

УДК 644.314

DOI: 10.15587/2312-8372.2018.140531

ДОСЛІДЖЕННЯ ЖИРОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ ТОМАТНОГО НАСІННЯ

Бендерська О. В., Бессараб О. С., Шутюк В. В.

Об'єктом дослідження є вторинні продукти перероблення томатів, а саме – томатне насіння технічної та біологічної стиглості. Одним з найбільш проблемних місць тоματοпереробної галузі є утворення значної частини (до 30 % від загальної маси томатів) відходів, що містять велику кількість білків, ліпідів, вуглеводів, мінеральних речовин та біологічно активних сполук. Вирішення проблеми перероблення вторинних томатних ресурсів стає можливим за умови встановлення їх хімічного складу та біологічної цінності і підбору технологічних параметрів подальшого перероблення.

Під час досліджень проведено аналіз хімічного складу томатного насіння та встановлено, що насіння томатів є прекрасним джерелом таких компонентів, як каротиноїди, протеїни, цукри, волокна, воски та олії. При цьому, насіння технічної стадії зрілості відрізняється від біологічно зрілого насіння підвищеним вмістом білків – на 0,81 %, клітковини – 0,4 % та цукрів – на 0,21 %. Отримані результати аналізу жирокислотного складу томатного насіння технічної та біологічної стиглості дозволили встановити, що серед жирних кислот в аналізованих зразках містилось 47,72 % поліненасичених для томатного насіння технічної зрілості та 50,96 % – біологічної зрілості. При цьому відсутні транс-ізомери, а співвідношення між ненасиченими омега-3 та омега-6 кислотами в насінні відповідає останнім рекомендаціям, щодо харчування населення згідно з принципами нутріціології.

Отримані результати аналізу хімічного складу вторинної томатної сировини показали, що важливим залишається питання вдосконалення технологій комплексного перероблення томатів, що забезпечуватиме високий економічний та соціальний ефекти. Завдяки застосуванню в технологіях харчових продуктів напівфабрикатів із томатного насіння стає можливим отримання харчових продуктів, що володіють підвищеним вмістом незамінних амінокислот, соле- та водорозчинних білків, вуглеводів та ліпідів, що представлені поліненасиченими жирними кислотами.

Ключові слова: *вторинні продукти перероблення томатів, жирокислотний склад томатного насіння, технології комплексного перероблення томатів.*

1. Вступ

На сьогоднішній день існує широкий асортимент харчових продуктів, що здатні задовольнити фізіологічні та біологічні потреби організму споживача. Останні дослідження харчових раціонів різних верств населення свідчать про те, що споживання найбільш цінних біологічно активних продуктів харчування

за останні 10–15 років знизилось майже на 50 %. За даними медичних обстежень тільки 20 % населення можна вважати умовно здоровими; 40 % – в результаті харчових дефіцитів знаходиться в стані малоадаптації; 20 % – в граничному стані між хворобою та здоров'ям. Таким чином, більше половини населення потребує значного корегування харчування через зміну умов праці та побуту (гіподинамія і екологія) [1]. До шляхів подолання ситуації, що склалася можна віднести використання біологічно цінної сировини для отримання продуктів, збалансованих за біохімічним складом та харчовою цінністю.

Ґрунтово-кліматичні умови України є досить сприятливими для вирощування багатьох видів овочевих культур, зокрема томатів відкритого ґрунту. Цікаво відмітити, що відповідно до рішення продовольчої і сільськогосподарської комісії Організації Об'єднаних Націй ООН (ФАО – англ. Food and Agriculture Organization, FAO) Україну віднесено до числа держав, як потенційного експортера цієї продукції. Наразі Україна входить до 20 світових лідерів: Китай виробляє понад 34 млн. т томатів, США – 13 млн. т, Туреччина і Індія – до 11 млн. т, Єгипет – понад 9 млн. т і Україна понад 1,5 млн. т [1].

В Україні районовано більше 150 сортів і гібридів томатів, що відрізняються строками дозрівання, продуктивністю, типом, формою, забарвленням плодів, стійкістю проти хвороб, що дозволяє забезпечити придатними сортами і гібридами різні ґрунтово-кліматичні зони.

Причиною нарощування потужностей з вирощування є багатоцільове використання томатів як для споживання у свіжому вигляді, так і у різних продуктах переробки, а також наявності цінних нутрієнтів. Плоди томатів містять вітаміни В₁, В₂, В₃, РР, К, С, а також каротиноїди (провітамін А), мінеральні речовини в доступній формі Fe, К, Na, Са, Mg, S, I. Завдяки високому та збалансованому вмісту біологічно активних речовин, щоденне вживання томатів сприяє м'якому регулюванню обмінних процесів та діяльності шлунково-кишкового тракту, підсилюючи роботу інших залоз. До складу плодів томату входять яблучна і лимонна кислоти, які збуджують апетит, активізують процеси травлення та пригнічують шкідливу мікрофлору кишечника. У сучасних ринкових умовах для споживання у свіжому вигляді та для переробки доцільно відбирати сорти, які характеризуються високою врожайністю, стійкістю проти хвороб, придатністю до переробки і мають високі показники збалансованості хімічного складу [2].

Тому актуальним є питання вдосконалення технологій комплексного перероблення томатної сировини, яка включатиме перероблення томатів та вторинних томатних ресурсів з метою отримання харчових продуктів, що володіють підвищеними харчовою та біологічною цінністю.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом досліджень обрано томати технічної та біологічної зрілості та томатне насіння. Для проведення досліджень використовували томати сортів найбільш культивованих в центральному регіоні України та вторинні продукти перероблення томатів, а саме – томатне насіння, що утворюється після отримання томатопродуктів. Окремо досліджували хімічний склад насіння

томатів технічної та біологічної зрілості та проводили його порівняльний аналіз.

Насіння томатів є прекрасним джерелом таких компонентів, як каротиноїди, протеїни, цукри, волокна, воски та олії. У Європі, наприклад, в 2015 році було перероблено 10 мільйонів тонн томатів. Тверді відходи у вигляді вичавок з шкірки і насіння (2 % від ваги вихідної сировини) склали 200 тисяч тонн. Основні біологічно активні речовини (БАР), що містяться в насінні та вичавках, – це лікопін, рослинні волокна, томатна олія, ензими. З 100 кг відходів томатного виробництва можна отримати 75 кг рослинних волокон, 4 кг олії і 3 кг воску. А також вилучити близько 110 мг лікопіну – потужного антиоксиданту, який зменшує ризик серцево-судинних захворювань, має протипухлинну та імуностимулюючу дію, використовується, як натуральний харчовий барвник. Аналіз існуючих даних щодо хімічного складу насіння томатів наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний склад насіння томатів, % до сухих речовин (СР)

Показник	Значення
білок	36,26..37,07
ліпіди, в т. ч. фосфоліпіди	37,44..38,30 1,42..1,45
мінеральні речовини	3,28..3,35
вуглеводи	30,14..30,83
клітковина	17,52..17,92
каротиноїди	0,018..0,019
токофероли, в т. ч. α – томатин	0,072..0,073 0,028..0,030

Аналіз отриманих даних показав, що насіння томатів має високу харчову та біологічну цінність, яка зумовлена підвищеним вмістом білків, ліпідів, вуглеводів, та наближена до сучасних рекомендацій, щодо створення раціонів здорового харчування населення [3].

При цьому, насіння технічної стадії зрілості відрізняється від біологічно зрілого насіння підвищеним вмістом білків – на 0,81 %, клітковини – 0,4 % та цукрів – на 0,21 %. Це можна пояснити проходженням процесів перерозподілу та синтезу органічних сполук, які відбуваються під час дозрівання рослинної сировини. Однак, необхідно враховувати, що в процесі досягнення томатами біологічної стиглості вміст азотистих речовин, органічних кислот та редуруючих цукрів збільшується, що зумовлює харчові та органолептичні показники готового продукту.

Отримані дані технологічного аудиту свідчать про можливість застосування томатного насіння для створення продуктів з високим вмістом біологічно активних сполук. Однак, виникає необхідність більш детального дослідження та аналізу хімічного складу томатного насіння технічної та біологічної стиглості.

3. Мета та задачі дослідження

Метою досліджень є вивчення можливості використання вторинної сировини при розробці комплексної технології переробки томатів.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

1. Визначити вміст основних нутрієнтів томатного насіння.
2. Проаналізувати жирокислотний склад насіння томатів технічної та біологічної зрілості.
3. Дослідити перспективи використання томатного насіння в технологіях харчових виробництв.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

У літературі [2, 4] існує достатньо відомостей про хімічний склад томатів, але недостатньо вивчений фізико-хімічний та біохімічний склад вторинних томатних ресурсів.

В роботах [3, 5] встановлено, що потенціал корисних властивостей вторинної томатної сировини майже не використовується в харчовій промисловості. Тому перспективним є питання вдосконалення технологій перероблення томатної сировини, яка включатиме перероблення томатів та вторинних томатних ресурсів.

Авторами роботи [6] показано, що при промисловій переробці томатної сировини для виробництва соків, томатної пасты та соусів утворюється велика кількість твердих відходів у вигляді вичавок, насіння, некондиційної сировини, які містять безліч корисних компонентів.

Харчова та біологічна цінність вторинних томатних ресурсів вивчалась в роботах [7, 8]. Встановлено, що томатне насіння містить значну частину білкових речовин, що можуть бути використані в якості харчової добавки. Авторами роботи [9] пропонується отримання масляного екстракту із томатного насіння з подальшим його застосуванням в технологіях харчових продуктів як емульгатора.

Однак, інші вчені у роботах [10, 11] рекомендують розглядати вторинні томатні ресурси як побічний продукт харчового виробництва, через присутність антипоживних речовин. Але питання використання потенціалу біологічно активних сполук залишається невирішеним.

5. Методи досліджень

Хімічний склад томатного насіння встановлювали за допомогою загальноновідомих методів:

- масова частка вуглеводів за допомогою поляриметричного методу, крохмаль за методом Еверса [12];
- клітковина – за Kurisner і Hanek [13];
- мінеральний склад – атомно-емісійною спектрометрією;
- вміст органічних кислот шляхом титрування [14].

Для встановлення жирокислотного складу томатного насіння досліджували ліпофільну фракцію насіння, отриману вичерпною екстракцією гексаном. Метод визначення жирнокислотного складу заснований на перетворенні

тригліцеридів жирних кислот у метилові естери жирних кислот та газохроматографічному аналізі останніх. Аналіз жирнокислотного складу ліпофільних фракцій здійснювали хроматографуванням метилових естерів жирних кислот на газовому хроматографі HRGC 5300 (Італія).

На хроматографі встановлювали наступні параметри роботи:

- температура колонок термостата – 180 °С;
- температура випарника – 230 °С;
- температура детектора – 220 °С;
- швидкість потоку газу носія (азот) – 30 см³/хв;
- об'єм проби 2 мл³ розчину метилових естерів кислот у гексані.

Ідентифікацію метилових естерів жирних кислот проводили за часом утримання піків у порівнянні зі стандартною сумішшю. Розрахунок складу метилових естерів проводили методом внутрішньої нормалізації. У якості стандартів використовували зразки насичених та ненасичених метилових естерів жирних кислот фірми «Sigma». Метилові естери жирних кислот отримували за модифікованою методикою Пейскера, яка забезпечує повне метилювання жирних кислот. Для метилювання використовували суміш хлороформу з метанолом та кислотою сульфатною у співвідношенні 100:100:1. В скляні ампули відміряли 30–50 мл ліпофільного екстракту, приливали 2,5 мл метилюючої суміші та ампули запаювали. Потім їх поміщали до термостату з температурою 105 °С на 3 год. Після закінчення метилювання ампули розкривали, вміст переносили в пробірку, додавали порошкоподібний сульфат цинку на кінчику скальпеля, приливали 2 мл води очищеної та 2 мл гексану для екстракції метилових естерів. Після ретельного збовтування і відстоювання, гексановий екстракт фільтрували і використовували для хроматографічного аналізу.

Результати експериментальних досліджень піддавалися статистичній обробці, реалізованої за допомогою стандартних пакетів програм Microsoft Office.

6. Результати досліджень

За два останніх десятиліття накопичено великий обсяг наукових даних, що вказують на важливу роль поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) в реалізації численних фізіологічних і біохімічних процесів в організмі. Це вказує на необхідність вивчення фактичного споживання з їжею ω -3 і ω -6 жирних кислот, їх оптимальному рівні в раціоні, необхідному для забезпечення адекватного зростання і розвитку.

Попередні дослідження встановили, що насіння томатів є прекрасним джерелом таких компонентів, як каротиноїди та ліпіди, до складу яких входять поліненасичені жирні кислоти.

Тому було досліджено вміст поліненасичених жирних кислот томатного насіння. Результати проведених досліджень наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Жирокислотний склад насіння томатів

Жирна кислота	Насіння томатів технічної стиглості, % С	Насіння томатів біологічної стиглості, % С
1	2	3
C14:0	0,37814	0,11219
C15:0	0,14795	0,06924
isoC16:0	0,16737	0,09063
C16:0	21,56107	20,75644
C16:1	0,86295	0,52893
C16:2	0,27314	0,21643
C17:0	0,27379	0,17228
C17:1	1,30101	0,62897
isoC18:0	1,32274	0,94684
C18:0	7,45303	5,92004
C18:1	23,53947	24,04448
C18:2	33,83710	39,38001
C18:3	5,98324	3,95564
C22:0	0,82807	0,64297
C20:1	0,16670	0,10474
C21:0	0,11123	0,05920
C20:4	0,30494	1,64190
C20:0	0,71594	0,35592
C22:1	0,11557	-
C22:4	0,13882	0,06337
C24:0	0,51775	0,26506
Всього	100	100
ω-6/ω-3	2,55:1	4,16:1
МНЖК	24,68469	24,67815
ПНЖК	47,71713	50,96096
Ненасичені ЖК	72,40182	75,63911
Насичені ЖК	27,59818	24,36089

В результаті проведених досліджень в томатному насінні було встановлено наявність 21 жирної кислоти.

В аналізованих зразках містилось 47,72 % поліненасичених для томатного насіння технічної зрілості та 50,96 % – біологічної зрілості. У ліпофільній фракції насіння серед насичених кислот переважала пальмітинова кислота, її вміст від суми складав 21,56 % для томатів технічної зрілості, та 20,75 % для томатів біологічної стиглості. Серед поліненасичених кислот переважала лінолева кислота. Досліджувані зразки співвідносні за відсотковим вмістом лінолевої кислоти з льняною (15–30 %) [15], та арахісовою (12–35 %) оліями, перевищують її вміст в оливковій (3–15 %). Проте, поступаються за цим показником кукурудзяній (38–48 %), соняшниковій (42–70 %) та соєвій (44–60 %) оліям. Вміст олеїнової кислоти в зразках томатного насіння наближається до кукурудзяної олії (24–25 %) та перевищує за значеннями вміст в бавовняній олії (18–19 %).

Відомо, що жирні кислоти ω -6 і ω -3 конкурують за метаболізацію ферментними системами і можуть заміщувати одна одну. Співвідношення ω -6/ ω -3 поліненасичених жирних кислот, що рекомендується Інститутом харчування Російської академії медичних наук (РАМН), у раціоні здорової людини повинно становити 10:1, а для лікувального харчування – від 3:1 до 5:1. На підставі клінічних та експериментальних досліджень [16–18] співвідношення кислот ω -6 та ω -3, що рекомендується, становить від 4:1 до 2:1. Результати експериментів показали, що в досліджуваних зразках томатного насіння таке співвідношення становить 2,55:1 для томатів технічної стиглості та 4,16:1 – біологічної. Це дозволяє віднести олію томатного насіння до цінних есенціальних речовин та відзначити вищий вміст ω -3 в насінні технічної стиглості, що відповідає останнім концепціям нутріціології.

7. SWOT-аналіз результатів досліджень

Strengths. Встановлено, томатне насіння технічної та біологічної зрілості є джерелом біологічно цінних компонентів.

Отримані дані свідчать, що насіння томатів має високу харчову та біологічну цінність, яка зумовлена підвищеним вмістом білків, ліпідів, вуглеводів, та наближена до сучасних рекомендацій, щодо створення раціонів здорового харчування населення. При цьому, насіння технічної стадії зрілості відрізняється від біологічно зрілого насіння підвищеним вмістом білків – на 0,81 %, клітковини – 0,4 % та цукрів – на 0,21 %.

Weaknesses. Включення напівфабрикатів із томатного насіння для збагачення продуктів харчування призведе до підвищення собівартості готового продукту через необхідність застосування додаткових технологічних операцій.

Opportunities. Аналіз результатів досліджень свідчить про можливість застосування томатного насіння в рецептурах харчових продуктів та доцільність подальших досліджень щодо:

- розроблення нових томатних соусів з функціональними властивостями та підвищеною харчовою цінністю;
- поглибленого вивчення впливу напівфабрикатів із томатного насіння на формування структурно-механічних властивостей готового продукту;
- впливу напівфабрикатів із томатного насіння на перетравлюваність виробів в умовах *in vitro*;

Впровадження продуктів переробки томатного насіння на підприємствах харчової промисловості сприятиме розширенню асортименту виробів з оздоровчими властивостями для широкого кола споживачів.

Threats. Оскільки, хімічний склад томатного насіння є недостатньо вивченим, то основними факторами, що впливатимуть на стабільність виготовлення томатних напівфабрикатів буде визначення параметрів попереднього оброблення сировини.

8. Висновки

1. Проведені дослідження встановили, що насіння томатів є джерелом таких компонентів, як каротиноїди, протеїни, вуглеводи, волокна, воски та олії. Високу біологічну цінність томатного насіння зумовлює значний вміст білкових речовин – до 37,07 % СР та ліпідів – до 38,3 % СР, що представлені поліненасиченими жирними кислотами.

2. Виявлено, що серед ідентифікованих жирних кислот переважали ненасичені кислоти – лінолева, олеїнова, ліноленова. Досліджувані зразки співвідносні за відсотковим вмістом лінолевої кислоти з льняною (15–30 %), та арахісовою (12–35 %) оліями, перевищують її вміст в оливковій (3–15 %). Результати експериментів показали, що в досліджуваних зразках томатного насіння співвідношення ω -6 та ω -3 становить 2,55:1 для томатів технічної стиглості та 4,16:1 – біологічної. Це дозволяє віднести олію томатного насіння до цінних есенціальних речовин

3. Із чого можна зробити висновок, що цінність хімічного складу томатного насіння визначається значним вмістом есенціальних жирних кислот, які відіграють ряд важливих біологічних функцій. А також виступають регуляторами обмінних процесів, зокрема беруть участь у ліпідному обміні, впливають на стан судинної стінки, протидіють вільнорадикальному окисленню. Тому, томатне насіння можна віднести до перспективних видів сировини з подальшим його використанням для збагачення продуктів харчування

References

1. Kontseptsiia derzhavnoi naukovo-tekhnichnoi prohramy «Biofortyfikatsiia ta funktsionalni produkty na osnovi roslynnoi syrovyny na 2012–2016 roky». Kyiv, 2011. URL: http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2011/regulations/OpenDocs/110608_189_concept.pdf

2. Mizrahi S. Syneresis in food gels and its implications for food quality // Chemical Deterioration and Physical Instability of Food and Beverages. 2010. P. 324–348. doi: <http://doi.org/10.1533/9781845699260.2.324>

3. Navarro-González I., García-Alonso J., Periago M. J. Bioactive compounds of tomato: Cancer chemopreventive effects and influence on the transcriptome in hepatocytes // Journal of Functional Foods. 2018. Vol. 42. P. 271–280. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jff.2018.01.003>

4. Changes in lycopene content and quality of tomato juice during thermal processing by a nanofluid heating medium / Jabbari S.-S. et. al. // Journal of Food Engineering. 2018. Vol. 230. P. 1–7. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.02.020>

5. Zhu Y., Klee H. J., Sarnoski P. J. Development and characterization of a high quality plum tomato essence // Food Chemistry. 2018. Vol. 267. P. 337–343. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.160>

6. Bosona T., Gebresenbet G. Life cycle analysis of organic tomato production and supply in Sweden // *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 196. P. 635–643. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.087>
7. Variations in physical-chemical properties of tomato suspensions from industrial processing / Wu B. et. al. // *LWT*. 2018. Vol. 93. P. 281–286. doi: <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.005>
8. Bertin N., Genard M. Tomato quality as influenced by preharvest factors. *Scientia Horticulturae*. 2018. Vol. 233. P. 264–276. doi: <http://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.056>
9. Ispol'zovanie innovatsionnykh tekhnologiy kompleksnoy pererabotki tomatnogo syr'ya / Gadzhieva A. M. et. al. // *Politematicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014. Issue 100. P. 358–377.
10. Retseptury sousov na osnove belkovo-tomatnoy maslyanoy pasty / Ksenz M. V. et. al. // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishhevaya tekhnologiya*. 2007. Issue 4. P. 45–46.
11. Mosolova N. I., Myakotnykh A. S. Ispol'zovanie novykh kormovykh dobavok v ratsionakh laktiruyushchikh korov v zonakh povyshennogo tekhnogennoho zagryazneniya // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2004. Issue 3. P. 136–138.
12. Héron S., Dreux M., Tchaplal A. Post-column addition as a method of controlling triacylglycerol response coefficient of an evaporative light scattering detector in liquid chromatography–evaporative light-scattering detection // *Journal of Chromatography A*. 2004. Vol. 1035, Issue 2. P. 221–225. doi: <http://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.02.052>
13. De Caterina R. n–3 Fatty Acids in Cardiovascular Disease. *New England Journal of Medicine*. 2011. Vol. 364, Issue 25. P. 2439–2450. doi: <http://doi.org/10.1056/nejmra1008153>
14. Zhuravel I. O. Vyvchennia lipofilnykh spolk roslin rodyny Zingiberaceae // *Ukrainskyi medychnyi almanakh*. 2010. Issue 3. P. 87–89.
15. Gaudin K., Chaminade P., Baillet A.. Retention behaviour of unsaturated fatty acid methyl esters on porous graphitic carbon // *Journal of Separation Science*. 2004. Vol. 27, Issue 1-2. P. 41–46. doi: <http://doi.org/10.1002/jssc.200301622>
16. Silver-ion reversed-phase comprehensive two-dimensional liquid chromatography combined with mass spectrometric detection in lipidic food analysis / Mondello L. et. al. // *Journal of Chromatography A*. 2005. Vol. 1086, Issue 1-2. P. 91–98. doi: <http://doi.org/10.1016/j.chroma.2005.06.017>
17. O'Brien R. *Fats and Oils. Formulating and Processing for Applications*. CRC Press, 2003. 616 p. doi: <http://doi.org/10.1201/9780203483664>
18. P.98 What is the optimum ω -3 to ω -6 fatty acid (FA) ratio of parenteral lipid emulsions in postoperative trauma? / Morlion B. J. et. al. // *Clinical Nutrition*. 1997. Vol. 16. P. 49. doi: [http://doi.org/10.1016/s0261-5614\(97\)80222-1](http://doi.org/10.1016/s0261-5614(97)80222-1)