

# ТЕХНОЛОГІЯ ХАРЧОВОЇ ТА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 664.8.047

**Бендерська О.В.**

Національний університет харчових технологій

**Бессараб О.С.**

Національний університет харчових технологій

## ДЕЯКІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННОЇ ТОМАТНОЇ СИРОВИНИ В ТЕХНОЛОГІЯХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

*У статті наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень фізико-хімічного складу томатного насіння. Встановлено, що насіння томатів має високу харчову та біологічну цінність, яка зумовлена підвищеним вмістом білків, ліпідів, вуглеводів і наближена до сучасних рекомендацій щодо створення раціонів здорового харчування населення. Також насіння томатів багате поліненасиченими жирними кислотами, фосфоліпідами, макро- і мікроелементами, вітаміном Е. Однак його харчову цінність значною мірою знижують природні біологічно активні антиаліментарні речовини – інгібітори протеїназ. Авторами досліджено вміст та активність антипоживних речовин томатного насіння і запропоновано шляхи зниження ренні-можливості застосування вторинної томатної сировини, а саме томатного насіння в технологіях консервованих продуктів із підвищеною біологічною цінністю.*

**Ключові слова:** *томати, протеїнази, соус, насіння, інактивація, трипсин.*

**Постановка проблеми.** В останні роки все більш актуальними є питання розроблення технології комплексного перероблення рослинної сировини, яка повинна враховувати не тільки технологічні процеси перероблення, а також отримання готового продукту з заданими якісними характеристиками, створення циклів безвідходного харчового виробництва й отримання готового продукту, який відповідає всім вимогам нутріціології. Відомо, що під час промислової переробки рослинної сировини утворюється велика кількість відходів, які містять безліч корисних компонентів, що необхідні в раціонах збалансованого харчування населення [1]. У цьому аспекті нами запропоновано розглядати вторинну сировину, що утворюється у процесі виробництва томатопродуктів, як джерело отримання біологічно активних речовин із подальшим їх використанням у технологіях харчових продуктів.

Томати мають високий вміст вологи (91–94%), але необхідно враховувати їх високу харчову цінність, зумовлену наявністю вуглеводів, жирів і

білкових речовин, які є легкозасвоюваними. Аналіз хімічного складу томатів і їх напівфабрикатів показав доцільність створення на їх основі нових видів харчових продуктів.

У літературі існує достатньо відомостей про хімічний склад томатів [1–3], але недостатньо вивчений фізико-хімічний і біохімічний склад вторинних томатних ресурсів, а саме томатного насіння. З метою ефективного використання сировини й отримання томатних соусів із високими показниками якості постає задача дослідження фізико-хімічного складу томатного насіння.

**Постановка завдання.** Метою роботи є дослідження та наукове обґрунтування застосування вторинних томатних ресурсів у технології харчових продуктів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для досліджень використовувалися томати сортів Алексія, Лампо, Ліона, районовані в центральному регіоні України, врожаю 2016–2017 рр. і їх насіння, що безпосередньо було використане для проведення досліджень.

Хімічний склад томатного насіння досліджували з використанням загальновідомих методів: масова частка вуглеводів – за методикою [4]; мінеральний склад – атомно-емісійною спектрометрією [5]; вміст органічних кислот – шляхом титриметричного визначення [6].

Для визначення антипоживних речовин користувалися методом визначення активності інгібіторів трипсину в рослинній сировині та його модифікацією – казеїнолітичним методом М.Л. Какейда, визначення трипсин-інгібуючої активності І.І. Бенкена, апробованою на різних білковомісних культурах [6].

Сьогодні потенціал корисних властивостей вторинної томатної сировини майже не використовується в харчовій промисловості, тому що недостатньо досконалі залишаються підходи до створення безвідходних технологій. Враховуючи вищезазначене, актуальним є питання розроблення технологій комплексного перероблення томатної сировини, яка включатиме перероблення пульпи томатів і вторинних томатних ресурсів із метою отримання харчових продуктів, які володіють підвищеним вмістом незамінних амінокислот, що входять до складу соле- та водорозчинних білків. Попередні дослідження показують, що томатне насіння також багате на легкозасвоювані вуглеводи та поліненасичені жирні кислоти з оптимальним співвідношенням омега-3 й омега-6 жирних кислот.

Для підтвердження наявних даних визначено хімічний склад насіння томатів різних сортів, найбільш культивованих у центральному регіоні України. Усереднений хімічний склад насіння томатів наведено в табл. 1.

Аналіз отриманих даних показав, що насіння томатів сортів Алексія, Лампо та Ліона має високу харчову цінність, яка зумовлена підвищеним вмістом білків, ліпідів, вуглеводів і наближена до сучасних рекомендацій щодо створення раціонів здорового харчування населення. Встановлено, що насіння томатів багате поліненасиченими жирними кислотами, фосфоліпідами, макро- і мікроелементами, вітаміном Е та клітковиною [7], але його харчова цінність значною мірою залежить від природних біологічно активних антиаліментарних речовин – інгібіторів протеїназ.

Білкові речовини зумовлюють харчову та біологічну цінність продуктів харчування. Водночас високий вміст білків у насінні може говорити про наявність антипоживних речовин. Вміст інгібіторів у деяких рослинах призводить до значного зниження харчової цінності білкових продуктів. Присутність інгібіторів протеїназ у раціоні харчу-

вання тварин і людини призводить до негативних фізіологічних явищ. Як відомо, вміст комплексів трипсин-інгібітор викликає інтенсивний синтез ферментів підшлункової залози. Це призводить до збільшення трансформації метіоніну в цистин, що, у свою чергу, збільшує потребу в сірковмісних амінокислотах, яка не може бути компенсована білками, які надходять із їжею.

Відомо, що секреція соку підшлункової залози регулюється процесом травлення. Перетравлюваність їжі залежить від рівня трипсину і хімотрипсину в кишечнику. Коли рівень цих ферментів під дією інгібіторів падає нижче критичного значення, підшлункова залоза починає виробляти більше ферментів. Через зв'язування трипсину з інгібітором може відбуватися також уповільнення травлення.

Інгібітори протеолітичних ферментів виявлені у багатьох видах рослин, що належать до різних систематичних груп. Вміст інгібіторів протеїназ у рослинах змінюється під впливом умов вирощування. Однак видові і сортові відмінності їх вмісту, а також компонентний склад інгібіторів зберігаються незалежно від року репродукції, що свідчить про генетичну зумовленість цієї ознаки [8].

З усього спектру антиаліментарних факторів найбільший інтерес становлять інгібітори трипсину через їх широке поширення і високий вміст у запасній частині рослин – насінні. Фізіологічні функції цих речовин білкової природи досить вивчені: вони можуть грати роль запасних білків, регулювати активність протеолітичних процесів, запобігати передчасному розпаду резервних білків; пригнічувати активність протеїназ ряду шкідливих комах і фітопатогенних мікроорганізмів, тим самим захищаючи рослини від ураження [9]. Надходження в організм підвищеної кількості цих антиаліментарних чинників призводить до зменшення процесу гідролізу білків їжі, зниження ефективності їх засвоєння.

Нами проведено дослідження активності білків-інгібіторів трипсину в насінні томатів. Отримані результати наведено в табл. 2.

Аналіз даних показує, що існує залежність між кількістю білкових речовин томатного насіння та наявністю інгібіторів протеїназ. Також існують дані [10] про генетичну природу накопичення антипоживних речовин. Так, для сорту Лампо, що містив у своєму насінні найвищу кількість білка, активність інгібіторів трипсину була на рівні 0,61 мг/г білка, що на 17,3% за вміст антипоживних речовин в сорті Алексія, який використовували для подальших досліджень.

Таблиця 1

## Хімічний склад насіння томатів, % СР

Харчова цінність/сорт	Алексія	Лампо	Ліона
білок	34,03±0,5	35,37±0,5	32,03±0,5
ліпіди, в т.ч. фосфоліпіди	31,44±0,2 1,42±0,2	29,24±0,2 1,71±0,2	32,44±0,2 1,42±0,2
вуглеводи в т.ч. клітковина	28,83±1 17,92±0,5	30,83±1 17,92±0,5	29,83±1 17,92±0,5
мінеральні речовини	3,35±0,5	2,65±0,5	3,35±0,5
каротиноїди	0,018±0,5	0,018±0,5	0,018±0,5
токофероли, в т.ч. α – токоферол	0,073±0,2 0,055±0,5	0,070±0,2 0,050±0,5	0,073±0,2 0,055±0,5
α – томатин	0,030±0,5	0,030±0,5	0,030±0,5

Таблиця 2

## Активність інгібіторів трипсину томатного насіння

Сорт	Алексія	Лампо	Ліона
Вміст білка, % СР	34,03±0,5	35,37±0,5	32,03±0,5
Показник активності інгібіторів мг/г білка	0,52±0,1	0,61±0,1	0,55±0,1

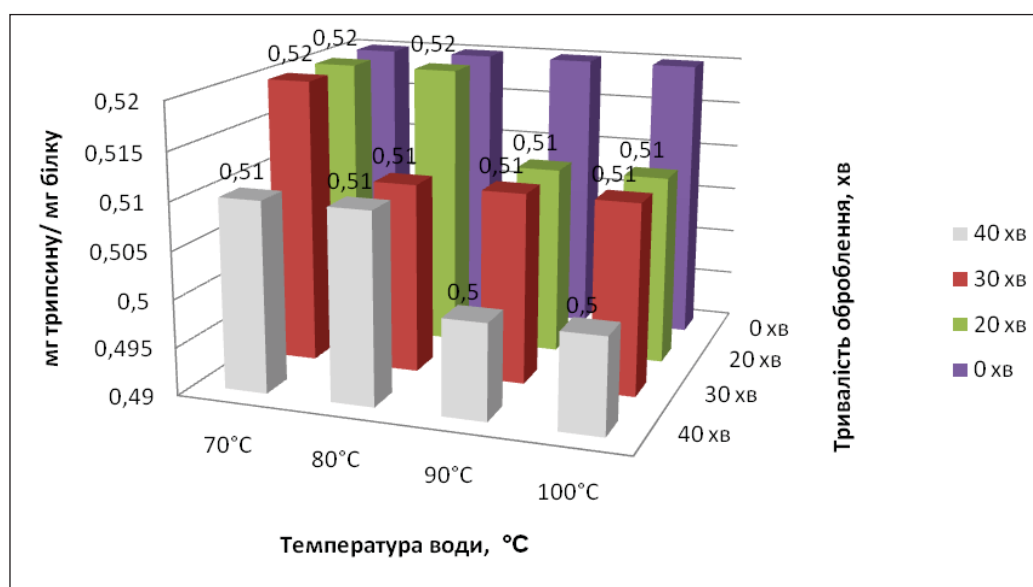


Рис. 1. Активність інгібіторів трипсину в зразках томатного насіння після застосування гідротермічного оброблення

З метою зниження активності інгібіторів протеїназ томатного насіння нами проведено підбір параметрів попередньої обробки томатного насіння та встановлено їх вплив на вміст біологічно активних речовин і трипсин-інгібуючу активність томатного насіння.

Ефективним шляхом усунення цих чинників є інактивація інгібіторів протеїназ, викликана їх руйнуванням. Слід зазначити, що, порівняно з іншими антиаліментарними факторами, інгібітори трипсину мають досить високу стійкість до інактивації. У зв'язку з цим дані про істотне зниження вмісту інгібіторів трипсину в продук-

тах переробки насіння свідчать і про деструкцію алкалоїдів.

Істотно знизити активність протеїназ (~ на 85%) можна за умови дії високих температур, особливо в поєднанні з підвищеним тиском. Збільшує ефективність термообробки також попереднє замочування насіння або зброджування. Поряд з інгібіторами трипсину руйнуються і деякі види гемаглютининів [11; 12].

Для визначення впливу гідротермічного оброблення на трипсин-інгібуючу активність томатного насіння нами проведено попередню їх обробку, що передбачала витримування у воді з

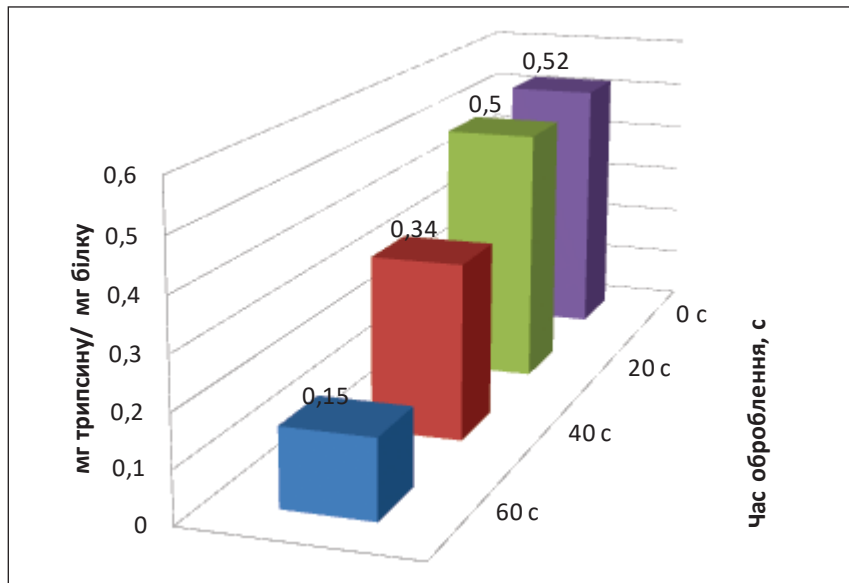


Рис. 2. Активність інгібіторів трипсину в зразках томатного насіння після застосування мікронізаційного оброблення

температурами 70; 80; 90; 100°C протягом 20; 30; 40 хв.

Вибір температури зумовлений білковою природою інгібіторів протеолітичних ферментів і їх здатністю інактивуватися під дією високих температур.

Результати проведених досліджень представлені на рис. 1.

Отримані дані свідчать, що застосування гідротермічного оброблення томатного насіння зі вказаними параметрами не дозволило істотно знизити трипсин-інгібуючу активність. Так, для зразків томатного насіння зниження трипсин-інгібуючої активності вдалося досягти лише шляхом витримування протягом 40 хв за температури 100°C. Слід зазначити, що отримані результати показують незначне зменшення трипсин-інгібуючої активності на рівні 2% та корелюються із контролем.

Проведені дослідження підтверджують наявні літературні дані щодо амінокислотного складу деяких інгібіторів трипсину [13]. Встановлено відсутність чи дуже низький вміст у них триптофану та метіоніну, а також високий вміст цистину (в деяких випадках – до 18%). Характерною особливістю цієї амінокислоти є наявність у її молекулі дисульфідних зв'язків, що зумовлює стійкість інгібіторів до дії температур і надає структурної жорсткості молекулам інгібіторів.

Один із перспективних напрямів у розробці енергозберігаючих технологій оброблення томатного насіння – використання нових фізичних мето-

дів підведення теплоти до продукту. Застосування інфрачервоного випромінювання інтенсифікує внутрішні процеси, покращує якісні показники, полегшує їх контроль і управління технологічними параметрами. Внаслідок ІЧ-оброблення відбувається інтенсифікація процесів біохімічних перетворень у насінні, внаслідок резонансного впливу поглинається енергія на зв'язку в молекулах біохімічних полімерів.

Мікронізація – процес термообробки, що використовує для енергопідводу випромінювання інфрачервоної (ІЧ) області спектра, т. зв. теплове випромінювання [14]. Мікронізоване томатне насіння має високі органолептичні показники. Щільність теплового потоку значно вища, ніж у разі конвективного і кондуктивного теплопідведення. Інфрачервоне випромінювання нагріває зерно і проникає в глибину шару матеріалу до 4–6 мм. Термодифузійний потік вологи з поверхні, що переходить у пару, створює внутрішній тиск і розпушує кожну окрему насінину. У зв'язку з цим обробка відбувається за мінімальний час, вміст протеїну в сухій речовині й амінокислотний склад практично не змінюються.

Результати проведених досліджень впливу мікронізаційної обробки на трипсин-інгібуючу активність томатного насіння представлені на рис. 2.

Отримані дані свідчать, що застосування мікронізаційного оброблення дозволяє досягти зменшення кількості антипоживних речовин томатного насіння. Так, після витримування в

мікронізаторі томатного насіння протягом 60 с зниження вмісту інгібіторів трипсину становило близько 34%.

Нагрівання томатного насіння до 40–60 с і витримання його в термостатичних умовах дозволяє досягти хорошого результату зменшення кількості інгібіторів трипсину в 4–8 разів. Нагрівання протягом понад 60 с призводить до різкої втрати розчинності томатного протеїну, що негативно позначається на його засвоюваності. Під час нагрівання понад 80 с відбувається деструкція білкових речовин і вуглеводів та утворення нерозчинних комплексів.

Оскільки такий спосіб має мінімальний час обробки порівняно з іншими способами, споживана потужність буде вищою. Однак за рахунок скорочення часу обробки енерговитрати можуть бути меншими, ніж у разі застосування інших способів.

Ще однією перевагою способу є збереження фізичної цілісності насіння, що збільшує терміни

зберігання обробленого томатного насіння. Істотним недоліком способу є нерівномірний прогрів внутрішньої частини насіння, оскільки прогрів за допомогою інфрачервоного теплоенергопідводу здійснюється зверху.

**Висновки.** Аналіз хімічного складу томатного насіння показав, що, незважаючи на високу біологічну цінність, харчову цінність насіння істотно знижують природні антимицозні речовини – інгібітори протеїназ. З метою інактивації до безпечного рівня проведено дослідження впливу попередньої обробки, а саме процесів мікронізації та гідротермічного оброблення томатного насіння. Встановлено, що гідротермічне оброблення з використанням температур у діапазоні 70–100°C знижує активність антипоживних речовин томатного насіння на 1–2%. Мікронізаційне оброблення томатного насіння протягом 60 с дозволяє досягти зниження вмісту інгібіторів трипсину на 34% без зміни властивостей білкових речовин та амінокислотного складу насіння.

#### Список літератури:

1. Гавриш С.Ф. Томат: обробка та переробка продукції. Продукти харчування. 2005. № 5. С. 15–18
2. Остриков А.Н., Гаджиева А.М., Касьянов Г.И. Комплексная технология переработки томатного сырья. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 1 (63). С. 12–17.
3. Бендерська О.В. Огляд ринку томатних соусів в Україні. Научные труды SWorld. Иваново: Научный мир, 2016. Вып. 3 (44). Т. 3. С. 84–89.
4. Тоог Р.К. Зміна складу основних антиокислювачів при післязбиральному зберіганні томатів. Food Chem. 2006. № 4. С. 724–727.
5. Доссон Р., Элиот Д., Элиот У. Справочник биохимика. М.: Мир. 1991. С. 396.
6. Кретович В.Л. Биохимия растений. М.: Высшая школа. 1986. 503 с.
7. Benderska O., Bessarab A., Shutyuk V. Study of the use of edible powders in tomato sauce technologies. Food science and technology. 2018. Vol. 12, Issue 2. P. 59–65. DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v12i1.837>.
8. Сирохман І.В. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення. К.: Центр навчальної літератури, 2009. 544 с.
9. Сергеев В.Н., Кокаев Ю.И. Пищевая промышленность. 2001. № 6. С. 28–30.
10. Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Methods Enzymol. 1999. № 299. P. 152.
11. Щеглова И.В., Верещагин А.Л. Влияние вакуумно-импульсной обработки грибов на аминокислотный состав и трипсинингибирующую активность. Техника и технология пищевых производств. 2010. № 1 (16). С. 25–28.
12. Титов А.Ф., Фролова С. А., Таланова В.В. Венжик Ю.В. Влияние фитогормонов на активность протеолитических ферментов и ингибиторов трипсина при холодной адаптации пшеницы. Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2011. № 3. С. 117–120.
13. Оробинская В.Н., Казуб В.Т., Коновалов Д.А. Электроразрядная обработка фактор регулирования активности ингибиторов растительного сырья. European science review. 2014. № 1–2. С. 154–162.
14. Чижикова О.Г., Павлова М.А., Коршенко Л.О. Разработка оптимальных режимов получения паст на основе семян чечевицы. Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 3 (43). С. 177–182. DOI: 10.24411/1999-6837-2017-00073.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПИЩЕВОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ВТОРИЧНЫХ ТОМАТНЫХ РЕСУРСОВ

*В статье приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований биологической ценности томатных семян. Установлено, что семена томатов имеют высокую пищевую и биологическую ценность, которая обусловлена повышенным содержанием белков, липидов, углеводов и приближена к современным рекомендациям относительно создания рационов здорового питания населения. Также семена томатов богаты полиненасыщенными жирными кислотами, фосфолипидами, макро- и микроэлементами, витамином E, клетчаткой. Однако их пищевую ценность в значительной степени снижают природные биологически активные антиалиментарные вещества – ингибиторы протеиназ. Авторами исследовано содержание и активность антипитательных веществ томатных семян и предложены пути снижения их активности. Актуальность представленных исследований заключается в расширении возможности применения вторичного томатного сырья, а именно томатных семян в технологиях консервированных продуктов с повышенной биологической ценностью.*

**Ключевые слова:** томаты, протеиназы, соус, семена, инактивация, трипсин.

## SOME ASPECTS OF SECONDARY TOMATO RAW MATERIAL IN FOOD TECHNOLOGY

*The article presents the results of theoretical and experimental studies of the biological value of tomato seeds. It has been found that tomato seeds have a high nutritional and biological value due to the high concentration of proteins, lipids, and carbohydrates. Accordingly, this value complies with modern recommendations on healthy diet for the population. Also, tomato seeds are rich in polyunsaturated fatty acids, phospholipids, macro- and micronutrient elements, vitamin E, and fiber. However, its nutritional value is substantially reduced by natural biologically active anti-alimentary substances, namely proteinase inhibitors. The purpose of this paper is the study of chemical composition and biological value of secondary tomato resources, namely tomato seeds, as well as researching the possibility of its application in food technology. It is also concerned with determination of quantitative and qualitative composition of anti-nutrients of tomato seeds and selection of ways to decrease the activity of anti-nutrients of tomato seeds.*

**Key words:** tomatoes, proteinases, sauce, seeds, inactivation, trypsin.