та їх подальшого механічного подрібнення. Основним завданням під час проведення досліджень комбінованого процесу виготовлення яблучного пюре було визначення раціональної тривалості термічної обробки, оскільки теплова обробка яблук є одним із основних етапів у процесі отримання яблучного пюре. Сировину піддають термічній обробці, яку проводять у водяній парі, в гарячій воді, а також під час контакту з поверхнею нагрівання, перед різанням, подрібненням і протиранням. Для дослідження впливу термічної обробки на сировину було спроектовано та виготовлено експериментальну установку. Основними факторами були обрані надлишковий тиск пари та температура. Початковим параметром була питома сила проникнення індентора. Експерименти проводилися на різних сортах яблук з різним вмістом твердих речовин.

Результати. Проаналізовано існуючі технології приготування яблучного пюре. Доведено необхідність вдосконалення процесу виготовлення яблучного пюре та обладнання для його реалізації. Обґрунтовано актуальність проведення експериментальних досліджень для визначення раціональних параметрів стадії термічної обробки. Отримано залежності впливу па-

Надійшла до редакції 12.10.2020 р. © Д. В. Дмитревський, Н. Г. Перекрест,
В. В. Перекрест, Г. В. Гейер, І. В. Расчехмаров, 2020

раметрів термообробки на структурно-механічні властивості сировини. Було встановлено, що збільшення тиску пари і тривалості процесу термообробки збільшує глибину теплової обробки яблука і зменшує зусилля проникнення продукту.

Отримано залежність питомих зусиль проникнення яблук від надлишкового тиску пари та тривалості термічної обробки гарячої пари для різних сортів яблук. Було встановлено, що на глибину термічної обробки поверхневого шару яблук впливають різні сорти плодів та термін зберігання. Глибина термічної обробки яблук під час бланшування збільшується зі збільшенням тиску.

Визначено, що після процесу теплової обробки яблук величина сили тиску різання буде різною. Встановлено, що на силу різання впливає тиск пари, тривалість процесу термообробки, термін зберігання, а також такий показник, як сорт яблук. Визначено, що після процесу термічної обробки зусилля зрізання яблук літнього сорту менше, ніж зусилля зрізання яблук зимового сорту. Зі збільшенням терміну зберігання яблук цінність нарізки після її термічної обробки зростає.

Експериментально доведено, що за однакових параметрів термообробки глибина термічної обробки яблук буде більшою для яблук, що мають менші геометричні розміри. Але встановлено, що різниця в глибині термічної обробки яблук суттєво не відрізняється залежно від геометричних розмірів. Ці дані вказують на те, що різниця у впливі процесу теплової обробки парою надлишкового тиску на яблуко, що відрізняється геометричними розмірами, є незначною і дозволяє проводити комбінований процес обробки, що, у свою чергу, суттєво зменшить складність та енергоємність процесу переробки. Визначено раціональні параметри процесу термічної обробки плодової сировини.

Ключові слова: яблучне пюре, термічна обробка, протирання, пенетрація, зусилля різання, подрібнення, концентрування пюре.

Постановка проблеми. Продукти харчування рослинного походження мають важливе значення в раціоні харчування. У ресторанному господарстві, крім свіжих плодів і овочів, застосовуються перероблені продукти з плодів і овочів.

Розповсюдженими продуктами переробки плодів і ягід є повидло, варення, джеми, цукати і плодово-ягідне пюре, склад і корисні властивості яких практично повною мірою визначаються складом виду сировини, що переробляється, і технологією отримання продукту. На сьогодні пріоритетними завданнями консервного виробництва є створення технології для збільшення випуску харчової продукції підвищеної харчової цінності, мінімізації витрат корисних біологічно активних речовин, максимального використання природного потенціалу сировини. Цей вид продукції затребуваний багатьма кондитерськими підприємствами і підприємствами ресторанного господарства. Плодово-ягідне стерилізоване пюре являє собою подрібнену м'якоть плодів, ягід без шкірки, кісточок, волокон, насіння. Всі візуальні і смакові параметри повинні збігатися з вихідними ягодами і плодами. Колір яблучного пюре за нормами — від світло-жовтого кольору до кремового. Пюре консервоване виробляється шляхом теплової стерилізації зі свіжих протертих плодів, ягід і овочів одного або декількох видів з додаванням цукру або без нього [1].

Одним із найбільш поширених видів плодово-ягідної продукції тривалого зберігання є консерви. Фруктові консерви становлять понад 80 % обсягу випуску консервів для дитячого харчування. Найбільш широко розповсюдженими є пюреподібні фруктові консерви, які за харчовою цінністю майже не поступаються свіжим плодам, а за засвоюваністю навіть перевершують їх.

Недоліками існуючих випарних апаратів для виробництва пюреподібних концентратів є недостатня збалансованість хімічного складу одержуваного пюреподібного концентрату через неможливість переробки декількох видів продукції, значні матеріальні та енергетичні витрати, зумовлені необхідністю перевантажувальних і транспортних операцій між машинами, встановленими в лінії, низька продуктивність, обумовлена витратою часу на допоміжні операції [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основною сировиною для виробництва фруктових пюре є яблука, груші, абрикоси, сливи, малина, чорна смородина, шипшина та інші фрукти і ягоди.

З метою скорочення обсягів зберігання плодових і овочевих рідких напівфабрикатів, а також для отримання готового консервованого продукту на підприємствах використовується процес концентрування, сутність якого полягає в підвищенні концентрації розчинених речовин за рахунок видалення води шляхом випаровування, виморожування, ультрафільтрації [3].

Видалення вологи з продукту під час кипіння є найбільш широко розповсюдженим способом концентрування.

Харчові продукти, що піддаються концентруванню, являють собою складну систему, в якій, крім розчинених у воді цукрів, органічних кислот, мінеральних солей та інших речовин, містяться частинки різного ступеня дисперсності [4].

Випарювання води супроводжується складними фізико-хімічними змінами. У процесі випарювання збільшуються щільність продукту та його в'язкість. Під дією тепла відбувається коагуляція білків, гідроліз складних органічних сполук, а також реакції з'єднання — меланоїдиноутворення, карамелізація і низка інших. Таким чином, під час концентрування безперервно змінюються основні властивості продукту. Тому вибір режимів і умов концентрування є важливішою роботою у створенні технологічного процесу і пристроїв для концентрування харчових продуктів. Вибір випарної установки визначається видом оброблюваного продукту. Крім того, необхідно враховувати такі аспекти, як: продуктивність за продуктом і за випареною вологою; ступінь концентрації, вміст сухих речовин в початковому продукті; теплочутливість продукту, можлива температура і тривалість обробки; реологічні властивості продукту, тенденція до пригорання; витрати на установку та експлуатацію залежно від випарної здатності гріючої поверхні [5].

Перспективний спосіб, який пропонується до розгляду, базується на використанні багатофункціонального пристрою, що дозволяє проводити кілька технологічних процесів.

Мета статті — визначення раціональних параметрів процесу термічної обробки плодів під час виготовлення яблучного пюре.

Виклад основного матеріалу досліджень. Теплова обробка яблук є однією з основних стадій в технологічному процесі отримання пюре. Плодоовочеву сировину перед нарізанням, подрібненням і протиранням піддають тепловій обробці, яку проводять в середовищі водяної пари, в гарячій воді, водних розчинах кислоти, луги, кухонної солі, гарячих тваринних або рослинних жирах, а також шляхом зіткнення з поверхнею нагріву.

Для забезпечення потрібної глибини теплової обробки необхідно встановити раціональну тривалість обробки яблук парою або водою [6].

Під час проведення досліджень встановлювалась залежність глибини термічної обробки яблук від тривалості обробки її водою, парою, тиску пари.

Відомо, що під час теплової обробки механічна міцність рослинної тканини знижується, у результаті чого продукт розм'якшується. Це пов'язано з ослабленням зв'язку між клітинами рослинної тканини, що є причиною зниження опірності тканини механічним впливом при подрібненні і протиранні. Отже, клітини рослинної тканини легко відділяються одна від одної. Це пов'язано зі змінами полісахаридів клітинних стінок [7].

Завданням розробки є підвищення якості готового пюре за рахунок послідовного використання суміщених механізмів для подрібнення, протирання, уварювання, перемішування, введення необхідних додаткових компонентів і більш рівномірної обробки внаслідок використання раціональних конструкцій ножів, перфорованих витків шнека для переробки плодів [8].

Метою досліджень було визначення раціональної тривалості теплової обробки яблук для отримання пюре. Бланшування яблук проводили в киплячій воді протягом 90 хв за атмосферного тиску і гострою парою за температури 120 ± 5 °C протягом 30 хв.

Для об'єктивної оцінки ступеня розм'якшення структури яблук під час теплової обробки ввели показник питомого зусилля пенетрації. Цей показник характеризує зміни

механічної міцності структури сировини під час переробки і дозволяє судити про його готовність до подальшої технологічної стадії (подрібнення).

Процес зміни механічної міцності тканини яблук можна умовно розділити на два періоди. Перший період характеризується відносно інтенсивним зниженням механічної міцності тканини до моменту готовності до подальшої технологічної стадії. Для яблук, оброблених в гарячій воді і гострою парою, цей період за тривалістю склав 70 і 20 хв, міцність тканини при цьому знизилася в 9,5 рази. Другий період характеризується різким уповільненням темпу зниження механічної міцності тканини після її розм'якшення до ступеня готовності до подальшої технологічної стадії. Для яблук міцність тканини за період теплової обробки в гарячій воді протягом 70–90 хв і гострою парою протягом 20–35 хв знизилася всього в 1,5 рази.

Відповідні експериментальні дані наведено на рис. 1–3.

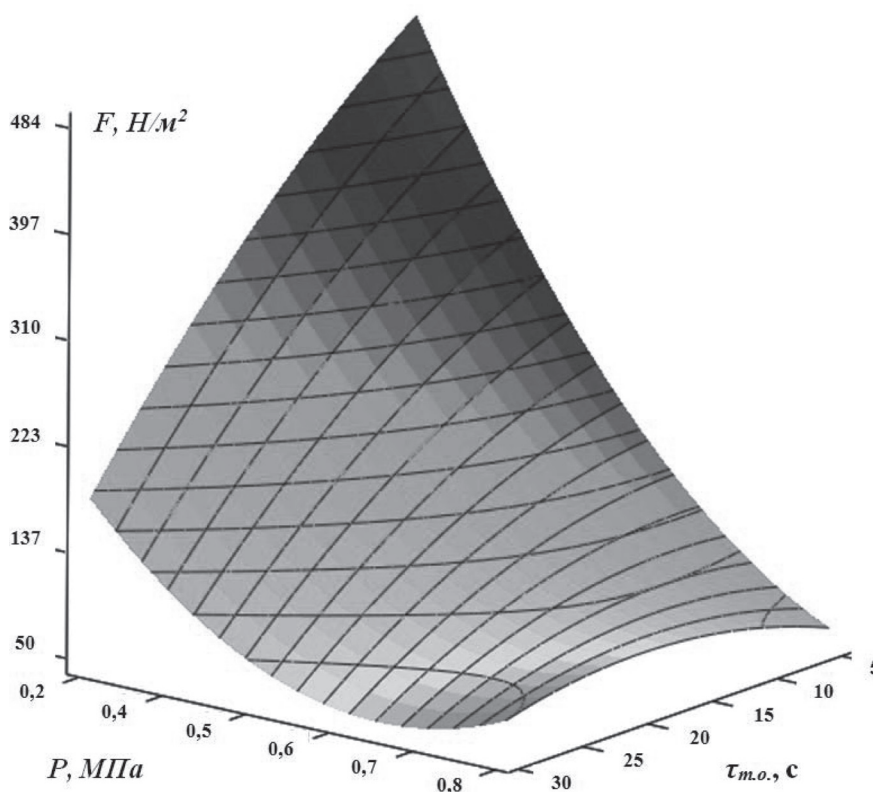


Рисунок 1 — Залежність питомого зусилля penetрації яблук F , (Н/м^2) від надлишкового тиску пари P , МПа та тривалості термічної обробки гострою парою $\tau_{\text{т.о.}}$, хв. Сорт Айдаред

Було встановлено, що в результаті теплової обробки гарячою водою вміст протопектину в яблуках знижується на 48,4 %, а гострою парою — на 39,1 %. Зменшення вмісту протопектину пов'язано з його гідролізом, який починається при температурі 60 °C і вище.

Дослідним шляхом встановили необхідну міцність рослинної тканини для подальшої обробки на протиральних машинах, де питоме зусилля penetрації взяли рівним 70–100 Н/м^2 .

За даними досліджень можна зробити висновок, що найменші втрати масової частки сухих речовин відбуваються під час теплової обробки яблука гострою парою. Тому в подальшому під час підготовки яблука до наступної технологічної стадії раціонально використовувати спосіб теплової обробки гострою парою протягом 20–23 хв.

З метою дослідження процесу бланшування гострою парою скористалися експериментально-статистичним підходом. Дослідження питомого зусилля penetрації проводили на реометрі.

Були здійснені експерименти на різних сортах яблук з різним вмістом сухих речовин, наведених у вигляді поверхні відгуку і двовимірних перерізів.

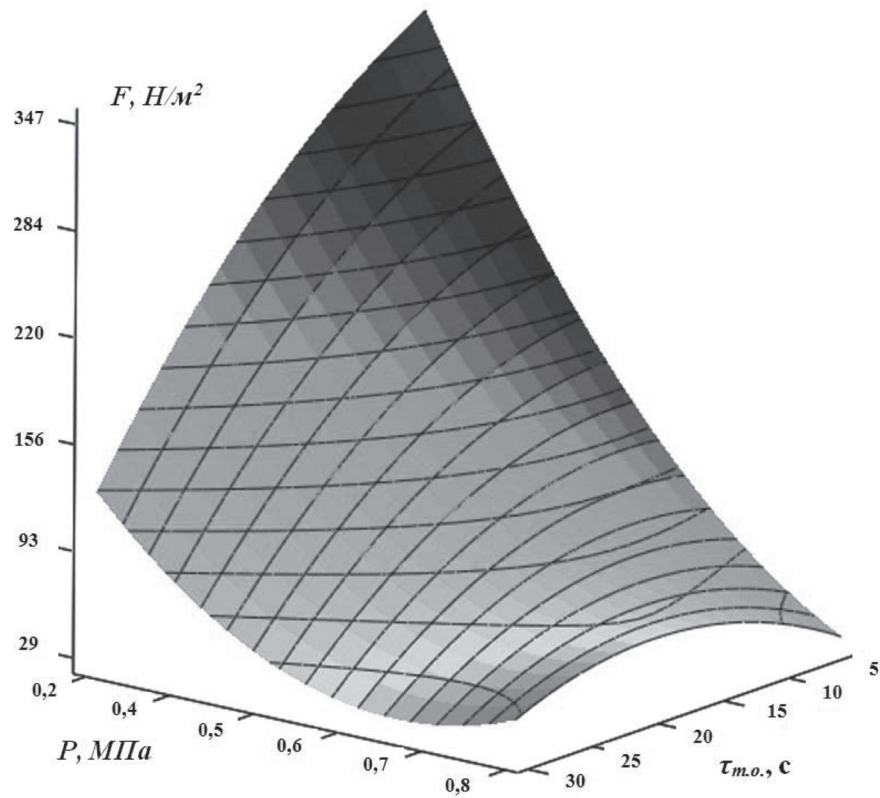


Рисунок 2 — Залежність питомого зусилля penetрації яблук F , (Н/м²) від надлишкового тиску пари P , МПа та тривалості термічної обробки гострою парою $\tau_{т.о.}$, хв. Сорт Папіровка

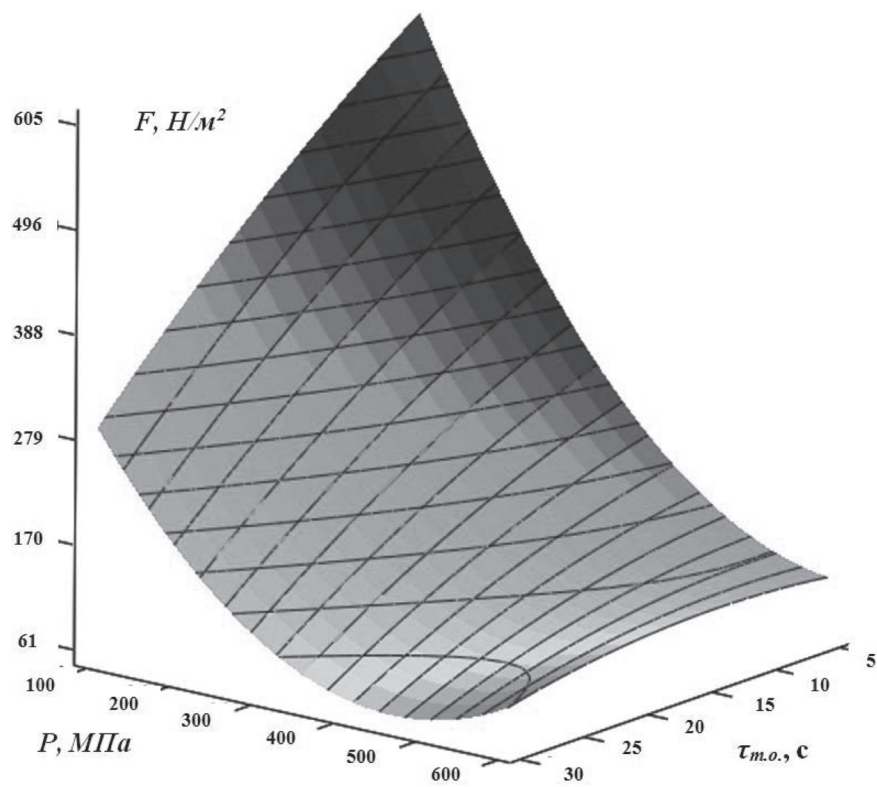


Рисунок 3 — Залежність питомого зусилля penetрації яблук F , (Н/м²) від надлишкового тиску пари P , МПа та тривалості термічної обробки гострою парою $\tau_{т.о.}$, хв. Сорт Симиренко

Загальною технологічною вимогою до пюреподібних продуктів, які отримані після подрібнення, є те, що пюре повинно являти собою однорідну масу, величина окремих частинок якої не повинна перевищувати 0,5...2 мм (залежно від виду подрібнювальної машини).

Подрібнення сировини здійснюють для додання йому певної форми і полегшення подальших процесів (протирання, гомогенізація, фасування) під час отримання пюре. Процеси подрібнення умовно поділяють на велике, середнє, дрібне дроблення і тонке подрібнення. Залежно від розмірів вихідного і подрібненого матеріалу розрізняють такі види подрібнення: велике дроблення (розмір шматків 100–300 мм); середнє дроблення (розмір шматків 10–50 мм); дрібне дроблення (розмір шматків 2–10 мм); тонке подрібнення (розмір шматків 0,075–2 мм) [9].

У теперішній час на консервних заводах подрібнення проводиться в три етапи: попереднє подрібнення шляхом дроблення (2...10 мм), бланшування, тонке подрібнення (0,075...2 мм). Використовуються три одиниці обладнання: дробарка, бланшувач і подрібнювач. Бланшування між дробленням і подрібненням проводять з метою зниження обсіменіння рослинної сировини, тому забрудненість може підвищуватися після дроблення за рахунок мікроорганізмів, які переходять в основному з поверхні сировини.

Багатоетапність стадій подрібнення сировини ускладнює технологію отримання пюре з рослинної сировини [10].

На характер і розмір перерахованих вище змін впливають багато чинників, у тому числі режим теплового впливу, а також властивості плодів, будова і хімічний склад тканин. Тому необхідно досліджувати ступінь впливу питомої роботи різання на механічні властивості яблук і визначити оптимальні значення тривалості теплової обробки, питомої потужності. Визначення питомої роботи різання проводили на реометрі.

На рис. 4–6 надані графічні залежності глибини занурення індентора (ножа) від питомого зусилля різання при різних сортах яблук і часу теплової обробки (бланшування). Зі збільшенням тривалості бланшування величина питомого зусилля різання зменшується.

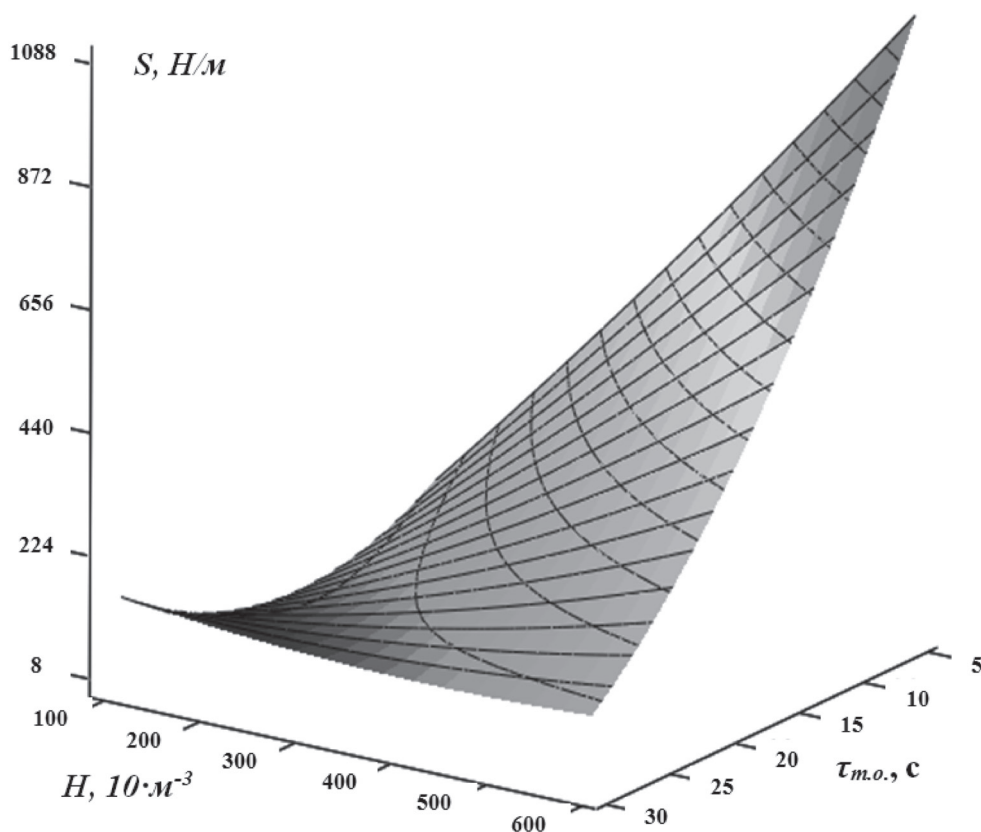


Рисунок 4 — Залежність питомого зусилля різання яблук $S, \text{H/м}$ від глибини занурення $H, 10 \cdot \text{м}^{-3}$ та тривалості термічної обробки гострою парою $\tau_{\text{т.о.}}, \text{хв}$. Сорт Айдаред

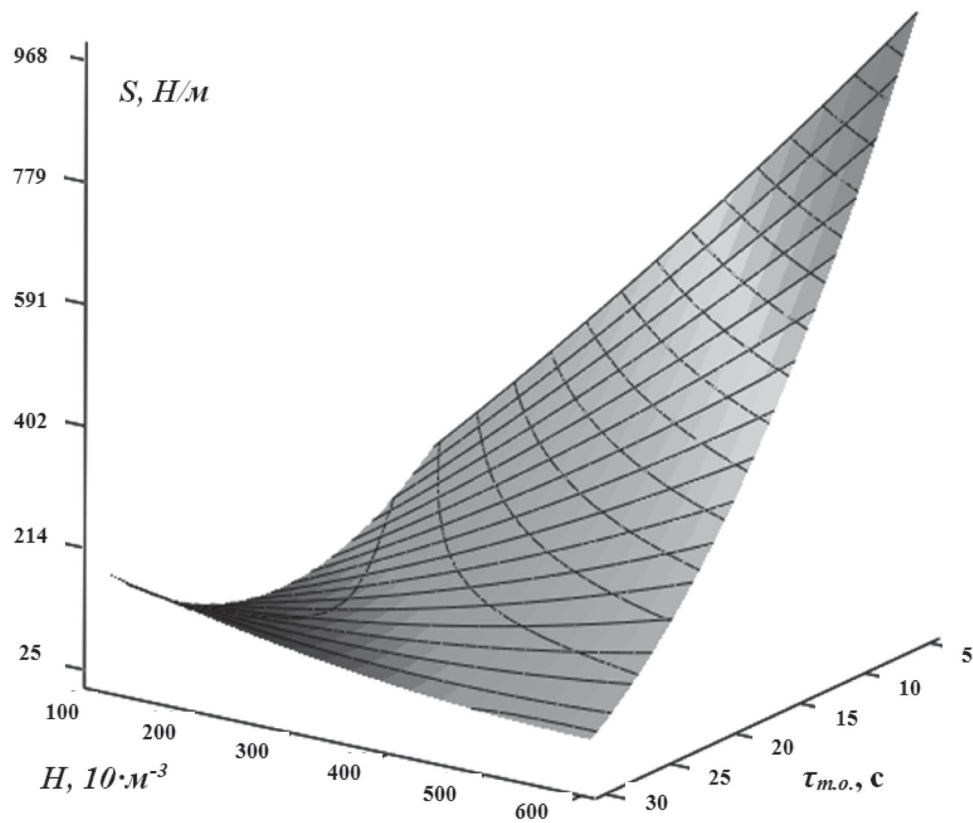


Рисунок 5 — Залежність питомого зусилля різання яблук S , Н/м від глибини занурення H , $10 \cdot \text{м}^{-3}$ та тривалості термічної обробки гострою парою $\tau_{\text{т.о.}}$, хв. Сорт Папіровка

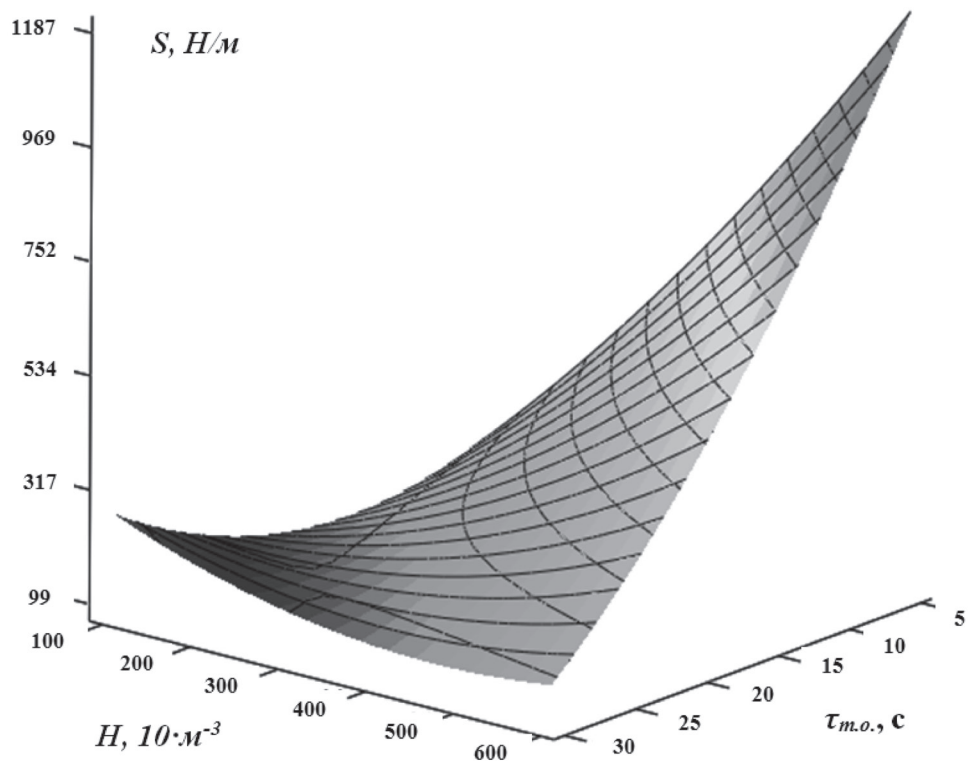


Рисунок 6 — Залежність питомого зусилля різання яблук S , Н/м від глибини занурення H , $10 \cdot \text{м}^{-3}$ та тривалості термічної обробки гострою парою $\tau_{\text{т.о.}}$, хв. Сорт Симиренко

Механічна міцність рослинної тканини в процесі термічної обробки знижується, у результаті чого плоди розм'якшуються, оскільки зв'язок між клітинами послаблюються. Клітинні оболонки розрихлюються, але зберігається цілісність, а деструкція серединних пластинок, що з'єднують сусідні клітини, відбувається більшою мірою. Внаслідок чого відбувається значне зниження опірності тканини механічним впливом (розрізання, протирання). При цьому клітини тканини легко відділяються одна від одної.

Ослаблення зв'язків між клітинами в процесі термічної обробки плодів пов'язано зі змінами вуглеводів клітинних стінок, головним чином, протопектину. Після продукт протирають через сито з розміром осередків 0,5 мм, у результаті чого відбувається подрібнення м'якоти до гомогенного стану.

Завдяки використанню теплової обробки (бланшування і протирання) пюре виходить високої якості. Як відомо, механічні властивості продуктів грають важливу роль у їх виробництві та споживанні, а також є характеристикою сили механічних зв'язків, які діють між окремими молекулами та їх ланками, що входять до складу структури. Тому характеристика структурно-механічних властивостей харчових продуктів і мас служить одним із найважливіших і об'єктивних показників їх технологічних властивостей.

В'язкість пюре має суттєвий вплив на показники якості концентрованої пасти. З підвищенням в'язкості при концентруванні ускладнюється переміщення продукту по робочим органам машин і апаратів, повільніше видаляється волога, тим самим збільшується час концентрування. В'язко-пластичні властивості плодоовочевого пюре визначаються вмістом пектинових речовин, їх станом (протопектин, розчинний пектин, пектин міжклітинної речовини). Високий вміст пектинових речовин діє як загусники, низький вміст — як електроліти, і за певних умов вони піддаються відділенню від рідкої фази колоїдної системи. Протопектин клітинних стінок не володіє властивостями загусника і не впливає на в'язкість плодоовочевого пюре. Таким чином, за однакового змісту пектинових речовин в сировині в'язкість плодоовочевого пюре залежить від співвідношення форм пектинових речовин в ньому.

За експериментальними даними можна зробити висновок, що найменша втрата масової частки твердих речовин відбувається під час термічної обробки яблук гострою парою. Тому під час приготування яблучного пюре до наступного технологічного етапу раціонально використовувати метод термічної обробки парою протягом 20–25 хвилин.

У результаті проведених досліджень встановлено найбільш раціональні параметри отримання концентрованих паст із масовою часткою твердих речовин 40...60 %: тиск пари становить 0,3...0,4 МПа; тривалість обробки — 200...260 с. Короткий час перебування пюре у випарнику дозволяє отримувати продукти з максимальним збереженням усіх корисних речовин, що містяться в сировині.

Висновки. Отримано залежність питомого зусилля penetрації яблук від надлишкового тиску пари та тривалості термічної обробки гострою парою для різних сортів яблук. Встановлено, що на глибину термічної обробки поверхневого шару яблук впливають різні сорти плодів та термін зберігання. Глибина термічної обробки яблук під час бланшування збільшується від збільшення тиску. Зі збільшенням терміну зберігання яблук величина різання після їх термічної обробки збільшується. Визначено раціональні параметри процесу термічної обробки яблучного пюре парою надлишкового тиску та процесу його механічного перемішування, за яких відбувається концентрування пюре та мінімізується відсоток втрат сировини.

Список літератури

1. Slavin J., Lioyd B. Health Benefits of Fruits and Vegetables. *Journal: Advances in Nutrition*. 2012. № 3. P. 506–516.
2. Design and Development of an Apparatus for Grating and Peeling Fruits and Vegetables / M. Siti Mazli, A. Nur Aliaa, H. Nor Hidayati, M. Intan Shaidatul, W. Wan Zuha. *American Journal of Food Technology*. 2010. Vol. 5. Iss. 6. P. 385–393.

3. Терешкін О. Г., Горєлков Д. В., Дмитревський Д. В. Теоретичне моделювання процесу термічної обробки овочів під час їх очищення. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2016. №1/1 (27). С. 57–65. doi: 10.15587/2312-8372.2016.58826.
4. Tereshkin O., Horielkov D., Dmytrevskiy D., Chervonyi V. Modeling of mechanical treatment of napiform onion to determine the rational parameters of its cleaning. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 6, № 11 (84). Pp. 30–39. doi: 10.15587/1729-4061.2016.86472.
5. Deynichenko G., Dmytrevskiy D., Chervonyi V., Udovenko O., Omelchenko O., Melnik O. Modeling of the process of peeling jerusalem artichoke in order to determine parameters for conducting production process. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 3, № 11 (87). P. 52–60. doi: 10.15587/1729-4061.2017.103855.
6. Поліщук Г. Є., Мацько Л. М., Гончарук О. В. Дослідження впливу теплового оброблення на структуруючу здатність яблучного пюре. *Наука та інновації*. 2013. Т. 9. № 4. С. 35–40. doi: 10.15407/scin9.04.035.
7. Herbiga A.-L., Delchierb N., Striegelb L., Rychlikb M., Renarda C. Stability of 5-methyltetrahydrofolate in fortified apple and carrot purees. *LWT Food Science and Technology*. 2019. Vol. 107. P. 158–163. doi: 10.1016/j.lwt.2019.03.010.
8. Mubaiwaa J., Foglianob V., Chidewec C., Linnemann A. Modelling the stability of maltodextrin-encapsulated grape skin phenolics used as a new ingredient in apple puree. *Food Chemistry*. 2016. Vol. 209. P. 323–331. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.04.055.
9. Keenana D., Bruntona N., Butlerc F., Woutersd R., Gormley R. Evaluation of thermal and high hydrostatic pressure processed apple purees enriched with prebiotic inclusions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2011. Vol. 12, iss. 3. P. 261–268. doi: 10.1016/j.ifset.2011.04.003.
10. Espinosa L., To N., Symoneaux R., Renard C., Biau N., Cuvelier G. Effect of processing on rheological, structural and sensory properties of apple puree. *Procedia Food Science*. 2011. Vol. 1. P. 513–520. doi: 10.1016/j.profoo.2011.09.078.

References

1. Slavin, J., Lioyd, B. (2012). Health Benefits of Fruits and Vegetables. *Journal: Advances in Nutrition*, no. 3, pp. 506–516.
2. Siti Mazli, M., Nur Aliaa, A., Nor Hidayati, H., Intan Shaidatul, M., Wan Zuha, W. (2010). Design and Development of an Apparatus for Grating and Peeling Fruits and Vegetables. *American Journal of Food Technology*, no. 5, pp. 385–393.
3. Tereshkin, O. G., Horielkov, D. V., Dmytrevskiy, D. V. (2016). *Teoretychne modelyuvannya protsesu termichnoyi obrobky ovochiv pid chas yikh ochyshchennya* [Theoretical modeling of the process of thermal processing of vegetables during their cleaning]. *Tekhnologichnyy audyt ta rezervy vyrobnytstva* [Technological audit and production reserves], no. 1/1 (27), pp. 57–65. doi: 10.15587/2312-8372.2016.58826.
4. Tereshkin, O., Horielkov D., Dmytrevskiy, D., Chervonyi, V. (2016). Modeling of mechanical treatment of napiform onion to determine the rational parameters of its cleaning. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 6, no. 11 (84), pp. 30–39. doi: 10.15587/1729-4061.2016.86472.
5. Deynichenko, G., Dmytrevskiy, D., Chervonyi, V., Udovenko, O., Omelchenko, O., Melnik, O. (2017). Modeling of the process of peeling jerusalem artichoke in order to determine parameters for conducting production process. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 3, no. 11 (87), pp. 52–60. doi: 10.15587/1729-4061.2017.103855.
6. Polischuk, G. E., Matsko, L. M., Goncharuk, O. V., Chuiko, A. A. (2013). The effect of thermal processing on apple puree's structuring ability, *Nauka ta Innovacii*, no. 9 (4), pp. 35–40. doi: 10.15407/scin9.04.035.
7. Herbiga, A.-L., Delchierb, N., Striegelb, L., Rychlikb, M., Renarda C. (2019). Stability of 5-methyltetrahydrofolate in fortified apple and carrot purees, *LWT — Food Science and Technology*, vol. 107, pp. 158–163. doi: 10.1016/j.lwt.2019.03.010.

8. Mubaiwaa, J., Foglianob, V., Chidewec, C., Linnemann, A. (2016). Modelling the stability of maltodextrin-encapsulated grape skin phenolics used as a new ingredient in apple puree. *Food Chemistry*, vol. 209, pp. 323–331. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.04.055.

9. Keenana, D., Bruntona, N., Butlerc, F., Woutersd, R., Gormley, R. (2011). Evaluation of thermal and high hydrostatic pressure processed apple purees enriched with prebiotic inclusions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 12, iss. 3, pp. 261–268. doi: 10.1016/j.ifset.2011.04.003.

10. Espinosa, L., To N., Symoneaux, R., Renard, C., Biau, N., Cuvelier, G. (2011). Effect of processing on rheological, structural and sensory properties of apple puree. *Procedia Food Science*, vol. 1, pp. 513–520. doi: 10.1016/j.profoo.2011.09.078.

Objective. *The purpose of the article is to determine the rational parameters of the process of heat treatment of fruits in the manufacture of apple puree.*

Methods. *A combined method of making apple sauce has been developed, which consists of the process of heat treatment of fruits with steam and their further mechanical grinding. In the study of the combined process of making apple sauce the main task was to determine the rational duration of heat treatment, since the heat treatment of apples is one of the main stages in the process of obtaining apple sauce. Raw materials are heat treated in steam, in hot water, as well as in contact with the heating surface, before cutting, grinding and wiping. To study the effect of heat treatment on raw materials, an experimental setup was designed and manufactured. Overpressure and temperature were chosen as the main factors. The initial parameter was the specific penetration force of the indenter. Experiments were carried out on different apple varieties with different solid content.*

Results. *The article analyzes the existing technologies for making apple puree. The necessity to improve the process of making apple puree and equipment for its realization has been proved. The urgency of conducting experimental studies to determine the rational parameters of the heat treatment stage is substantiated. Dependences of influence of parameters of heat treatment on structural and mechanical properties of raw materials were obtained. It was found that increasing the steam pressure and the duration of the heat treatment process increases the depth of heat treatment of the apple and reduce the effort of product penetration.*

The dependence of the specific effort of penetration of apples on the excess steam pressure and the duration of heat treatment of hot steam for different varieties of apples were obtained. It was found that the depth of heat treatment of the surface layer of apples is affected by different fruit varieties and shelf life. The depth of heat treatment of apples during blanching increases with increasing pressure.

It is determined that after the process of heat treatment of apples the amount of pressure cutting force will be different. It is found that the cutting force is influenced by the steam pressure, the duration of the heat treatment process, the shelf life, and also such an indicator as the variety of apples. It is determined that after the process of heat treatment, the effort of cutting apples with the summer variety is less than the effort of cutting the apples with the winter variety. With increasing the shelf life of apples, the value of cutting after its heat treatment increases.

It is experimentally proved that with the same parameters of heat treatment, the depth of heat treatment of apples will be greater for apples that have smaller geometric dimensions. But it is found that the difference in depth of heat treatment of apples does not differ significantly depending on the geometric dimensions. These data indicate that the difference in the influence of the process of heat treatment with steam of excess pressure on the apple, which differs in geometric dimensions, is not significant and allows for a combined processing process, which, in turn, will significantly reduce the complexity and energy consumption of the processing process.

The rational parameters of the process of heat treatment of fruit raw materials are determined.

Key words: *apple puree, heat treatment, rubbing, penetration, cutting effort, grinding, concentrating puree.*