

УДК 664.8.022:635.64

## АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ПЕРЕРОБКИ ТОМАТІВ

А.Т. Безусов, доктор технічних наук, професор

О.В. Тоценко, аспірант, E-mail: iluha2010@ukr.net

кафедра біотехнології, консервованих продуктів і напоїв

Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039

**Анотація.** У статті проведено огляд найважливіших факторів, які обумовлюють якість готових томатних продуктів, а саме: стиглість томатів, місцевість вирощування, клімат і технологічні умови переробки, застосування нововведень у полі та нових технологій у виробництві. Основна увага надається впливу факторів, які обумовлюють смак, аромат, колір і структурні параметри якості томатів та продуктів переробки томатів. Наведено описи збереження пружної структури продукту – одного з найважливіших факторів нових видів продуктів, у технології переробки яких використовують менше енергії і забезпечують в результаті більш високу якість. Розглянуто питання щодо зменшення енергетичних витрат, максимальне зменшення відходів, мінімізація впливу руйнуючих факторів, збереження корисних властивостей та надання продуктам натуральності та безпечності. Розкрито питання щодо збереження корисних для організму людини властивостей у продуктах переробки томатів на прикладі каротиноїду лікопену.

Основний зміст дослідження складає аналіз існуючих в світі способів переробки томатів з метою визначення найбільш актуальних на сьогоднішній день, що дозволять виробнику зменшити енергетичні затрати, кількість відходів, підвищити якість продукту та розширити його асортимент.

**Ключові слова:** томати, виробництво томатопродуктів, томатна паста, томатні кубики, томати очищені від шкірки, пектинметилестераза, лікопен.

## ANALYSIS OF MODERN METHODS IN TOMATO PROCESSING INDUSTRY

A. Bezusov, PhD, Professor

O. Totsenko, Postgraduate, E-mail: iluha2010@ukr.net

Department of Biotechnology, canned foods and beverages

Odessa National Academy of Food Technologies, Kanatna st., 112, Odessa, Ukraine, 65039

**Abstract.** This article reviews the most important factors which determine the quality of the prepared (ready-made) tomato products: the maturity of tomatoes, the growing area, the climate and technological conditions of processing, introducing the innovations in the field and new technologies in production. The main focus is the impact of the factors which determine the taste, smell, color and structural parameters either the tomato's quality or tomato products processing. Above mentioned descriptions of preservation of the product structure - one of the most important factors of new types of products which during the processing technologies need less energy and provide a better quality. The issue of reducing energy costs, minimizing waste, minimizing the impact of destructive factors, the preservation of useful properties and ways of products naturalness and safety are considered. The issue of preservation of useful properties for the human organism in food processing tomato carotenoid lycopene is as an example considered.

The main content of the study is analysis of existing in the world methods of processing tomatoes to identify the latest which will allow manufacturers to reduce energy costs, waste, improve product quality and expand its range.

**Keywords:** tomatoes, production of tomato products, tomato paste, diced tomatoes, peeled tomatoes, lycopene.

Copyright © 2015 by author and the journal "Food Science and Technology".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY) <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v11i2.513>

## Вступ. Аналіз проблеми

Консервовані та заморожені томати – це продукти, що по своїм органолептичним та фізико-хімічним показникам максимально наближаються до свіжих томатів. Асортимент продуктів переробки томатів дуже різноманітний. Окрім традиційних продуктів переробки розробляються та впроваджуються у виробництво нові види. На українському ринку продуктів переробки томатів більшу частину сегменту займають консервовані томатопродукти.

Консервування гарантує доброякісність продуктів при зберіганні та харчову безпечність, так як при тепловій обробці знищуються патогенні та ток-

сичні мікроорганізми, а також мікрофлора, що викликає псування продуктів.

Головні задачі консервної промисловості України:

1. Урізноманітнити асортимент плодоовочевих продуктів.
2. Забезпечити протягом року населення сезонними продуктами.
3. Скоротити витрати праці та часу на приготування їжі в домашніх умовах
4. Скоротити збитки при довготривалому зберіганні сільськогосподарської продукції.

Успішне виконання цих завдань в значній мірі залежить від того, на скільки ефективним є співробітництво між сільськогосподарськими та перероб-

ними підприємствами. На скільки готові сільгосп-виробники йти в ногу з часом, застосовувати передові технології і підводити якість своєї продукції у відповідність світовим стандартам якості. Вимоги до якості томатів консервованих нормуються в ГОСТ 7231-90 «Томати консервованые». Вимоги до якості томатів заморожених регламентуються в ГОСТ 111-7-92 «Овощи быстрозамороженные». Аналіз нормативної документації на томати консервовані та овочі заморожені показав, що вона затверджена в Радянському Союзі потребує вдосконалення відповідно вимог міжнародних стандартів, аби витримати конкуренцію на західному ринку і не втратити внутрішній ринок.

Виходячи із вищесказаного, метою роботи було здійснення масштабного скринінгу сучасних досліджень у сфері переробки та консервування томато-продуктів для визначення найбільш актуальних та ефективних методів та технологій, що дозволять зменшити енергетичні затрати, кількість відходів, підвищити якість продукту та розширити його асортимент.

#### Нововведення на етапі вирощування томатів

Історія розвитку світової томатопереробної галузі налічує не один десяток років. І хоча в усьому світі за останні 100 років було впроваджено приголомшливі удосконалення щодо ефективності та собівартості виробництва, можливості для нових розробок все ж залишаються. Десятиліттями томати для переробки сіялись насінням в багатьох частинах світу, проте за останні десять років використання розсади підвищило ефективність і врожайність. Так само застосування крапельного, а не бороздового зрошення поліпшило контроль виробників за продукцією. Виведення універсальних сортів і сортів тривалого зберігання в полі стало домінуючим [1].

Необхідність розроблення і впровадження нових технологій диктує також і свідоме споживання, яке набирає все більшої популярності не тільки за кордоном, але і в столицях і великих містах країн колишнього СРСР. Все більше мотиваційних роликів і груп в соцмережах втягують людей до питань раціонального використання земних ресурсів і нульового впливу на навколишнє середовище. Це породжує попит на продукцію в стилі «еко», «органік» і «біо», зростання популярності органічного землеробства, зеленої енергетики і т.п..

На сьогодні можна відзначити наступні нововведення в полі:

1. Зміна способу висадки рослини в ґрунт і способу зрошення. Останні 20 років виведення універсальних сортів і сортів продовженого зберігання в полі (EFS) домінувало в Каліфорнії, в той час як застосування розсади, а не висівання насіння, і крапельне, а не бороздове зрошення поліпшили контроль виробників за продукцією.

2. Використання новітньої агротехніки і супутників. Прецизійна агротехніка і отримання зображень за допомогою штучних супутників землі можуть дозволити виробнику ідентифікувати поширеність захворювань при виробництві та визначити вміст розчинних сухих речовин в плодах і, як наслідок, стиглість під час збору врожаю [1].
3. Автоматизація пунктів перевірки сировини. Останні досягнення на пунктах перевірки відносяться до автоматичного визначення pH, Brix і кольору. Всі ці технологічні нововведення повинні призвести до оптимізації визначення часу збору врожаю, виробництва сировини і кінцевих продуктів, які більш відповідають санітарним нормам [1].
4. Застосування магніторезонансної томографії. Також можливе визначення характеристик червоного шару і перикарпія томатів, що переробляються з використанням магнітно-резонансної томографії [1].

У наш час, у багатьох виробників на ринку плодовоовочевих консервів України стає актуальною проблема консервування та застосування таких речовин аби максимально наблизити консерви по харчовій і біологічній цінності до свіжих плодів, які використовувалися при виробництві даного виду консервів із збереженням усіх споживних властивостей продукту. Це стосується і виробників томатопродукції. У той же час, слід зазначити, що могутній антиоксидант лікопен (пігмент, який на 70 – 80% обумовлює червоний колір томатів) найкраще засвоюється з термічно оброблених продуктів: томатний сік, соуси та кетчуп є кориснішими, ніж салат із помідорів.

Зацікавленість промисловості з переробки томатів до вимірювання вмісту лікопену на додаток до кольору з'явився на початку-середині 1990-х. У цей час наукові дослідження показали переваги споживання лікопену для запобігання як серцево-судинних захворювань, так і раку [2].

#### Колір томатів

Колір і зовнішній вигляд продуктів – це перші показники якості, які стимулюють нас купувати і споживати продукти і насолоджуватися ними. Томати відомі своїм яскравим червоним кольором, який вказує не тільки на зрілість, і тому на рівень бажаного смаку, але також і на відносний вміст корисного антиоксиданту лікопену [2]. У процесі переробки томатної пасти існує можливість виникнення неферментативного потемніння на етапах гарячого віджиму або згущення. Аналогічно томатний сік може піддаватися реакції потемніння, якщо він піддається впливу високої температури [2].

Колір сирих томатів є показником зрілості; при дозріванні червоних сортів відбувається збільшення концентрації каротиноїдів, в основному, лікопе-

ну, в 10 – 14 разів (Fraser et al. 1994). У зрілих томатах, що переробляються, лікопен становить 80 – 90 % всіх присутніх пігментів (Shi and Le Maguer 2000). Хоча лікопен не володіє активністю вітаміну А, він привертає значну увагу в зв'язку з іншою його потенційною користю для здоров'я (Stahl and Sies 1996; Gerster 1997; Giovannucci 1999; Rao and Agarwal 2000), захищаючи від окисного ушкодження, що відбувається через патогенез деяких хронічних захворювань людини. Механізм, за допомогою якого лікопен може надавати захисну дію, може бути пов'язаний з його антиоксидантним потенціалом. Крім того, захисна роль лікопену може бути пов'язана з такими його властивостями як клітинна проліферація і моделювання міжклітинної взаємодії через щільні контакти (Stahl et al. 2002; Aust et al. 2003) [3].

Вміст лікопену в томатах залежить від сорту і ступеня зрілості, і на нього, серед інших чинників, впливають умови вирощування, температура і вологість (Sharma and Le Maguer 1996; Giovanelli et al. 1999; Abushita et al. 2000; Dumas et al. 2003). Селекціонери томатів виводять гібриди томатів з високим ступенем пігментації, які забезпечують придбання поліпшеного червоного кольору томатами і томатними продуктами, а також мають підвищені концентрації лікопену [3].

Хоча світло дуже важливе під час росту і збільшує концентрацію каротиноїдів у розсаді томатів (Giuliano et al. 1993; Britton 1998), вони дозрівають і стають червоними навіть у темряві будучи відокремленими від рослини. Ще у 1913 році Khudairi (1972) повідомляв, що температури вище 30 °C (86 F) зменшують синтез лікопену [3]. Припинення подачі води перед збором врожаю допомагає досягти більш високих концентрацій розчинних сухих речовин в томатах, але може бути недоцільним, ко-

ли метою вирощування є збільшене акумулювання лікопену, тому що синтез лікопену зменшується [3].

Температури вище 32,2 °C (90 F) протягом сезону вирощування призводять до меншої концентрації лікопену в томатах. Сезон або рік вирощування, місцевість вирощування є дуже важливими факторами, що впливають на концентрацію лікопену в томатах. Тому багаторічні дослідження томатів, що проводяться в різних місцевостях є неоціненними для визначення генотипів із вищою і більш стабільною концентрацією лікопену. Концентрації лікопену знижуються в томатах при їхньому дозріванні в полі, тому тривале витримування в полі є небажаним [3].

У зрілих томатах лікопен становить дев'яносто відсотків пігменту, що обумовлює червоний колір. Є також невеликі кількості (менше 5 %) β-каротину. У структурі лікопену 40 атомів карбону зі спряженою системою подвійних зв'язків. β-каротин також містить 40 атомів карбону, у тому числі циклічні структури з шістьма атомами карбону [2].

Концентрація лікопену в екстракті розчину з томатів може бути визначена спектрофотометрично, або за допомогою рідинної хроматографії високого тиску (РХВТ). На рис. 1 показано специфічні структури лікопену та β-каротину, які поглинають певні довжини хвиль (Ishida et al., 2005). Лікопен має три піки поглинання при 444, 471 і 503 нм. Третій пік відповідає довжині хвилі, на якій поглинання β-каротину (та інших містяться в невеликих кількостях каротиноїдів) порівняно низька і тому викликає дуже слабку інтерференцію. Спектрофотометричні вимірювання поглинання при 503 нм є, таким чином, гарною оцінкою вмісту лікопену [2].

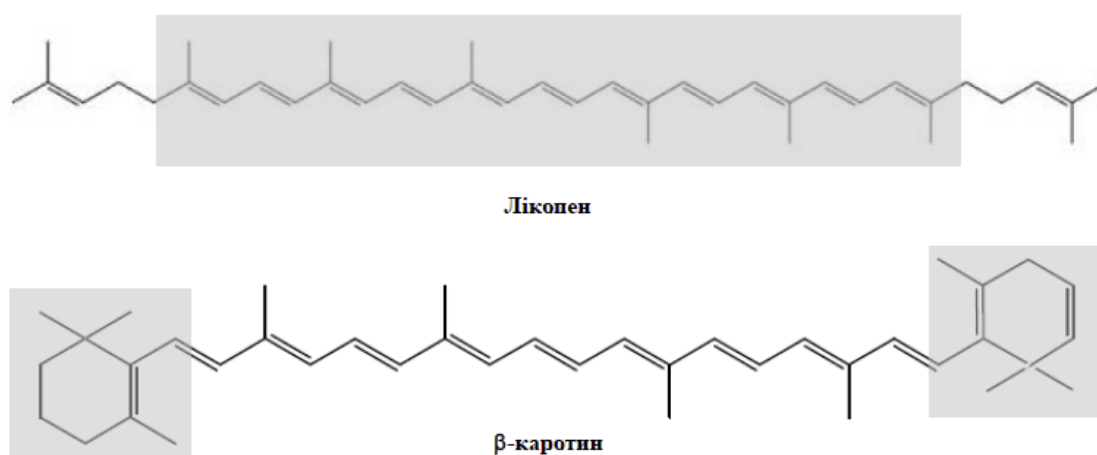


Рис. 1. Хімічні компоненти, що обумовлюють колір томатів

### Сортування томатів

Одним із перших етапів переробки цілих очищених і нарізаних кубиками томатів є сортування, і в недавніх розробках в області пристроїв для сор-

тування використовуються новітні технології зі світло випромінюючими пристроями, телекамери на приладах із зарядним зв'язком та спектроскопія в ближній інфрачервоній області спектра. Компанія Torma (<http://tomra.com/en/solutions-and-products/>

sorting-solutions/food), наприклад, впроваджує встановлення зверху пристрою попереднього сортування для цілих плодів та їхніх частин, який може розрізняти розмір, форму і колір, в той час як їхні новітні сортувальні пристрої мають датчики, встановлені як зверху, так і знизу, і здатні крім того розрізняти чужорідний матеріал. У даний час вихід очищених від шкірки томатів становить тільки 30 %, але в майбутньому, із застосуванням більш чутливої техніки, він може бути збільшений до 50 – 75 %. У попередній роботі лабораторії (Barrett et al., 2006) було оцінено вплив конкретних дефектів на відсоток очищуємості від шкірки. Було виявлено, що недостатньо забарвлені плоди або плоди з жовтим оком, сонячними опіками, малого розміру або з верхинною гниллю найважче очищати від шкірки, а деякі дефекти, такі як тріщини шкірки або плодоніжки можуть фактично сприяти очищенню від шкірки. Досягнення майбутнього в області оптики і сортування забезпечать додаткові переваги [1].

### Очищення від шкірки

Очищення від шкірки є істотним етапом обробки під час консервування томатів. Здатність плода очищатися від шкірки впливає на ефективність процесу очищення і якість кінцевого продукту. Під час очищення шкірка з деякою кількістю приєднаної тканини перикарпію видалається з плоду. Деформація і розрив декількох шарів клітин під шкіркою обумовлюють втрату і видалення шкірки (Floros and Chinnan 1988). Оскільки червоний шар розташований безпосередньо під шкіркою, то він також залучений в процес очищення томатів від шкірки. Тому вважається, що властивості червоного шару є важливим фактором, який впливає на здатність томатів очищатися від шкірки (Garcia and others 2006; Barrett and others 2006). Сорт томатів є іншим фактором, який впливає на характеристики очищення від шкірки. Виробники обирають сорти з кращою здатністю томатів очищатися від шкірки на основі історичних спостережень якості очищення від шкірки (Garcia and others 2006). У кількох дослідженнях було показано, що анатомічні характеристики і видима структура перикарпію змінюються від сорту до сорту (Floros and Chinnan 1988; Devaux and others 2008; Mohr 1990; Chu and Thompson 1972). Відмінні анатомічні характеристики призводять до різниці в якості очищення від шкірки (Mohr 1990). [4]

Стиглість томатів на додаток до відмінностей фізичних і хімічних властивостей сортів є іншим фактором, який впливає на якість очищення від шкірки. Із появою одноразового механічного прибирання томатів оптимальну дату збирання врожаю обирають, грунтуючись на оцінці відсотка дозрілих томатів у полі. Взагалі збирання врожаю здійснюють, коли 90 % томатів на полі червоні. Однак де-

які томати будуть переспілими, а ступінь стиглості деяких може бути менше ідеальної для очищення від шкірки і переробки. Такі дефекти, як розчавлені томати, можуть з'явитися, коли збирають переспілі томати, а недостатнє забарвлення виникає, коли томати збирають незрілим [5]

Наявні в даний час сортувальні машини виявляють дефекти декількох типів, включаючи недостатню забарвленість, розмір і сонячний опік. Пов'язані з цією технологією компанії повинні поліпшити свою здатність відсортовувати верхинну гниль, пошкодження щитниками і інші дефекти [6].

У рамках десятирічних досліджень по вивченню якості томатів, що переробляються, лабораторія Barrett сконцентрувалася на питаннях очищуваності від шкірки. Намагаючись уникнути суб'єктивних оцінок і добути нові статистичні дані, визначили об'єктивний аналіз як показник легкості очищення від шкірки. Досліджувалися фізичні властивості томатів, такі як вага, форма, сорти томата і стиглість, а також місцевість вирощування і наявність дефектів томатів (Barrett et al. 2006; Garcia and Barrett 2006). Накопичені дані збиралися протягом декількох років, хоча не всі змінні визначалися кожен код, частково через незначні результати, а частково через фізичні і практичні обмеження. Кінцева мета полягала в розробці моделі, яка буде застосовуватися для прийняттого прогнозування характеристик томатів, що переробляються, в процесі очищення від шкірки, а також прогнозування виходу готової продукції цілих, очищених або нарізаних кубиками томатів [5].

Початкова мета розробки моделі, що буде застосовуватися до томатів з метою прогнозування здатності очищатися від шкірки була складною. По-перше, вироблені промисловим способом томати є нормальними і мають багато дефектів. Бездоганні томати продемонстрували більш сильний взаємозв'язок між здатністю очищатися від шкірки і зростанням температури і часу, ніж нормальні томати. Температури, впливу яких піддаються томати протягом вегетаційного сезону, можуть бути пов'язані з появою дефектів або інших небажаних фізіологічних характеристик томатів і відображені у статистичних моделях, підвищена мінливість яких продемонстрована в статистичній моделі нормальних томатів [5].

Barrett і співавтори (Barrett et al. 2006) прийшли до висновку, що рівні виникнення окремих дефектів томатів різні по роках виробництва. Деякі дефекти мають негативний вплив на здатність очищення від шкірки, а деякі дефекти роблять позитивний вплив на неї. Окрім того, методи очищення від шкірки (паровий або лужний) і умови (час впливу пара, рівні вакууму, час впливу лугу) є тими змінними, які впливають на результат очищення від шкірки. Проведене раніше дослідження в порівнянні промисловим очищенням від шкірки і мало масштабним неавтоматизованим паровим очищен-

ням від шкірки, яке використовувалося в експериментальній установці, продемонструвало значні відмінності в здатності очищатися від шкірки і виході готового продукту. Тому перед впровадженням результати, отримані в експериментальних масштабах, повинні бути підтверджені на промисловій установці [5].

Статистична модель, яка може бути застосована до тоματοпереробних установок, повинна включати результати очищення від шкірки, отримані на промисловому обладнанні, що використовується в умовах промислового очищення від шкірки, а не ґрунтуватися на результатах, отриманих на маломасштабному експериментальному обладнанні для очищення від шкірки, що використовувалося в лабораторних умовах. Оцінка корисності цієї статистичної моделі вимагає взаємодії промислових виробників, які готові поділитися робочим часом обладнання для збору критичних даних та досягнення кінцевої мети – отримання корисної моделі для прогнозування характеристик здатності очищатися від шкірки.

Розробка моделей очищення від шкірки можлива за умов наявності великої кількості томатів, включаючи томати відібраних сортів, і підтримки стабільності переробки щодо умов очищення від шкірки і оцінки фізичних параметрів протягом усього дослідження. Модель же, розроблена для одного сорту томатів і однієї умови очищення від шкірки забезпечує невелику потенційну можливість застосування до інших установок в зв'язку з відмінностями в сортах томатів і методах і умовах очищення від шкірки [5].

Хоча вірогідно, що сорт є найважливішим фактором, що впливає на якість перероблених томатних продуктів, іншими важливими параметрами є стиглість томатів, місцевість вирощування, клімат і технологічні умови переробки. Суха речовина томатів зазвичай становить від 5 до 10 %. Однак в стиглих томатах три чверті сухої речовини складається з сухих речовин, головним чином цукрів (приблизно 50 %), органічних кислот (понад 10 %), мінеральних речовин (8 %) і пектину (приблизно 7 %) (Davies and Hobson 1981; Petro-Turza 1986-1987). Ці складові сухої речовини обумовлюють смак і аромат, колір і структурні параметри якості томатів та продуктів переробки томатів. На смак і аромат томатних продуктів впливає відповідний баланс між вмістом цукру і кислотністю. У міру дозрівання томатів зазвичай відбувається збільшення вмісту цукру і зменшення кислотності. У стиглих томатах кислотність є результатом наявності лимонної кислоти, за якою йде яблучна кислота. Крім вмісту сухих речовин на консистенцію томатного продукту впливають також рН, вміст електролітів і технологічні умови переробки, такі як температура гарячого віджимання і рафінування продукту (Thakur et al. 1996). Консистенція має велике економічне значення, тому що вихід готового про-

дукту повністю нерозривно пов'язаний з вмістом розчинних сухих речовин томатів. Колір вважається головним показником якості томатів і томатних продуктів і пов'язаний в основному з вмістом лікопену. Більшість специфікацій для томатної пасти включають мінімальні значення кольору і градусів Brix або вмісту розчинних сухих речовин. Після очищення від шкірки томати можуть бути цілком законсервовані в соку як високоякісний продукт, нарізані шарами, нарізані кубиками або подрібнені і упаковані в бляшані банки або стерильні контейнери або, нарешті, спрямовані на лінію з виготовлення пасти безпосередньо після очищення від шкірки, якщо очищений від шкірки продукт не відповідає державним вимогам або індивідуальним вимогам компанії.

Ринок нарізаних кубиками томатів привертає зростаючу увагу в 1980 – 1990-ті роки з підвищенням попиту на сальсу, соуси для піци і спагеті, що мають високу цінність, а також на інші томатні продукти. Більш дорогі є очищені від шкірки, нарізані кубиками і подрібнені томатні продукти, які забезпечують вищі показники рентабельності, але параметри для визначення відповідності сировини вимогам для цих томатних продуктів не були визначені. Особливо важливі: сорт томатів, стиглість і технологічні операції по ефективному видаленню шкірки. Однак Barringer і співавтори (Barringer et al 1999) виявили, що стиглість томатів не корелює із загальними втратами при очищенні томатів від шкірки. Коли переробники отримують томати на переробному підприємстві, взагалі дуже мало відомо про сировину.

Рішення про очищення томатів від шкірки, а не направлення безпосередньо на виробництво томатної пасти, може бути засноване на статистичній інформації про сорт і виробника або на даних інспекційної станції [7].

Зазвичай, томати, що переробляються, очищаються від шкірки методом лужної очистки (із застосуванням NaOH або KOH), паром або ошпарюванням гарячою водою. Ці три методи видаляють шкірку і кілька самих зовнішніх шарів клітин томатів. Надмірне очищення – це проблема, яка часто пов'язана з неналежним лужним очищенням від шкірки, при якому видаляється багато шарів томатної м'якоті, результатом чого є небажаний світло червоний колір і оголення деяких поверхневих жовтуватих судинних пучків. Окрім такого небажаного зовнішнього вигляду надмірне очищення від шкірки призводить до низького виходу готового продукту; тому операції повинні ретельно контролюватися для забезпечення видалення шкірки без зайвої втрати м'якоті. Більш того, застосування лужної очистки від шкірки може створювати проблему видалення відходів, що може бути як шкідливим для навколишнього середовища, так і дорогим (Schlimme et al. 1984; Corey et al. 1986). [8]

Механічні системи видалення шкірки, які використовують головним чином пар або гарячу воду, пропонують ту перевагу, що вони є безпечними для навколишнього середовища. У Каліфорнії близько 70 % томатів, що переробляються очищують від шкірки парою або гарячою водою, а решта 30 % - вим лугом. Однак використання лужної очистки від шкірки збільшується. Вихід готового продукту зазвичай вище при лужному очищенні від шкірки, а вартість позбавлення від відходів не є непропорційно високою. На Середньому Заході США хімічне очищення від шкірки є найпоширенішим методом (Das and Baringer 1997) [8].

Після обробки парою, гарячою водою або лугом томати піддаються впливу дискових або притискних роликів, які механічно видаляють шкірку. Ефективність цього процесу важлива, тому що він знижує необхідність ручного сортування з метою видалення залишків шкірки, приєднаних до томатів. Відповідно до Стандарту ідентичності, випущеним згідно з Федеральним законом про харчові продукти, лікарські та косметичні засобах, кількість залишків шкірки в консервованих продуктах з очищених томатів має бути менше 15 см<sup>2</sup>/кг (6,8 см<sup>2</sup> / фунт) на основі оцінки середнього вмісту контейнерів. Видалення шкірки має бути повним, щоб томатним продуктам був привласнений сорт А Міністерства сільського господарства США (Anon 1995) [8].

Ефективність очищення від шкірки може змінюватися в залежності від конкретних умов очищення, а також від сортів томатів, що використовуються. У цьому дослідженні ми вибрали два сорти переробляються томатів, Halley 3155 і Heinz 8892 (H 8892), які представляли близько 50 % вирощуваних в Каліфорнії переробляються томатів в тому році, коли проводилося дослідження (Hartz et al. 1999). Одноразове збирання томатів здійснювалося механічним методом, коли 90 % поля було червоним, тому певний відсоток томатів досяг зрілості за два або три тижні до збирання. У цьому дослідженні вивчалася ефективність очищення від шкірки паром, за якою йшли механічні засоби видалення шкірки, зверталася увага на видалення шкірки і вихід готового продукту томатів обраних сортів і місцевостей вирощування [8]. Краще розуміння природи сирих томатів і чинників очищення від шкірки, які впливають на видалення шкірки з томатів, може сприяти вдосконаленню існуючих технологій очищення томатів від шкірки [8].

#### **Випарна установка попереднього концентрування Аполло**

Важливим також є питання зменшення енергетичних витрат і максимальне зменшення відходів. Так для згущення томатів використовують випарну установку попереднього концентрування «Аполло». Нове обладнання для випаровування томатно-

го соку включає альтернативи механічної рекомпресії пара, такі як «термічно прискорене короткочасне випаровування» (TASTE), яке протягом багатьох років використовувалося в цитрусовій промисловості. Ці прямоточні системи можуть діяти як попередні випарники зі зменшеною потребою в електроенергії і відмінною ефективністю використання пара [1].

#### **Поділ фаз при переробці томатів**

У переробній промисловості дуже важливим залишається питання максимального збереження корисних властивостей вихідного продукту. А значить і мінімізація впливу руйнуючих факторів, серед яких і високі температури. Іншим альтернативним способом згущення є поділ за допомогою центрифуги рідин і сухих речовин томатів, розділення їхня стерилізація і з'єднання їх в концентрованому продукті з поліпшеним збереженням лікопену і кольору, структури, смаку і вмісту поживних речовин [1].

Виробники технологічного обладнання також розробляють нове обладнання, що використовує передові технології з застосуванням електричного поля, такі як радіочастотне і омичне нагрівання, перевагою яких є менша кількість тепла і, отже, поліпшені колір, смак і поживний вміст. JBT Food Tech (<http://www.jbtfoodtech.com/en>) розробила радіочастотну систему нагрівання для вузьких продуктів з кубиками, яка забезпечує рівномірний нагрів без пригорання. CFT Rossi Catelli (<http://www.cft-group.com/group/history/default.aspx>) виробляє омичний нагрівач, який використовує природну провідність матеріалів з високим вмістом сухих речовин, таких як томатний сік і нарізані кубиками томати, для досягнення пастеризації. JBT Food Tech також монтує обладнання з «термічно прискореним короткочасним випаровуванням» на томатоперерабному підприємстві. Ці випарники, традиційно використовувалися для апельсинового соку, являють собою прямоточну систему з 5-6 камерами, що може забезпечити виробництво томатного соку гарячого і холодного віджиму вищої якості. [1]

#### **Нові методи концентрування**

Промислове виробництво томатної пасти зазвичай включає серію етапів згущення з метою досягнення кінцевого концентрованого томатного матеріалу. Хоча в останні роки стали використовуватися нові методи згущення, такі як зворотний осмос, концентрування виморожуванням і центрифугування з подальшим концентруванням сироватки, томатні пасти все ще широко виготовляються на промислових установках, що використовують випарники. [9]

**В'язкість.** Якість томатної пасти може дуже сильно змінюватись в залежності від таких факторів, як сорт використовуваних томатів, розмір сита фі-

льтра, і найважливіше – температура віджиму (температура, до якої спочатку нагрівають томати). Давно відомо, що температура віджиму, що застосовується при переробці томатів, чинить сильний вплив на вміст пектину і консистенцію кінцевого продукту. У процесі гарячого віджимання томати швидко нагрівають до температури вище 90 °С з метою термічного інактивування ферментів: пектинметилестерази (ПМЕ) і полігалактуранази (ПГ). Це попереджає ферментативне розщеплення пектину і забезпечує отримання продукту з високим вмістом пектину та задовільною консистенцією. У процесі холодного віджиму томати нагрівають тільки до температури близько 65 °С, що призводить до покращення таких показників продукту як колір і аромат, але вміст пектину при цьому зменшується і, відповідно, погіршується консистенція [10].

**Пружність тканин томатів.** Збереження пружної структури продукту є важливим фактором якості під час термічної обробки овочів. У свіжих овочах структура визначається як механічною міцністю клітинної стінки, так і клітинним тургорним тиском. Оскільки цілісність мембран і, таким чином, тургорний тиск швидко втрачаються при термічній обробці, найбільш важливим визначальним фактором структури перероблених овочів є структура клітинної стінки, особливо ступінь полімеризації і рівень метилетерифікації залишків галактуранової кислоти у пектині. Рівень метилетерифікації, контрольований активністю ферменту пектинметилестерази, може впливати на структуру. Вільні групи карбонової кислоти в неетерифікованих областях ланцюгів полігалактуранової кислоти можуть зв'язувати кальцій. Пов'язаний цими центрами кальцій може утворювати перехресно пов'язані ґратові ланцюги міжклітинної речовини, створюючи більш сильне міжклітинне зчеплення і більш пружну структуру. Це є підставою для багаторічної практики додавання кальцію в такі продукти, як нарізані кубиками томати, для поліпшення пружності [11].

Більше 40 років тому було вперше показано, що структура термічно оброблених овочів може бути поліпшена, якщо подіяти на матеріал низькотемпературним (зазвичай 50 – 70 °С) бланшуванням перед високотемпературною обробкою. Ця зміцнююча дія низькотемпературного бланшування перед високотемпературною обробкою потім вивчалася на декількох овочах. Значна сукупність доказів вказує на те, що зміцнюючу дію має місце завдяки активуванню пектинметилестерази. Те, що відбувається в результаті зниження ступеня метилетерифікації пектинів в міжклітинній речовині створює можливість для утворення кальцієм більшої кількості перехресних зв'язків між молекулами пектину і зменшеного розщеплення пектинових ланцюгів α-відщепленням при високотемпературній обробці. Хоча обидва чинники можуть сприяти збільшенню

пружності, що досліджується, попередні дослідження вказували на те, що збільшене утворення кальцієвих зв'язків може бути більш важливим фактором для поліпшення структури в помідорах [11].

Загальноприйнято, що активність пектинметилестерази зростає під час низькотемпературного бланшування, механізм температурного активування зрозумілий гірше. Простим поясненням збільшеної активності було б, як і для більшості інших ферментів, те, що активність пектинметилестерази просто росте з температурою. Кілька авторів повідомляли про вивчення залежності активності пектинметилестерази від температури з використанням виділеної і, в деяких випадках, очищеної форми пектинметилестерази, і з проведенням аналізу при оптимальних умовах з використанням очищеного пектину. У більшості випадків спостерігалася лише 2-3-кратне збільшення активності, коли температуру підвищували з 25 до 60 °С [17-20]. Це порівняно невелике збільшення активності пектинметилестерази не може пояснити великого зростання деетерифікації пектину і поліпшення структури, яке виникає під час бланшування при 50 – 70 °С. Якби температурна реакція пектинметилестерази була б такою невеликою, то переваги низькотемпературного бланшування були б малими в порівнянні з простим наданням матеріалу можливості перебувати при кімнатній температурі. Тоді ймовірно, що температурна реакція ферменту, відокремленого і проаналізованого в штучних умовах, відрізняється від температурної реакції ферменту, який діє на ендогенний пектин в непошкодженій тканині [11].

Можливо, що температурне активування пектинметилестерази призводить до чогось набагато більшого, ніж просто зростання активності з температурою. При підвищенні температур в ферменті пектинметилестеразі або середовищі навколо нього може відбуватися якась зміна, в результаті якої фермент перетворюється в іншу, більш активну форму. Одне з припущень в цьому ключі, яке спочатку висловили Bartolome and Hoff [10], полягає в тому, що активування пектинметилестерази відбувається через збільшення концентрації кальцію навколо ферменту. Ця модель заснована на спостереженні, що в аналізах *in vitro* активність пектинметилестерази може бути збільшена присутністю кальцію або інших катіонів. У цій моделі підвищені температури викликають втрату цілісності мембран, що дозволяє кальцію витікати з клітин і затікати в клітинну стінку, активуючи пектинметилестеразу. Хоча на цю модель широко посилаються, насправді є дуже мало свідчень в її підтримку. Одним з її серйозних недоліків є те, що вона передбачає, що концентрація кальцію в клітинній стінці спочатку низька. Останні виміри характеристик томатів показали, однак, що концентрація кальцію в апопласті насправді набагато вище, ніж в об'ємному клітинному соці. Розрив клітин швидше

б знизив, а не підвищив концентрацію кальцію, що оточує фермент пектинметилестеразу. Окрім того, було показано, що багато рослин містять різноманітні форми пектинметилестерази, на деякі з яких дуже слабо впливають катіони, такі як кальцій. Наприклад, як в зелених бобах, так і в помідорах наявна в найбільшій кількості форма пектинметилестерази демонструє значну активність навіть за відсутності доданих солей [22, 23]. Можна було б очікувати, що ці ферменти будуть активні навіть за відсутності будь-яких іонів, що впливають із клітинних порожнин [11].

Одним з продуктів активності пектинметилестерази є метанол. Таким чином, відстеження утворення метанолу при низькотемпературному бланшуванні є одним із способів вимірювання активності пектинметилестерази в непошкодженій тканині. Коли тонкі шматочки тканини помідора або іншого овоча занурюють у воду і нагрівають для активування пектинметилестерази, метанол швидко накопичується в омиваючому розчині. Відбір проби розчину, який оточує рослинний матеріал, забезпечує простий спосіб, що не завдає руйнувань, за допомогою якого можна простежити залежність активності пектинметилестерази від часу в процесі низькотемпературного бланшування [11].

Окрім впровадження новітніх технологій у виробництво вже всім відомих і звичних видів томатопродукції, виробникам варто працювати над розробкою і випуском нових. Сьогодні на полицях магазинів з'явилися нові для вітчизняного споживача види томатних продуктів: в'ялені, помідори кубиками і т.д.

**Сушіння томатів.** Традиційне сонячне сушіння плодів – це часто повільний процес, що ускладнюється високою вологістю, туманом і періодичної хмарністю, які бувають в тропічних регіонах. У сонячних посушливих місцях сонячна сушка плодів є порівняно простим процесом і часто може здійснюватися без сонячної сушарки. Здатність теплового повітря поглинати вологу швидко видаляє вологу з плодів. Хоча звичайний вплив прямого сонячного світла часто буває достатнім для сушіння, сушарки часто використовують для захисту плодів від комах і забруднення. Але в умовах вологого тропічного клімату сушка може бути ускладнена (Forson et al., 2007). При зменшеній спроможності вологого повітря поглинати вологу з плодів використання сонячної сушарки спільно з концентратором сонячних променів допомагає поліпшити ступінь висушування за рахунок підвищення внутрішньої температури сушарки і збільшення випромінювання [12].

Сьогодні в промислово розвинених країнах для висушування плодів часто використовуються великомасштабні механізовані сушарки. Ці машини здійснюють подачу нагрітого котлами повітря до плодів для їх швидкого висушування. Цей вдосконалений процес, проте, часто неможливий в бага-

тьох країнах, що розвиваються. Великі витрати, необхідні для придбання механічного обладнання, часто занадто великі для дрібних фермерів в сільських районах. Паливо або електроенергія для запуску машин можуть бути відсутніми або бути занадто дорогими і до того ж приводити до екологічних проблем, пов'язаних з виділенням парникових газів (Blair et al., 2007). У зв'язку з цим в цьому проекті розглядаються тільки немеханізовані сонячні сушарки для плодів, і зокрема конструкція сушарки, яка зазвичай використовується в Танзанії [12].

**Томати кубиками.** Нарізаними кубиками томатом стала приділятися велика увага після того, як сальса замінила кетчуп в лідерах продажу приправ в США (Poole 1992). Приблизно 88 % вироблених сьогодні нарізаними кубиками томатів піддають тепловій обробці і упаковують в бляшані банки, бочки і асептичні мішки (Gould 1992) з метою використання пізніше для переробки в кінцеві продукти з більш високою доданою вартістю. Під час цієї первинної теплової обробки, нарізані кубиками помідори піддають дії високих температур і зсувним деформаціям при проходженні через насоси, трубопроводи, резервуари під тиском і наповнюючі машини (Gould 1992). Те, що відбувається в результаті цього порушення структурної цілісності (Porretta et al. 1995) може впливати на якість кінцевих томатних продуктів [13].

Хоча високотемпературна теплова обробка сприяє порушенню структурної цілісності, теплова обробка нарізаними кубиками помідорів необхідна для того, щоб знищити мікроорганізми, які викликають псування, такі як *Bacillus coagulans*, і інактивувати пом'якшуючі ферменти, зокрема, пектинметилестеразу (PME, пектинова пектилгідролаза, EC 3.1.1.11) і полігалактуроназу (PG, полі- $\alpha$ -1,4-галактуронід гліцаногідролаза, EC 3.2.1.15; 3.2.1.67). Діючи спільно, пектинметилестераза і полігалактуронази руйнують пектинові речовини в міжклітинній речовині і розчинний пектин клітинних стінок тканин помідорів. Пектинметилестераза каталізує гідроліз метилових ефірів, сприяючи таким чином тому, що деацетилований ланцюжок галактуронові кислоти стає вразливим від деполімеризуючої дії полігалактуронази (Pressey and Woods 1992). Пектинові речовини є важливими складовими, які перебувають в міжклітинній речовині і клітинних стінках, і будь-які зміни можуть впливати на структуру плодів і овочів (Bourne 1989). Окрім того, переробники помідорів стурбовані тим, чи вимагають помідори, зібрані з різним ступенем стиглості різних умов обробки. У даний час переробники збирають все з томатного куща, на якому можуть бути плоди різної стиглості (тобто зрілі і перестиглі плоди). Колір не є чутливим показником червоної зрілої стиглості помідорів, оскільки плід залишається червоним навіть коли він перезрілий. Barrett і Garcia (Barrett and



García 1997) провели також одне з декількох досліджень, в якому документально зафіксовані різні фізичні характеристики томатів, що переробляються з такими ступенями стиглості: червоні, червоні + 2 тижні, червоні + 3 тижні [13].

Виробників також цікавить те, як зміна розміру кубиків може впливати на тривалість часу прогрівання. Згідно Стандартів Міністерства сільського господарства США для консервованих томатів, виробники повинні нарізати томати однаковими кубиками (USDA 1990). В томатній промисловості Каліфорнії розміри цих кубиків змінюються від  $3/8 \times 3/8 \times 1/2$  дюйма<sup>3</sup> ( $13 \times 9,5 \times 9,5$  мм<sup>3</sup>) до  $1 \times 1 \times 1$  дюйма<sup>3</sup> ( $25 \times 25 \times 25$  мм<sup>3</sup>) [13].

Збільшення пружності нарізаних кубиками томатів за допомогою солей кальцію під час переробки є стандартним процесом в галузі (Gould 1992). Солі двовалентного кальцію збільшують жорсткість міжклітинної речовини і клітинних стінок (Grant et al. 1973), пов'язуючи диметоксидовані пектинметилестеразою пектатні ланцюжки з утворенням пектату або пектинату кальцію (Kertesz 1939) і підвищуючи таким чином стійкість пектину до впливу полігалактуронази (Buescher and Hobson 1982) [13].

Було проведено кілька інструментальних досліджень структури з метою оцінки впливу стиглості на пружність томатів. Barrett і García (Barrett and García 1997) оцінювали структурні властивості семи різних сортів сирих томатів на рожевій, червоній і перестиглій червоній стадії і виявили, що пружність знижувалася зі збільшенням стиглості для більшості сортів, включаючи сорт Halley Bos 3155. Kader і співавтори (Kader et al. 1978) також виявили, що пружність істотно знижувалася у зелених, бурих, перехідних, рожевих, світло червоних і стиглих червоних томатів сорту «Cal Ace» по мірі дозрівання. Розм'якшення тканини томата частково пов'язано з дією пектинових ферментів, а саме пектинметилестерази (PME, пектинової пектилідролази, ЕС 3.1.1.11) і полігалактуронази (PG, полі- $\alpha$ -1, 4-галактуронід гліканогідролази, ЕС 3.2.1.15; 3.2.1.67). Пектинметилестераза каталізує гідроліз метилового ефіру на кислотних залишках полігалактуронові кислоти, що створює можливість для деполімеризації через виникнення гідролізу полігалактуронази (Pressey and Avants 1992). Було показано, що ізомери пектинметилестерази присутні в незрілих зелених помідорах (Pressey and Avants 1972), тоді як полігалактуронази не виникає до початку дозрівання (Pressey and Avants 1982). Дослідження показали, що потім нестабільна пектинметилестераза інактивується через 5 хвилин при 67 °C (Pressey and Avants 1992), а полігалактуронази через 5 хвилин при 90 °C в червоних стиглих помідорах (Pressey and Avants 1973) [14].

Було також виявлено виникнення змінної активності пектинових ферментів в різних частинах помідора. Наприклад, повідомлялося, що синтез поліга-

лактуронази виникає в області камер червоних томатів, а потім в областях ендотеліо- та екзокарпії (Tieman and Handa 1989). Тканина деяких частин помідора, наприклад, лігнін біля області кріплення плода до плодоніжки (Taiz and Zeiger 1991), також може мати різні фізіологічні властивості і, таким чином, може демонструвати різні властивості пружності і проникнення тепла [14].

У промисловості з виробництва нарізаних кубиками томатів зазвичай вимірюють суху вагу як загальний показник виходу готового продукту і пружності (Barrett et al. 1998). Це міра виходу готового продукту і кількості переробленого продукту, проданого споживачам, яка використовується для забезпечення консистенції і якості. Промислові виробники зазвичай вимірюють суху вагу після того, як томати перероблені, упаковані і охолоджені до кімнатної температури. Згідно зі Стандартом США для сортів цілих консервованих томатів, суха вага для томатів Сорту США А (Високої якості) повинна бути не менше 66% вагової місткості контейнера, Сорту США В (Стандартні) не менше від 58 % і Сорту США С (Нестандартні) не менше від 50 % (USDA 1999) [14].

До інших параметрів технологічного процесу виготовлення нарізаних кубиками томатів, які впливають на час прогрівання і, отже, на пружність, відносяться розміри кубиків і технологічне середовище. Розмір кубиків залежить від бажаного кінцевого продукту і обмежений необхідністю забезпечення достатнього прогрівання для інактивації пектинових ферментів і викликають псування мікроорганізмів (Downing 1996). Типові розміри кубиків, які використовуються в промисловості, такі:  $1/2 \times 1/2 \times 1/2$  дюйма ( $1,3 \times 1,3 \times 1,3$  см<sup>3</sup>) і  $1 \times 3/4 \times 3/4$  дюйма ( $2,5 \times 1,9 \times 1,9$  см<sup>3</sup>) (Downing 1996). Промисловість з виробництва нарізаних кубиками томатів зазвичай використовує обробку водою, томатним соком або парою, і переробники можуть застосовувати або гарячий розлив в 55-галонні (208,2 дм<sup>3</sup>) бочки, розлив в бляшані банки і стерилізацію в автоклаві або асептичний об'ємний розлив в 55-галонні (208,2 дм<sup>3</sup>) бочки або 300-галонні (1135,6 дм<sup>3</sup>) контейнери у вигляді ящика з вкладеним мішком, а також охолодження при кімнатній температурі або струменями холодної води (Downing 1996). Крім того виробники нарізаних кубиками томатів для подання пружності своїм нарізаним кубиками продуктам зазвичай додають до них кальцій, занурюючи їх у розчин CaCl<sub>2</sub> або оббризкуючи розчином CaCl<sub>2</sub> перед тепловою обробкою (Downing 1996). Багато виробників стурбовані тим, що сік, який містить велику кількість цукру і пектинового матеріалу може вплинути на нагрівальні властивості середовища і, отже, на пружність нарізаних кубиками томатів [14].

## Висновки

Опираючись на отримані дані закордонних досліджень для переробки, мають більш високу вартість цілі очищені томати і нарізані кубиками томатні продукти, які й отримали переваги від нових розробок, що мають відношення до процесу зняття шкірки. Вивчаються і в деякій мірі комерціалізуються передові технології, які використовують ме-

нше енергії і забезпечують в результаті більш високу якість продукції. До них відносяться методи з використанням електричних полів, таких як омичні і імпульсні поля, мікрохвильова і радіочастотна обробка, а також обробка високим тиском. Так, виробництво і переробка томатів в даний час здійснюється більш екологічно безпечними методами, і це залишиться метою на майбутнє.

## Список літератури

- Barrett, D. M. Future innovations in tomato processing / D. M. Barrett // IN: 13th Symposium on the Processing Tomato. Actae Horticulturae.– 2015.– № 1081.–P. 49–55
- Barrett, D.M. Color quality of tomato products / D.M. Barrett, and G.E. Anthon // IN: Color quality of fresh and processed foods. ACS Symposium Series.– 2008. – P. 131–139.
- Garcia, E. Assessing Lycopene Content in California Proces.– P. 56–70
- Zhang, L. Characterization of the Red Layer and Pericarp of Processing Tomato Using Magnetic Resonance Imaging / L. Zhang, D.M. Barrett and M. McCarthy // Journal of Food Science. – January 2013.– № 78(1).– P. 50–55.
- Garcia E. Can We Predict Peeling Performance of Processing Tomatoes / E. Garcia, M. Watnik and D.M. Barrett // Journal of Food Processing and Preservation.– Feb. 2006.– № 30(1).– P. 46–55
- Barrett D.M. Defects and Peelability of Processing Tomatoes / D.M. Barrett, E. Garcia and G. Miyao // Journal of Food Processing and Preservation.– Feb. 2006.– № 30(1).– P. 37–45
- Garcia E. Evaluation of Processing Tomatoes from Two Consecutive Growing Seasons: Quality Attributes, Peelability and Yield / E. Garcia, and D.M. Barrett // Journal of Food Processing and Preservation.– Feb. 2006. № 30(1).– P. 20–36
- Garcia E. Peelability and Yield of Processing Tomatoes by Steam or Lye / E. Garcia, and D.M. Barrett // Journal of Food Processing and Preservation.– Feb. 2006. № 30(1).– P. 3–14
- Diaz, J.V. Conformational Changes in Serum Pectins during Industrial Tomato Paste Production / J.V. Diaz, G.E. Anthon, and D.M. Barrett // Journal of Agricultural and Food Chemistry.– 2009. – № 57(18).– P. 8453–8458
- Anthon, G.E. Changes in pectins and product consistency during the concentration of tomato juice to paste / G.E. Anthon, J.V. Diaz and D.M. Barrett // Journal of Agricultural and Food Chemistry.– July 2008.– № 56(16).– P. 7100–7105
- Anthon, G.E. Characterization of the temperature activation of pectin methylesterase in green beans and tomatoes / G.E. Anthon, and D.M. Barrett // Journal of Agricultural and Food Chemistry.– Jan. 2006.– № 54(1).– P. 204–211
- Ringeisen, B. Concentrated Solar Drying of Tomatoes / B. Ringeisen, D.M. Barrett, P. Stroeve // Energy for Sustainable Development.– 2014.– № 19.– P. 47–55
- Ma, W.H. Effects of raw materials and process variables on the heat penetration times, firmness, and pectic enzyme activity of diced tomatoes (Halley Bos 3155 cv) / W.H. Ma, D.M. Barrett // Journal of Food Processing and Preservation.– May 2001.– № 25(2).– P. 123–136
- Ma, W.H. Effects of maturity and processing variables on heat penetration times, firmness, and drained weight of diced tomatoes (Halley Bos 3155 cv) / W.H. Ma, D.M. Barrett // Journal of Food Processing and Preservation.– June 2002.– № 26(2).– P. 75–89
- Brodt, S. Comparing environmental impacts of regional and national-scale food supply chains: a case study of processed tomatoes / S. Brodt, K.J. Kramer, A. Kendall, G. Feenstra // Food Poligy.– 2013.– № 42.– P. 106–114.
- California Department of Food and Agriculture California processing tomato inspection program. 2014. <http://www.cdfa.ca.gov/mkt/mkt/pdf/Laws/ProcessingTomatoInspection.pdf>. p.1-20.
- Davis, M. Characterization of mold species in California processing tomatoes. Report to the Processing Tomato Advisory Board.– Jan. 2012.– № 12.– P. 1–2.
- Hanson, B.R. New crop coefficients developed for high-yield processing tomatoes / B.R. Hanson, D.M. May // California Agriculture.– 2005.– № 2.– P. 95–99.
- Rubio-Diaz, D.E. Carotenoid stability during production and storage of tomato juice made from tomatoes with diverse pigment profiles measured by infrared spectroscopy / D.E. Rubio-Diaz, A. Santos, D.M. Francis, L.E. Rodriguez-Saona // J. Agric. Food Chem. 2010.– № 58.– P. 8692–8698.
- Slaughter, D.C. et. al. Automatic Inspection System for Processing Tomatoes. ASABE Paper number 131620893, Kansas City, Missouri.– 2013 July.– P. 21-24. (doi: <http://dx.doi.org/10.13031/aim.20131620893>).
- Zhang, L. Characterization of the red layer and pericarp of processing tomato using magnetic resonance imaging / L. Zhang, D.M. Barrett, d M.McCarthy // Journal of Food Science.– 2013.– № 78(1).– P. 50–55
- Gautier, H. et al. How does tomato quality (sugar, acid, and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature, and irradiance / Journal of Agricultural and Food Chemistry.– 2008.– № 56.– P. 1241–1250.
- Loiudice, R. et al. Composition of San Marzano tomato varieties. Food Chemistry.– 1995.– № 53.– P. 81–89.
- Oke, M. Effects of phosphorus fertilizer supplementation of processing quality and functional food ingredients in tomato / M. Oke, T. Ahn, A. Schofield, G. Paliyath // Journal of Agricultural and Food Chemistry.– 2005.– № 53.– P. 1531–1538.

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ТОМАТОВ

А.Т. Безусов, доктор технических наук, профессор

А.В. Тоценко, аспирант, E-mail: [iluha2010@ukr.net](mailto:iluha2010@ukr.net)

Кафедра биотехнологии, консервированных продуктов и напитков

Одесская национальная академия пищевых технологий, ул. Канатная, 112, г. Одеса, Украина, 65039

**Аннотация.** В статье проведен обзор важнейших факторов, обуславливающих качество готовых томатных продуктов, а именно: зрелость томатов, местность выращивания, климат и технологические условия переработки,

применение нововведений в поле и новых технологий в производстве. Основное внимание уделяется влиянию факторов, которые обуславливают вкус, аромат, цвет и структурные параметры качества томатов и продуктов переработки томатов. Приведены описания сохранения упругой структуры продукта – одного из важнейших факторов новых видов продуктов, в технологии переработки которых используют меньше энергии и обеспечивают в результате более высокое качество. Рассмотрен также вопрос об уменьшении энергетических затрат, максимальное уменьшение отходов, минимизация влияния разрушающих факторов, сохранение полезных свойств и придания продуктам натуральности и безопасности. Раскрыты вопросы по сохранению полезных для организма человека свойств в продуктах переработки томатов на примере каротиноида ликопена.

Основное содержание исследования составляет анализ существующих в мире способов переработки томатов с целью определения наиболее актуальных на сегодняшний день, которые позволят производителю уменьшить энергетические затраты, количество отходов, повысить качество продукта и расширить его ассортимент.

**Ключевые слова:** томаты, производство томатопродуктов, ликопин, томатная паста, томатные кубики, томаты очищенные от кожицы, сушка томатов.

#### References

1. Barrett DM. Future innovations in tomato processing. IN: 13th Symposium on the Processing Tomato. Actae Horticulturae. 2015; 1081:49-55
2. Barrett DM, Anthon GE. Color quality of tomato products. IN: Color quality of fresh and processed foods. C.A. Culver and R.E. Wrolstad eds. ACS Symposium Series. 2008; 983: 131-139.
3. Garcia E, Barrett DM. Assessing Lycopene Content in California Processing Tomatoes. Journal of Food Processing and Preservation. 2006; 30(1): 56-70
4. Zhang L, Barrett DM, McCarthy M. Characterization of the Red Layer and Pericarp of Processing Tomato Using Magnetic Resonance Imaging. Journal of Food Science. 2013; 78(1): 50-55
5. Garcia E, Watnik M, Barrett DM. Can We Predict Peeling Performance of Processing Tomatoes? Journal of Food Processing and Preservation. 2006; 30(1): 46-55
6. Barrett DM, Garcia E, Miyao G.. Defects and Peelability of Processing Tomatoes. Journal of Food Processing and Preservation. 2006; 30(1): 37-45
7. Garcia E, and Barrett D. Evaluation of Processing Tomatoes from Two Consecutive Growing Seasons: Quality Attributes, Peelability and Yield. Journal of Food Processing and Preservation. 2006; 30(1): 20-36
8. Garcia E, Barrett DM. Peelability and Yield of Processing Tomatoes by Steam or Lye. Journal of Food Processing and Preservation. 2006; 30(1): 3-14
9. Diaz JV, Anthon GE, Barrett DM. Conformational Changes in Serum Pectins during Industrial Tomato Paste Production. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2009; 57(18): 8453-8458
10. Anthon GE, Diaz JV, Barrett DM. Changes in pectins and product consistency during the concentration of tomato juice to paste. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008; 56(16): 7100-7105
11. Anthon GE, Barrett DM. Characterization of the temperature activation of pectin methylesterase in green beans and tomatoes. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2006; 54(1): 204-211
12. Ringeisen B, Barrett DM, Stroeve P.. Concentrated Solar Drying of Tomatoes. Energy for Sustainable Development. 2014; 19: 47-55
13. Ma WH, Barrett DM. Effects of raw materials and process variables on the heat penetration times, firmness, and pectic enzyme activity of diced tomatoes (Halley Bos 3155 cv). Journal of Food Processing and Preservation. 2001; 25(2): 123-136
14. Ma WH, Barrett DM. Effects of maturity and processing variables on heat penetration times, firmness, and drained weight of diced tomatoes (Halley Bos 3155 cv). Journal of Food Processing and Preservation. 2002; 26(2): 75-89
15. Brodt S, Kramer KJ, Kendall A, Feenstra G. Comparing environmental impacts of regional and national-scale food supply chains: a case study of processed tomatoes. Food Poligy. 2013; 42: 106-114.
16. California Department of Food and Agriculture 2014. California processing tomato inspection program. [http://www.cdfa.ca.gov/mkt/mkt/pdf/Laws/ProcessingTomato Inspection.pdf](http://www.cdfa.ca.gov/mkt/mkt/pdf/Laws/ProcessingTomato%20Inspection.pdf). p.1-20.
17. Davis M. Characterization of mold species in California processing tomatoes. Report to the Processing Tomato Advisory Board. Davis, CA. 2012; 12:1-2.
18. Hanson BR, May DM. New crop coefficients developed for high-yield processing tomatoes. California Agriculture. 2005; 2: 95-99.
19. Rubio-Diaz DE, Santos A, Francis DM, Rodriguez-Saona LE. Carotenoid stability during production and storage of tomato juice made from tomatoes with diverse pigment profiles measured by infrared spectroscopy. J. Agric. Food Chem. 2010; 58: 8692-8698.
20. Slaughter DC, Isaacs J, Leocadio M, Chang H, Anderson T, Ng D, Orgon E. Automatic Inspection System for Processing Tomatoes. ASABE Paper number 131620893, 2013 Kansas City, Missouri. 2013; 21-24, (doi: <http://dx.doi.org/10.13031/aim.20131620893>).
21. Zhang L, Barrett DM, McCarthy M. Characterization of the red layer and pericarp of processing tomato using magnetic resonance imaging. Journal of Food Science. 2013; 78(1): 50-55
22. Gautier H, Diakou-Verdin V, Benard C, Reich M, Buret M, Bourgaud F, et al. How does tomato quality (sugar, acid, and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature, and irradiance? Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008; 56: 1241-1250.
23. Louidice R, Impembo M, Laratta B, Villari ., Lo Voi A, Siviero P, et al. Composition of San Marzano tomato varieties. Food Chemistry. 1995; 53: 81-89.
24. Oke M, Ahn T, Schofield A, Paliyath G. Effects of phosphorus fertilizer supplementation of processing quality and functional food ingredients in tomato. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2005; 53: 1531-1538.

Отримано в редакцію 12.03.2017  
Прийнято до друку 22.04. 2017

Received 12.03.2017  
Approved 22.04. 2017