

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Луцький національний технічний університет
Національний університет харчових технологій

І. М. Дударєв, О. В. Кузьмін

ЧИПСИ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Монографія

Одеса • 2023 • Олді+

УДК 664.8
Д81

Рецензенти:

Ю. В. Березовський, доктор технічних наук, доцент, Херсонський національний технічний університет;

В. П. Хорольський, доктор технічних наук, професор, Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського;

С. В. Ягелюк, доктор технічних наук, професор, Луцький національний технічний університет.

*Рекомендовано до друку рішенням Вчених рад
Луцького національного технічного університету
(протокол № 4 від 28 листопада 2023 року)*

та

*Національного університету харчових технологій
(протокол № 3 від 26 жовтня 2023 року)*

Дударєв І. М.

Д81 Чипси з рослинної сировини : монографія / І. М. Дударєв, О. В. Кузьмін. – Одеса : Олді+, 2023. — 224 с.

ISBN 978-966-289-776-0

У монографії подано характеристику найбільш поширених снєків та запропоновано класифікацію чипсів із рослинної сировини. Проаналізовані фізико-хімічні та органолептичні властивості сировини (картоплі, буряка, моркви, кабачків, яблук, груш, зерна кукурудзи, сублимованих рослинних порошків та шоколаду) для чипсів та обґрунтовані вимоги до її якості для виробництва безпечного продукту із високими органолептичними показниками. Описані технології виробництва картопляних, овочевих, фруктових, зернових та багатощарових чипсів, зокрема глазурованих шоколадом із додаванням фруктових-овочевих-ягідних сублимованих порошків. Проаналізовані фізико-хімічні та органолептичні властивості чипсів із рослинної сировини та вплив режимів технологічних процесів на ці властивості. Монографія призначена для науковців, виробників та широкого кола читачів, які цікавляться та досліджують проблематику виробництва чипсів із рослинної сировини та їх якості і безпечність.

УДК 664.8

ISBN 978-966-289-776-0

© І. М. Дударєв, О. В. Кузьмін, 2023
© Луцький національний технічний університет, 2023
© Національний університет харчових технологій, 2023

ЗМІСТ



ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1	
СНЕКИ	8
1.1 Характеристика та класифікація снєків	8
1.2 Класифікація чипсів із рослинної сировини	14
РОЗДІЛ 2	
КАРТОПЛЯНІ ЧИПСИ	17
2.1 Сировина для картопляних чипсів	17
2.2 Технологія картопляних чипсів	27
2.3 Характеристика картопляних чипсів	34
2.4 Вплив режимів технологічних процесів виробництва картопляних чипсів на їх властивості	46
РОЗДІЛ 3	
ФРУКТОВІ ТА ОВОЧЕВІ ЧИПСИ	80
3.1 Сировина для фруктових та овочевих чипсів	80
3.2 Технологія фруктових та овочевих чипсів	88
3.3 Характеристика фруктових та овочевих чипсів	93
РОЗДІЛ 4	
ЗЕРНОВІ ЧИПСИ	143
4.1 Сировина для зернових чипсів	143

4.2	Технологія чипсів із кукурудзи	145	
4.3	Характеристика чипсів із кукурудзи та вплив режимів технологічних процесів виробництва на їх властивості.	147	
РОЗДІЛ 5			
БАГАТОШАРОВІ ЧИПСИ			159
5.1	Сировина для багат шарових чипсів	159	
5.2	Технологія багат шарових чипсів	169	
5.3	Характеристика багат шарових чипсів	172	
5.4	Вплив режимів технологічних процесів виробництва багат шарових чипсів на їх властивості.	174	
5.5	Технологія глазурованих шоколадом багат шарових чипсів.	180	
5.6	Характеристика глазурованих шоколадом багат шарових чипсів.	182	
ВИСНОВКИ			192
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ			195

ВСТУП



Перекуси (снекінг) – одна із важливих складових щоденного раціону харчування сучасної людини, темп та активний спосіб життя якої вимагає додаткового споживання їжі між основними її прийомами, яка містить корисні речовини та дозволяє організму отримати необхідну енергію для належного функціонування. Відповідно, перекуси мають забезпечувати не тільки швидке утамування голоду, але й бути корисними. Тож, поміж широкого асортименту снекової продукції на ринку необхідно обирати таку, яка приносить користь організму, тобто містить необхідні вітаміни, макро- та мікроелементи, а також збалансована за вмістом основних поживних речовин (білків, жирів та вуглеводів).

Одним із найбільш популярних видів снєків є картопляні чипси. Картопляні чипси, що виготовлені за традиційною технологією, є висококалорійним продуктом, оскільки містять більше 30% жирів. Відповідно, цей продукт не можна позиціонувати як корисний для організму людини, тому його доцільно споживати в обмеженій кількості. Це спонукає науковців розробляти, а виробників упроваджувати нові технологічні рішення, які дозволяють зменшити вміст жиру в продукті, одночасно забезпечуючи характерні чипсам органолептичні властивості. Перспективними у цьому напрямі вважаються способи попереднього оброблення сировини перед обсмажуванням: сушіння, використання гідроколоїдів як захисного покриття, бланшування, мікрохвильове оброблення тощо. Також зменшення вмісту олії в картопляних чипсах забезпечує вакуумне обсмажування, двохетапне обсмажування скибочок сировини за різного тиску тощо.

У сегменті чипсів як продукти здорового харчування позиціонуються сушені овочеві та фруктові чипси. Вони є альтернативою картопляним

чипсам та користуються попитом поміж різних верств населення, оскільки для їх виробництва не використовують олію та вони не містять доданого цукру, штучних барвників й ароматизаторів. Натомість цей продукт містить корисні речовини, якими багаті свіжі овочі та фрукти, хоча і в меншій кількості.

Зберігання урожаю овочів та фруктів потребує створення відповідних умов та значних витрат на підтримання необхідного температурного режиму і вологості повітря. Тому доцільно частину урожаю переробляти, причому безпосередньо на агропідприємствах. Перероблення на чипси локальних фруктів та овочів, зокрема органічних, які непридатні для тривалого зберігання, оскільки втрачають корисні речовини та швидко псуються, дозволяє агро-виробникам зберегти увесь вирощений та зібраний урожай з мінімальними втратами та отримати додаткові прибутки.

Перспективним продуктом в сегменті снєків також є багатошарові чипси, які містять різні комбінації овочів та фруктів, а також насіння льону. Комбінування сировини для виготовлення багатошарових чипсів дозволяє отримати різноманітні смаки готового продукту та забезпечити необхідне співвідношення нутрієнтів у ньому для різних цільових груп споживачів. Технологічні режими виробництва багатошарових чипсів дозволяють максимально зберегти смак та колір сировини у готовому продукті, а також корисні речовини.

У категорії солодких снєків перспективним продуктом є глазуровані шоколадом (чорним, білим, молочним) багатошарові чипси. Використання шоколаду дозволяє збалансувати поживну цінність продукту, а додавання до глазури сублімованих рослинних порошоків (фруктових, овочевих, ягідних) або їх комбінації дозволяє збагатити чипси вітамінами, макро- та мікроелементами, і надати їм нових смаків та кольору.

У монографії систематизовано результати наукових досліджень вітчизняних та закордонних учених щодо виробництва чипсів з рослинної сировини. Проаналізовані властивості рослинної сировини (картоплі, буряка, моркви, кабачків, яблук, груш, зерна кукурудзи, сублімованих рослинних порошоків та шоколаду), яка використовується для виробництва чипсів, а також обґрунтуванні вимоги до неї для отримання високоякісного та безпечного продукту. Описані технології виробництва картопляних, овочевих, фруктових, зернових та багатошарових чипсів, зокрема глазурованих шоколадом із додаванням фруктово-овочево-ягідних сублімованих

порошків. Проаналізовані фізико-хімічні та органолептичні властивості чипсів з рослинної сировини та вплив режимів технологічних процесів на ці властивості.

Автори під час підготовки монографії використовували результати досліджень (дані, графічні залежності, фотографії, схеми тощо), які висвітлені в наукових працях, що подані у списку використаних джерел, з належним їх оформленням. Усі матеріали використані з метою проведення наукового дослідження.

Розділ 1

СНЕКИ



1.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА КЛАСИФІКАЦІЯ СНЕКІВ

Снеки (*snack* (англ.) – перекуска, їжа для швидкого утамування голоду) – це група харчових продуктів, зазвичай, готових до вживання, що споживаються у невеликій кількості між основними прийомами їжі. Снеки є невід’ємною складовою сучасного харчування, їх асортимент постійно розширюється [Riaz, 2004]. У науковій праці (Marangoni et al., 2019) подані основні критерії, за якими можна відрізнити перекус (снекінг – це споживання снєків) від основних прийомів їжі:

- сприйняття споживачів: споживачі традиційно вважають сніданок, обід та вечерю основними прийомами їжі, а всі інші прийоми їжі (наприклад, післяобідній чай) – це снєкінг;
- час споживання: сніданок, обід та вечерю прийнято споживати, відповідно, у проміжках часу 6:00–10:00, 12:00–15:00, 19:00–21:00; усі інші випадки прийому їжі вважаються снєкінгом;
- калорійність їжі: страви та снєки класифікуються відповідно до енергетичної цінності: якщо понад 15% добової потреби в калоріях, то це основний прийом їжі; якщо менше 15% добової потреби в калоріях – це снєкінг.

У більшості людей снєкінг асоціюється зі споживанням нездорової їжі, тобто висококалорійної із високим вмістом жирів та цукру або надмірної її кількості, що може спричинити ожиріння та інші проблеми зі здоров’ям. Однак снєкінг дозволяє доповнити щоденний раціон людини продуктами, споживання яких упродовж основних прийомів їжі з будь-яких причин є недостатнім. Наприклад, споживання фруктів упродовж ранкового

перекусу – це ідеальний спосіб досягнути рекомендованої добової норми споживання фруктів (Marangoni et al., 2019). Також споживання снеків може принести користь різним групам населення, особливо тим, хто потребує частішого споживання їжі, наприклад, дітям і людям похилого віку. Тому для отримання позитивного ефекту від снекінгу важливо правильно планувати перекуси та урахувувати їх поживну й енергетичну цінність, зважаючи на вік та спосіб життя людини (рис. 1.1). Оптимальна схема споживання їжі упродовж дня містить три основні прийоми їжі (сніданок, обід, вечеря), один перекус вранці та один перекус всередині дня, причому калорійність перекусів не має перевищувати 10% добової потреби організму людини в енергії (Marangoni et al., 2019).

Популярність снекової продукції обумовлена урбанізацією, прискореним темпом життя, економічними та соціальними факторами тощо. Наприклад, у Великобританії 96% населення у віці старше 16 років споживають снеки, причому 69% роблять це щонайменше один раз на день. Поміж споживачів снеків 39%, вибираючи снеки, зважають на їх користь для здоров'я (Grasso, 2020).



Рисунок 1.1 – Позитивний вплив на харчування та здоров'я людини ранкового та післяобіднього перекусів (Marangoni et al., 2019):

Д – дієта; А – апетит; В – вага; М – метаболізм; С – стрес

Снеки вживають для швидкого перекусу, а також як закуску до різних напоїв або використовують як інгредієнти для різних страв. Ставлення людей до снєків неоднозначне: частина вважає, що це шкідлива їжа, а частина споживачів вважає, що споживання їх у невеликій кількості не спричиняє шкоди організму людини. Поживна та енергетична цінність окремих снєків подана в **таблиці 1.1**, а вміст мінеральних речовин та вітамінів – в **таблиці 1.2**.

Виробниками запропонована класифікація снєків, що містить три покоління цих продуктів (*Riaz, 2004; Saldivar, 2016; Serna-Saldivar, 2022*):

- снєки першого покоління – найпростіші у виготовленні та містять натуральну сировину (обсмажені горіхи, арахіс, сушені фрукти та овочі, попкорн, традиційні картопляні чипси);

Таблиця 1.1 – Поживна та енергетична цінність снєків (*Saldivar, 2016*)

Снеки	Вміст нутрієнтів, г/100 г					Калорійність, ккал/100 г
	вода	білки	жири	вуглеводи	харчові волокна	
Попкорн повітряний	4,1	12,0	4,2	77,9	15,1	382
Картопляні чипси	1,4	5,9	38,4	51,0	3,6	558
Кукурудзяні чипси	1,0	6,0	33,4	56,9	4,9	539
Чипси тортілья	1,8	7,0	26,2	62,9	6,5	501
Хлібні палички (кунжут)	6,1	12,0	9,5	68,4	3,0	412
Кунжутні палички	2,0	10,9	36,7	46,5	2,8	541
Мигдаль смажений, солений	2,6	22,1	52,8	19,3	11,8	597
Кеш'ю смажений, солений	1,7	15,3	46,4	32,7	3,0	574
Фундук смажений, несолений	2,5	15,0	62,4	17,6	9,4	646
Пекан смажений, солений	1,1	9,5	74,3	13,6	9,4	710
Фісташки смажені, солені	2,0	21,4	46,0	26,8	10,3	568

- снеки другого покоління – формовані продукти, які, переважно, отримують шляхом прямої екструзії (кукурудзяні чипси, кукурудзяні кульки, палички тощо) або шляхом різання, формування, випікання, обсмажування (чипси тортилья, батончики, сухарики тощо);
- снеки третього покоління – пеллети, що виготовлені шляхом екструзії, які далі обробляються шляхом обсмажування у фритюрі, запікання або приготування в мікрохвильовій печі; коекструзійні снеки, що мають зовнішню оболонку або скоринку та внутрішню начинку (трубочки на основі злаків, що наповнені сиром або іншими начинками, зокрема фруктовими пастами; крекери із солоною/солодкою начинкою; 3D-друковані снеки (вироби із тіста, м'ясні та фруктові пасти тощо).

Таблиця 1.2 – Мінеральні речовини та вітаміни у снеках (*Saldivar, 2016*)

Снеки	Вміст мінеральних речовин, мг/100 г				Вміст вітамінів, мг/100 г			
	Ca	Fe	Na	B ₁	B ₂	PP	B ₉	E
Попкорн повітряний	10	2,66	4	0,20	0,28	1,94	0,023	0,29
Картопляні чипси	24	1,5	450	0,21	0,12	3,15	0,007	2,2
Кукурудзяні чипси	127	1,32	630	0,03	0,14	1,18	0,020	1,36
Чипси тортилья	154	1,52	528	0,08	0,18	1,28	0,010	3,53
Хлібні палички (кунжут)	22	4,28	657	0,59	0,55	5,28	0,162	1,01
Кунжутні палички	170	0,74	1488	0,12	0,06	1,55	0,022	3,85
Мигдаль смажений, солений	266	4,51	339	0,07	0,86	3,85	0,033	26,0
Кеш'ю смажений, солений	45	6,00	640	0,20	0,20	1,4	0,069	0,92
Фундук смажений, несолений	123	4,38	0	0,34	0,12	2,05	0,088	15,3
Пекан смажений, солений	72	2,8	383	0,45	0,11	1,17	0,016	1,30
Фісташки смажені, солені	110	4,2	405	0,84	0,16	1,43	0,050	1,93

Снеки також класифікують залежно від використаної сировини та їхніх характеристик (**таблиці 1.3**). Незалежно від використаної сировини, практично всі снеки можуть зберігатися за кімнатної температури, оскільки мають низьку вологість та активність води *aw*. Винятком є снеки, що виготовлені з молока, зокрема йогурт, сири, муси тощо, що вимагають особливих умов зберігання (*Serna-Saldivar, 2022*).

Снеки є важливим сегментом продукції харчової промисловості в усьому світі, особливо в розвинених країнах. Одними з найбільших виробників снеків є країни Північної Америки, Великобританія, Німеччина, Франція та країни Азіатсько-Тихоокеанського регіону (*Saldivar, 2016; Slegun & Pavlincic, 2019*).

Таблиця 1.3 – Класифікація снеків залежно від використаної сировини та їхніх характеристик (*Serna-Saldivar, 2022*)

Сировина	Основні види снеків	Основні характеристики	Харчова цінність та небезпека
1	2	3	4
Злаки	Кукурудза: попкорн, смажена кукурудза, кукурудзяні чипси, чипси тортілья тощо. Пшениця, овес, жито: підсмажений хліб або чипси, крекери тощо.	Мають низьку вологість та високий вміст жиру. Виготовлені шляхом екструзії, випікання, обсмажування. Містять приправи з сіллю, ароматизатори.	Висококалорійні продукти, що багаті на крохмаль і містять відносно мало білків, харчових волокон і мікроелементів. Пшеничні, житні, ячмінні та навіть вівсяні продукти є потенційними алергенами для людей з целіакією або непереносимістю глютену.
Бобові, олійні культури	Смажений арахіс, соєві боби, кунжут, насіння гарбуза, мак тощо.	Мають низький вміст вологи, обсмажені.	Мають високий вміст білків, харчових волокон і жирів, багаті фітохімічними речовинами. Арахіс і соєві боби є потенційними алергенами.
Псевдо-злаки	Листковий та сушений амарант, ціа, кіноа та гречка.	Мають низький вміст вологи, обсмажені.	Мають високий вміст білків та харчових волокон, багаті фітохімічними речовинами.
Бульби	Картопляні чипси	Солені з низькою вологістю та високим вмістом жиру,	Висококалорійні, багаті крохмалем, з низьким вмістом білків, харчових волокон

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4
		обсмажені у фритюрі. Містять приправи з сіллю, ароматизатори.	і мікроелементів. Містять акриламід, який вважається токсичною сполукою.
Горіхи	Обсмажені мигдаль, макадамія, пекан, кеш'ю, фісташки, волоські та кедрові горіхи.	Зазвичай продаються в поєднанні з фруктами або використовуються для виробництва батончиків.	Мають високий вміст жирів, білків та харчових волокон. Багаті ПНЖК, фосфоліпідами, фітостеролами та вітаміном Е. Потенційні алергени.
Фрукти	Зневоднені чи обсмажені фрукти, осмотично зневоднені продукти, фруктові батончики.	Мають низьку активність води внаслідок видалення вологи та концентрацію природних цукрів.	Багаті розчинними цукрами, харчовими волокнами і фітохімічними речовинами. Мають низький вміст жирів та низьку калорійність порівняно з іншими снеками.
Овочі	Зневоднені чи обсмажені овочі.	Мають низьку активність води внаслідок видалення вологи під час сушіння або обсмажування.	Багаті харчовими волокнами, фітохімічними речовинами, мають низьку калорійність.
Молочна сировина	Йогурти, сири, пудинги, муси тощо.	Вимагають особливих умов зберігання для недопущення розвитку патогенних мікроорганізмів.	Багаті білком, розчинними цукрами, молочним жиром і кальцієм з високою біодоступністю. Потенційно небезпечні для людей з непереносимістю лактози.
М'ясо	Свинячі шкірки, в'ялене м'ясо, в'ялена шинка, ковбаси.	Зневоднені або обсмажені, солені. Чутливі до патогенних бактерій.	Багаті білком і майже не містять цукру та вуглеводів. Характерна висока біодоступність заліза та цинку. Високий вміст насичених жирів і холестерину.
Морепродукти та риба	Зневоднена риба, сушені ракоподібні	Зневоднені, солені та мариновані. Чутливі до патогенних бактерій.	Багаті білком і майже не містять цукру та вуглеводів. Характерна висока біодоступність заліза та цинку. Креветки мають високий вміст холестерину.

Найбільшими компаніями-виробниками снеків є Nestle S.A., PepsiCo, Mars, Inc., Mondelez International, Kraft Heinz Co, General Mills, Kellogg Co., Ferrero, Grupo Bimbo S.A.B. de C.V., Conagra Brands, Arca Continental S.A.B. de C.V. (Serna-Saldivar, 2022).

Вибираючи снекову продукцію, споживачі враховують такі фактори: ціна, бренд, смак, пакування. Також споживачі висувають вимоги до снеків, зокрема, вони мають бути не лише приємними на смак, але й мати приємний аромат, привабливий зовнішній вигляд, містити корисні речовини та не спричиняти шкоди організму людини. Усе більшої популярності набувають овочево-фруктові снеки, що зумовлено зміною способу життя людей, їх орієнтацією на споживання здорової їжі, зокрема продуктів, які збагачені вітамінами, мінеральними речовинами, антиоксидантами й рослинними екстрактами, з низьким вмістом жиру, солі й цукру, а також продуктів, які не містять штучних барвників, генетично модифікованих організмів, ароматизаторів, кофеїну, глютену (Sleagun & Pavlinciu, 2019).

Отже, свідомий споживач шукає здорову альтернативу класичним снекам, що змушує виробників продуктів харчування розробляти нові снеки, які не тільки заощаджують час на приготування й споживання продукту, але й збагачують раціон людини овочами та фруктами. Тобто інноваційні снеки мають сприяти компенсації дефіциту вітамінів, поживних речовин, макро- та мікроелементів в організмі людини (Czurzyńska et al., 2019).

1.2 КЛАСИФІКАЦІЯ ЧИПСІВ ІЗ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Одним із найбільш поширених видів снеків є чипси з рослинної сировини. Пропонується класифікація чипсів з рослинної сировини:

1. За рослинною сировиною:

- овочеві;
- фруктові;
- ягідні;
- зернові;
- комбіновані.

2. За кількістю шарів сировини:

- одношарові;

- багат шарові.
- 3. За видом напівфабрикату:**
- натуральні (зі скибочок сировини);
 - формовані (з суміші сировини);
 - пеллетні (з пеллет).
- 4. За вигнутістю:**
- плоскі;
 - хвилясті;
 - рифлені.
- 5. За формою:**
- прямокутні;
 - квадратні;
 - круглі;
 - овальні;
 - трикутні;
 - фігурні (решітчасті, спіральні тощо);
 - іншої форми (залежно від форми плодів, коренебульбоплодів).
- 6. За наявністю покриття:**
- глазуровані;
 - із захисним покриттям;
 - із панірувальним покриттям;
 - без покриття.
- 7. За способом виготовлення:**
- обсмажені;
 - обсмажені за атмосферного тиску;
 - обсмажені у вакуумі;
 - сушені;
 - сушені з використанням конвективного сушіння;
 - сушені з використанням сублімаційного сушіння;
 - сушені з використанням вакуумного сушіння;
 - сушені з використанням вибухового сушіння;
 - сушені з використанням мікрохвильового сушіння;
 - сушені в киплячому шарі;
 - сушені шляхом комбінування різних способів сушіння;
 - печені;

- екструдовані;
- комбіновані (поєднані різні способи виготовлення).

8. За смако-ароматичними та поживними властивостями:

- солені;
- солодкі;
- пряні;
- ароматизовані;
- збагачені (макро- та мікроелементами, вітамінами, рослинними екстрактами тощо);
- комбіновані.

Розділ 2

КАРТОПЛЯНІ ЧИПСИ



2.1 СИРОВИНА ДЛЯ КАРТОПЛЯНИХ ЧИПСІВ

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) – це основна сировина для виробництва чипсів. На 1 кг картопляних чипсів витрачається до 4–5 кг високоякісної картоплі (Федуняк, 2014).

Для забезпечення отримання високоякісного кінцевого продукту до морфологічних й фізико-хімічних показників бульб картоплі як сировини для виробництва чипсів висуваються певні вимоги. Зокрема, важливими характеристиками бульб є їх форма, кількість та глибина залягання вічок, оскільки від цих показників залежить кількість відходів виробництва та необхідність ручного доочищення бульб. Форму бульб картоплі можна кількісно характеризувати індексом форми I_ϕ (індекс форми – це відношення довжини l бульби до її ширини s (**рис. 2.1**)) (**таблиця 2.1**) (Ториков та ін., 2008). Для перероблення найбільш придатними є бульби картоплі, які мають округлу або округло-овальну форму із діаметром найбільшого поперечного перерізу $d_{\max} = 40\text{--}60$ мм (**рис. 2.1**). За такої форми бульб спостерігаються менші їх механічні пошкодження, менша кількість відходів та більший вихід продукції.

Кількість вічок бульб та глибина їх залягання (Волков та ін., 2022; Ториков та ін., 2008) оцінюються за дев'ятибальною шкалою (**таблиці 2.2** та **2.3**). Що краще значення показника (глибини залягання та кількості вічок) для перероблення бульб, то вищий бал. Тобто вічка на бульбах мають бути поверхневими, оскільки у випадку глибоких – необхідне залучення робітників для доочищення вручну і загальні втрати можуть сягати 25–45% (Асадова & Новикова, 2017).

Таблиця 2.1 – Індекс форми I_ϕ бульб картоплі (Ториков та ін., 2008)

Форма бульб картоплі	Індекс форми I_ϕ
Округла	1,09 та менше
Округло-овальна	1,10–1,29
Овальна	1,30–1,49
Подовжено-овальна	1,50–1,69
Довга	1,70–1,99
Дуже довга	2,00 та більше

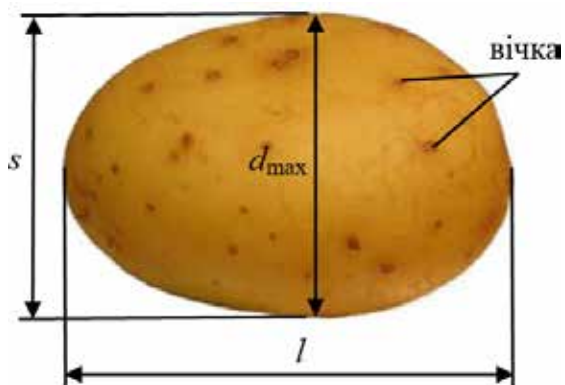


Рисунок 2.1 – Бульба картоплі

Таблиця 2.2 – Оцінювання бульб картоплі за глибиною залягання вічок (Ториков та ін., 2008)

Глибина вічок на бульбі	Оцінка (бали)
Дуже дрібні (1,0 мм та менше)	9
Дрібні (1,1–1,3 мм)	7
Середні (1,4–1,6 мм)	5
Глибокі (1,7–1,9 мм)	3
Дуже глибокі (2 мм та більше)	1

Таблиця 2.3 – Оцінювання картоплі за кількістю вічок на бульбі (Ториков та ін., 2008)

Середня кількість вічок, шт	Оцінка (бали)
12 та більше	1
11,5–11,9	2
10,5–11,4	3
9,0–10,4	4
8,5–8,9	5
7,5–8,4	6
6,5–7,4	7
5,5–6,4	8
5,4 та менше	9

Основними фізико-хімічними показниками картоплі є вміст сухих речовин, крохмалю та редукуючих цукрів. Ці показники залежать від особливостей сорту, кліматичних умов вирощування, типу ґрунту, добрив та тривалості вегетації. У **таблиці 2.4** подані значення основних хімічних компонентів картоплі. Що більший вміст сухих речовин у картоплі, то більший вихід готового продукту та менше поглинання олії під час приготування. Підвищення вмісту сухих речовин в бульбах на 1% може збільшити вихід чипсів на 14 кг з кожної тонни сировини та зменшити вміст жиру в готовому продукті на 1,62% (Лисогор та ін., 2014). Низький масовий вміст редукуючих цукрів у бульбах дозволяє не допустити потемніння продукту під час термічного оброблення та набуття ним гіркокого присмаку, що негативно впливає на споживчі властивості готового продукту (Семенова & Морозова, 2021). Це пов'язано з тим, що під час обсмажування картоплі в олії за високої температури 180–190°C редукуючі цукри вступають в реакцію Майяра з амінокислотами, внаслідок чого утворюються меланоїдини (речовини, що мають темний колір від червоно-коричневого до темно-коричневого). Для отримання чипсів високої якості вміст редукуючих цукрів у картоплі не повинен перевищувати 0,2% (Лисогор та ін., 2014).

Таблиця 2.4 – Хімічний склад бульб картоплі (*Miranda & Aguilera, 2006*)

Показник	Значення показника
Масова частка води, %	63,2–86,9
Масова частка сухих речовин, %	13,1–36,8
Вміст вуглеводів, %	13,3–30,53
Питома маса, г/мл	1,080–1,095
Масова частка клітковини, %	0,17–3,48
Вміст білків, %	0,7–4,6
Вміст жирів, %	0,02–0,96
Вміст золи, %	0,44–1,9

Картопля забезпечує значну частину добової потреби (ДП) організму людини в основних поживних речовинах (*Zaheer, & Akhtar, 2014*): калії – 26 % ДП; вітамін С – 28 % ДП; вітамін В6 – 27 % ДП; харчових волокон – 15 % ДП; магнії – 12 % ДП; залізі – 10 % ДП. Вміст вітамінів та мінеральних речовин в бульбах картоплі подано в **таблиці 2.5**.

Ще одним важливим показником сорту картоплі є колір її м'якоті. Найбільш придатні для виробництва чипсів сорти картоплі з білим чи ясно-жовтим забарвленням м'якоті бульб.

Отже, основні вимоги до бульб картоплі як сировини для чипсів (*Асадова & Новикова, 2017; Фурдига та ін., 2017*):

- вміст сухих речовин (СР) 20,6–24,5 % та крохмалю 16–18 %;
- вміст редуруючих цукрів не більше ніж 0,2–0,4 %;
- бульби мають бути рівними, округлої або округло-овальної форми з мінімальною кількістю вічок та неглибоким їх заляганням;
- шкірка має бути тонкою та гладкою, що зменшує втрати, але досить щільною для захисту бульб від несприятливих зовнішніх впливів;
- картопля повинна мати хороші смакові якості;
- не допускається використання бульб підморожених та уражених сільськогосподарськими шкідниками та хворобами;
- стабільна якість сировини незалежно від сезону перероблення.

Таблиця 2.5 – Вміст вітамінів та мінеральних речовин у бульбах картоплі (Finglas & Faulks, 1984; Zaheer, & Akhtar, 2014)

Вітаміни та мінеральні речовини	Вміст, мг/100 г
Вітамін С	7–9
Ніацин	0,5–2,4
Тіамін	0,1–0,2
Рибофлавін	0,02–0,08
Калій К	280–926
Фосфор Р	35–121
Магній Mg	15–48
Кальцій Са	3–26
Залізо Fe	0,28–1,87
Натрій Na	6,6–17,0
Цинк Zn	0,20–0,62

У картопляних чипсах основною рідкою фазою 30–50% є рослинна олія (Guadagni et al., 1972). Для обсмажування скибочок сирі картоплі у фритюрі необхідно використовувати рослинну олію, яка за високої температури (130–180 °С) не змінює свого смаку, не пригорає та не димить. Кислотне число олії для обсмажування чипсів не повинно перевищувати 2,0 мг КОН/г (ДСТУ 4608:2006, 2007). Співвідношення олії та скибочок картоплі має становити 4:1 (Радзієвська та ін., 2016). Найбільш придатними для обсмажування чипсів є рослинні олії: кукурудзяна, соняшникова, соєва, ріпакова або ж суміші олії збалансованого складу. Рослинні олії на 94–96% складаються із сумішей тригліцеридів вищих жирних кислот, а також містять речовини, що близькі до жирів (фосфоліпіди, стерини, вітаміни), вільні жирні кислоти і інші компоненти (Харченко, 2008). Густина рослинних олій коливається в межах 870–980 кг/м³ (Харченко, 2008; Пилипенко та ін., 2015).

Соняшникова олія містить незамінні жирні кислоти, каротини та вітамін Е. Виготовляють нерафіновану та недезодоровану й дезодоровану соняшкову олію. Нерафінована олія має виражений смак та запах підсмаженого

соняшникового насіння, світло-жовтий колір й невеликий осад. Кислотне число (в мг КОН/г, не більше) нерафінованої соняшникової олії вищого ґатунку – 1,5, олії 1-го ґатунку – 2,25, олії 2-го ґатунку – 6 (*Харченко, 2008*). Дезодорована олія має нейтральний смак та запах, а недезодорована олія має злегка виражені смак та запах соняшникового насіння, є прозорою, не містить осаду, її кислотне число – не більше 0,4 мг КОН/г. Пероксидне число нерафінованої соняшникової олії $18,22 \pm 0,10$ ммоль $\frac{1}{2}$ О/кг, а рафінованої – $1,12 \pm 0,05$ ммоль $\frac{1}{2}$ О/кг (*Топчій & Котляр, 2015*).

Виготовляють гідратовану, рафіновану недезодоровану і рафіновану дезодоровану соєву олію, для якої характерні бурі відтінки кольору та кислотне число гідратованої олії – не більше 1 мг КОН/г, рафінованої – 0,3 мг КОН/г (*Харченко, 2008*).

Кукурудзяну олію виготовляють нерафінованою, рафінованою дезодорованою та рафінованою недезодорованою. Для виробництва чипсів використовують рафіновану дезодоровану олію, що має нейтральний смак і запах, жовтий колір, не містить осаду та з кислотним числом – не більше 0,4 мг КОН/г. Біологічна цінність цієї олії зумовлена високим вмістом у ній біологічно активної лінолевої кислоти, а також вітаміну Е (75 мг на 100 г олії) (*Харченко, 2008*).

Ріпакова олія містить незамінні жирні кислоти (лінолеву та ліноленову), вітаміни групи Е і А. Нерафінована ріпакова олія має кислотне число 0,84–2,96 мг КОН/г та пероксидне число 0,76–6,98 ммоль $\frac{1}{2}$ О/кг, а рафінована – кислотне число 0,18–0,22 мг КОН/г та пероксидне число 1,28–2,88 ммоль $\frac{1}{2}$ О/кг (*Носенко та ін., 2014*).

Харчова цінність рослинної олії значною мірою визначається особливостями жирних кислот, які містяться у ній (*Бутина та ін., 2009*). Порівняльний аналіз жирнокислотного складу соєвої, соняшникової, кукурудзяної та ріпакової олій подано в **таблиці 2.6**.

Для нормального функціонування організму людини необхідне надходження достатньої кількості есенціальних жирних кислот (ω -6 та ω -3 поліненасичених жирних кислот (ПНЖК)). Із сімейства ПНЖК ω -6 найбільш важливими є лінолева, арахідонова та γ -ліноленова кислоти, а з сімейства ω -3 – α -ліноленова, ейкозапентаєнова та докозагексаєнова. Рекомендоване для дорослої людини співвідношення ПНЖК ω -6 до ω -3 має становити 10:1 (*Федосов та ін., 2017*). У **таблиці 2.7** подано вміст ПНЖК ω -6 й ω -3 та їх співвідношення в рослинних оліях.

Таблиця 2.6 – Жирнокислотний склад рослинних олій (Аникин, 2017; Юрченко & Канюка, 2019)

Жирна кислота	Жирнокислотний склад рослинної олії, % мас.			
	соняшникова	кукурудзяна	ріпакова	соєва
Міристинова	0,08	0,09	0,06	0,09
Пальмітинова	6,83	8,65	4,19	11,04
Стеаринова	3,17	2,68	1,68	4,16
Арахінова	0,22	0,12	0,53	0,24
Бегенова	0,84	0,29	0,27	0,23
Лігноцеринова	–	–	0,14	–
Сума насичених	11,13	11,83	6,87	15,76
Пальмітолеїнова	0,18	0,23	0,86	0,18
Олеїнова	28,22	29,53	64,5	27,58
Лінолева	60,25	57,95	18,52	50,82
Ліноленова	0,06	0,31	8,05	5,52
Гондоїнова	0,17	0,16	1,17	0,14
Ерукова	0,00	0,00	0,03	0,00
Сума ненасичених	88,87	88,17	93,13	84,24

Таблиця 2.7 – Вміст ПНЖК ω -6 й ω -3 та їх співвідношення в рослинних оліях (Коваленко та ін., 2016b)

Рослинна олія	Вміст ПНЖК, %		Співвідношення ω -6 : ω -3
	ПНЖК ω -6	ПНЖК ω -3	
Соняшникова	53,44	0,25	213,7 : 1,0
Кукурудзяна	44,0	0,65	67,7 : 1,0
Пальмовий олеїн	10,7	–	–
Ріпакова олія	18,67	9,14	2,0 : 1,0

Для забезпечення збалансованого співвідношення ПНЖК ω -6 й ω -3, обчислено склад купажів рослинних олій, які рекомендовані для обсмажування чипсів (Коваленко та ін., 2016b): пальмовий олеїн 40% + кукурудзяна олія 30% + ріпакова олія 30%; кукурудзяна олія 50% + ріпакова олія 50%. Найвищу стійкість має суміш із пальмовим олеїном, пероксидне число якої не перевищує 10 ммоль $\frac{1}{2}$ O/кг упродовж 6 год окиснення (Коваленко та ін., 2016b).

Залежно від рецептури та способу виготовлення картопляних чипсів також використовують сировину (Литвяк та ін., 2020): картопля сушена, пюре картопляне сухе, пюре горохове сухе, крохмаль (картопляний, кукурудзяний), борошно (пшеничне, житнє, кукурудзяне, соєве), крупа (пшенична, вівсяна, ячмінна, рисова), висівки (пшеничні, житні), молоко сухе знежирене, порошок яечний, сироватка молочна.

Для надання смаку та аромату до чипсів додають цибулю та часник (свіжі чи сушені), зелень петрушки, селери та кропу, гриби сушені, капусту, моркву, сіль тощо. Також використовують пряно-ароматичну рослинну сировину (насіння, коріння, кору, листя, квіти, плоди тощо), яка дозволяє покращити органолептичні властивості готового продукту, збуджує апетит та сприяє кращому засвоєнню їжі. Характеристика пряно-ароматичних рослин, що додають в чипси, подана в **таблиці 2.8**.

Таблиця 2.8 – Характеристика пряно-ароматичних рослин (Неваленная, 2019)

Назва рослини	Частина рослини, що використовується	Ефірні олії	Ідентифіковані хімічні речовини
Перець стручковий червоний	плоди	капсаїцин 0,10–0,25%	капсантин, неоксантин, каротин, капсорубін
Кмин звичайний	насіння	карвон 0,5–2,5%	лімонен, ліналоол, евгенол, терпінеол, α -пінен, евкаліптол
Кріп пахучий	листя, стебло	карвон 2,5–4,0%	лімонен, феландрен
Перець чорний	плоди	піперин 1,0–1,5%	α - та β -пінен, феландрен, лімонен, каріофілен, дигідрокарвеол
Перець запашний	плоди	евгенол 3,0–4,0%	коніферил альдегід

Більшість прянощів мають бактерицидну дію та є антиоксидантами. Додавання 0,2% анісу, кардамону, коріандру, кропу, фенхелю, імбиру, майорану, гірчиці, червоного перцю в 2–3 рази підвищує стійкість жирів, а розмарину та шавлії – в 15–17 разів (*Неваленная, 2019*).

У чипси також додають харчові добавки для надання їм необхідних властивостей, зокрема, певного аромату (ароматизатори), кольору (барвники), тривалості зберігання (консерванти), смаку, консистенції. Найбільш поширеними у складі чипсів є (*Альферович & Броско, 2022; Неваленная, 2019; Одуд та ін., 2016*): харчові барвники E100, E141, E160c; антиокислювачі E319, E330, E341; стабілізатор E459; емульгатор E551; підсилювачі смаку та аромату E621, E627, E631, E635; підсолоджувач E951; модифікований крохмаль E1450.

Куркумін (E100) – це жовтий поліфенольний пігмент із кореневища *Curcuma longa* (куркума), що використовують як барвник, надаючи продуктам оранжево-жовте забарвлення. Куркумін має антиоксидантні властивості, протизапальну та протівірусну дію (*Костюк, 2022*).

Мідні комплекси хлорофілів (E141) – це натуральний барвник зеленого кольору, що має підвищену термо- та світлостійкість. Барвник є безпечним для здоров'я людини, якщо добова доза не більше ніж 15 мг/кг маси тіла.

Екстракт паприки (E160c) – це натуральний харчовий барвник жовто-оранжевого кольору, що має специфічний гострий присмак. Барвник стійкий до впливу світла, високої температури та забезпечує тривале збереження кольору продукту. У невеликих дозах гострий присмак добавки не відчувається. Добавка E160c вважається безпечною для здоров'я людини.

Трет-бутилгідрокінон (E319) – це білі або із жовтим відтінком кристали. Ця добавка використовуються як харчовий антиоксидант для ненасичених рослинних олій. Вона не змінює смак, запах та колір продукту. Добавка E319 може викликати алергічні реакції, тому допустима добова доза її споживання для дорослої людини до 0,2 мг на 1 кг ваги тіла (*Неваленная, 2019*).

Лимонна кислота (E330) – це слабка триосновна кислота, що є речовиною кристалічної структури білого кольору. Добавка E330 вважається потужним антиоксидантом. Лимонна кислота має м'який смак, не подразнює слизові оболонки шлунково-кишкового тракту та повністю засвоюється організмом (*Древин та ін., 2013*).

Фосфат кальцію (E341) – це білий порошок без смаку та запаху, який використовують як регулятор кислотності, підсилювач смаку, фіксатор кольору та консервант. Добавка вважається безпечною для організму людини в допустимих дозах.

Бета-циклодекстрин (E459) – це кристалічний порошок дрібної фракції без запаху білого кольору, що використовують як стабілізатор для збереження консистенції харчових продуктів та властивостей ароматизаторів й спецій. Добавка вважається безпечною для організму людини в допустимих дозах.

Діоксид кремнію (E551) – це білий порошок без смаку та запаху, що використовують як речовину, яка перешкоджає злежуванню та утворенню грудок (*Пасічний & Геречук, 2015*).

Глутамат натрію (E621) – це кристалічний порошок білого кольору, добре розчинний у воді. Ця харчова добавка призначена для посилення смакових відчуттів внаслідок збільшення чутливості смакових рецепторів язика. Її використовують для підсилення смаку основної сировини чи спецій. Допустима добова доза споживання добавки для дорослих – до 1,5 г, а для підлітків – до 0,5 г (*Руцька та ін., 2017*). За систематичного вживання можуть виникнути побічні ефекти, зокрема ожиріння та порушення обміну речовин.

Гуанілат натрію (E627) – це білий або прозорий кристалічний порошок, що, зазвичай, використовують в комплексі з іншими добавками для підсилення смаку. Добавка є алергеном, може спричинити зневоднення та безсоння (*Неваленная, 2019*).

Інозинат натрію (E631) – це натрієва сіль інозинової кислоти, яку використовують як підсилювач смаку лише в поєднанні з глутаматом натрію (E621) (*Альферович & Броско, 2022*).

5-рибонуклеотид натрію (E635) – це кристали або порошок білого кольору, що використовують для підсилення смаку чипсів. Вживання цієї харчової добавки може спричинити шлунково-кишкові розлади (*Неваленная, 2019*).

Аспартам (E951) – синтетичний цукрозамінник (1 г цієї речовини замінює 150–200 г цукру) у формі легкорозчинного порошку. Гранично допустима добова доза споживання харчової добавки E951 для людини 3,5 г (*Громова & Ребров, 2007*). У підвищених дозах аспартам починає діяти в організмі людини як проносне. Вживання добавки у великих кількостях може

спричинити надлишок газів у кишечнику, діарею, біль в ділянці живота (Альферович & Броско, 2022).

Модифікований крохмаль (E1450) – це ефір крохмалю та натрієвої солі октенілбурштинової кислоти, що використовують як загусник, емульгатор та стабілізатор (Луговська & Калінін, 2021). Модифікований крохмаль вважається безпечним для здоров'я людини.

Для надання чипсам необхідного смаку та аромату використовують широкий асортимент смако-ароматичних сумішей з натуральних інгредієнтів (сирні, молочні, м'ясні та рибні порошки; овочі, гриби, пряну зелень), прянощі, смакові добавки, натуральні барвники. Ці інгредієнти виготовляють з харчових продуктів з метою забезпечення необхідних органолептичних та технологічних властивостей, а також показників безпечності та стійкості упродовж зберігання.

2.2 ТЕХНОЛОГІЯ КАРТОПЛЯНИХ ЧИПСІВ

Залежно від виду напівфабрикату картопляні чипси поділяють на три основні види (Коваленко та ін., 2016а; Ковтун, 2020):

- натуральні картопляні чипси, які виготовляють із тонких скибочок свіжої картоплі за класичною технологією;
- формовані картопляні чипси, які виготовляють із напівфабрикату сухого картопляного пюре з додаванням крохмалю та інших інгредієнтів;
- картопляні чипси (снеки) з пелет.

Незалежно від технології виробництва чипсів, картопля, яка є основною сировиною для чипсів, має зберігатися в темних складських приміщеннях за відносної вологості повітря 60% та температури 8–12 °C (Yee & Bussell, 2007).

Класична технологія виробництва картопляних чипсів (рис. 2.2) містить технологічні операції (Goyal & Goyal, 2018; Khan Khayru et al., 2021; Pedreschi et al., 2007; Yee & Bussell, 2007; Калина & Вечера, 2016; Ковбаса & Коваленко, 2017; Кузьмина, 2016; Литвяк та ін., 2020):

- підготовки бульб (миття, інспектування, калібрування, очищення), оскільки шкірка містить пил, частинки ґрунту тощо;
- нарізання бульб на тонкі скибочки товщиною 1–2 мм;



Рисунок 2.2 – Класична технологія виробництва картопляних чипсів

- відокремлення дріб'язку;
- промивання й ополіскування скибочок для видалення поверхневого крохмалю, внаслідок чого під час обсмажування скибочки не прилипають одна до одної;
 - бланшування скибочок (короткочасне оброблення парою за температури 90 °С), що покращує колір й текстуру чипсів та зменшує поглинання олії внаслідок клейстеризації поверхневого крохмалю;
 - видалення надлишку води, щоб скибочки важили 60 % від їх початкової маси (чипси з дуже зневодненої картоплі ламкі та підгорілі, а з недостатньо зневодненої – м'які та водянисті);
 - обсмажування скибочок у фритюрі за температури 170–190 °С упродовж 3–4 хв, в кінці якого вміст олії у скибочках 33–38 %, а їх вологість зменшується з 75–85 % до 1–2 %;
 - видалення надлишку олії з чипсів;
 - охолодження чипсів;
 - інспектування чипсів (відокремлюють чипси з дефектом кольору, надлишком олії, ламані та надламані);
 - додавання солі та смако-ароматичних добавок;
 - фасування та пакування чипсів – пакування має захищати чипси від проникнення кисню та вологи (*Del Nobile, 2001*), які спричиняють згіркнення, розм'якшення, втрату аромату, смаку та зниження поживної цінності продукту; як пакування для картопляних чипсів використовують одношаровий та двошаровий металізований поліпропілен;
 - зберігання чипсів за температури повітря 0–20 °С та відносної вологості повітря до 75 %.

Технологія формованих картопляних чипсів (плоских, хвилястих) містить технологічні операції (*Литвяк та ін., 2020*) (**рис. 2.3**):

- подрібнення сухого картопляного пюре та пюре з іншої сировини (у вигляді гранул, пластівців) до розміру частинок 1,0–1,5 мм;
- подрібнення круп, гороху, пластівців вівсяних, сушених цибулі, часнику, моркви та буряку (з вологістю до 8%) до стану борошна;
 - просіювання рецептурних компонентів через сита з розмірами отворів 2,0–2,5 мм та 1,0 мм;
 - магнітне сепарування сипких компонентів;
 - змішування рецептурних компонентів упродовж 1–2 хв, після чого додавання солі, добавок та змішування упродовж 5–10 хв;

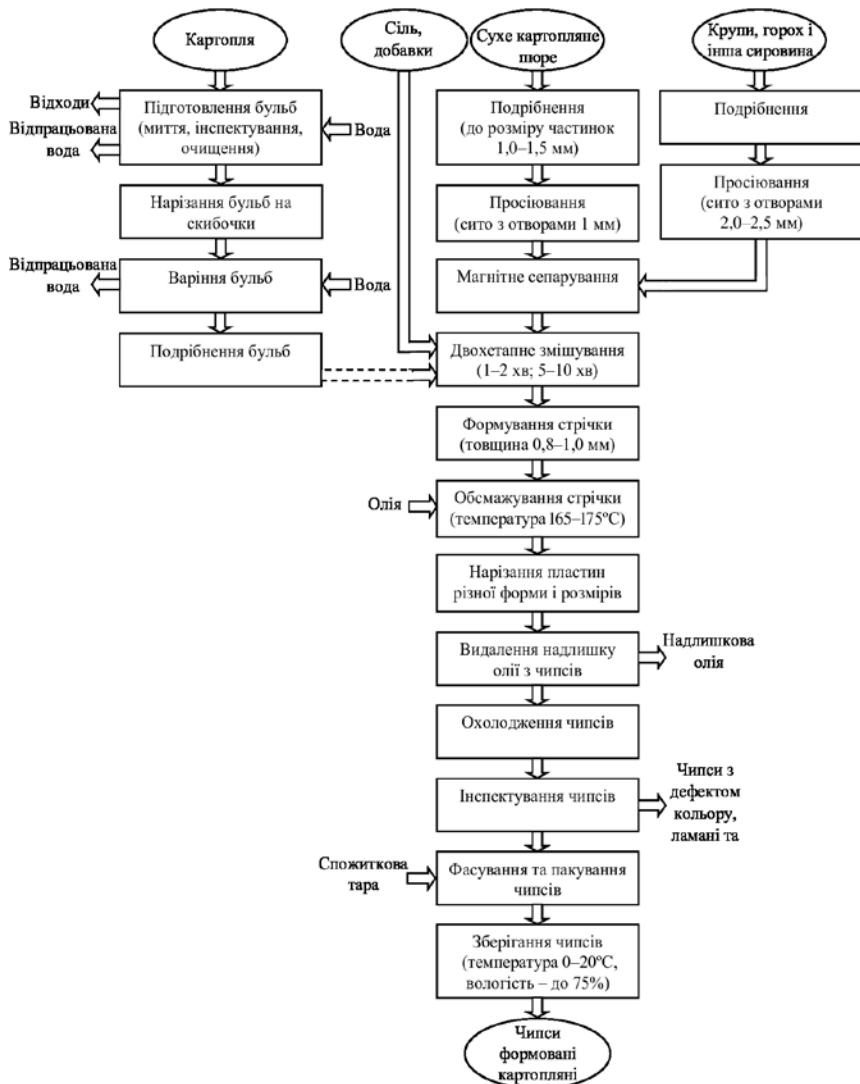


Рисунок 2.3 – Технологія формованих картопляних чипсів

- формування стрічки (пласкої, хвилястої) товщиною 0,8–1,0 мм;
- обсмажування напівфабрикату чипсів за температури 165–175 °С упродовж 30 с;
- нарізання пластин необхідної форми та розмірів (прямокутної форми – довжиною до 200 мм та шириною до 50 мм; квадратної форми – сторона до 50 мм; фігурної форми);
- видалення надлишку олії з чипсів;
- охолодження чипсів;
- інспектування чипсів (відокремлюють чипси з дефектом кольору, ламані та надламані);
- фасування та пакування чипсів;
- зберігання чипсів.

У випадку використання натурального картопляного пюре для виробництва формованих чипсів свіжу картоплю миють, очищають від шкірки, нарізають на шматки, варять та подрібнюють.

Як напівфабрикати для картопляних чипсів використовують пелети. Пелети – це пластинки або вироби фігурної форми з гладкою поверхнею та щільною текстурою, що мають термін зберігання до 12 місяців. Насипна густина пелет 300–400 кг/м³ (в кілька разів перевищує насипну густина готового до вживання продукту), а їх вологість, як правило, не перевищує 8% (*Moscicki, 2011*).

Пелети виготовляють з сухого картопляного пюре чи пластівців, пшеничного, кукурудзяного та рисового борошна (*Lisiecka & Wójtowicz, 2020*). Для одержання готового до вживання продукту, пелети обсмажують в олії або ж готують на парі, обвалюють у спеціях й смакових добавках та розфасовують у спожиткову тару. Під час обсмажування й пропарювання маса напівфабрикатів збільшується до 40% внаслідок поглинання олії або води, тобто з 1 кг пелет можна отримати 1,4 кг чипсів. Режим обсмажування пелет (температура та тривалість) залежить від сировини та їх товщини.

Для одержання чипсів хорошої консистенції вологість пелет має бути 8–11%, товщина пелет – 0,8–1,5 мм, температура обсмажування 185–195 °С, тривалість обсмажування 10–15 с. Якщо вологість пелет вища за 12%, то їх необхідно підсушити за температури 20–24 °С.

Під час обсмажування вода, що міститься в пелетах, швидко перетворюється на пару, яка, рухаючись назовні, утворює порожнини, внаслідок чого об'єм готового продукту збільшується в кілька разів. Саме утворені

порожнини зумовлюють хрустку консистенцію чипсів. Після обсмажування та охолодження на готовий продукт наносяться смако-ароматичні добавки і він фасується в герметичні пакети з поліпропілену.

Виробництво чипсів із пелет на парі має переваги порівняно з їх обсмажуванням, оскільки такий спосіб термічного оброблення не спричиняє утворення акриламідів, внаслідок чого готовий продукт є безпечним для здоров'я людини (Калинина & Руськіна, 2014).

Пелети для картопляних чипсів виготовляють за екструзійною технологією (рис. 2.4).

Послідовність технологічних операцій екструзійної технології виробництва пелет (Lisiecka & Wójtowicz, 2020):

- підготовки сировини (просіювання);
- змішування компонентів;
- кондиціювання маси до вологості 25–36 %;
- екструзійне варіння маси (температура 80–150 °С, тиск 12–25 МПа), під час якого крохмаль желатинізується й зв'язує рецептурні компоненти в еластичну однорідну масу;
- екструзійне формування напівфабрикату (температура 65–90 °С, тиск 6–9 МПа), під час якого маса набуває певної форми;
- сушіння напівфабрикату до вологості 8–11% за температури 60–70 °С упродовж 6–8 год;
- фасування та пакування пелет;
- зберігання пелет за температури повітря 0–10 °С та відносної вологості повітря до 75 %.

Зростаючий попит поміж споживачів на високоякісні продукти харчування, які не мають негативного впливу на здоров'я, спричинив необхідність розроблення способів виготовлення картопляних чипсів із низьким вмістом олії й акриламідів та традиційними органолептичними властивостями. Поміж таких способів є ударне сушіння, обсмажування у вакуумі, сушіння перегрітою парою за низького тиску та випікання.

Ударне сушіння полягає в обдуванні скибочок потоком (струменем) перегрітої пари (115–145 °С) або гарячим повітрям (130–145 °С), що виходить з форсунки з високою швидкістю. Перевагами цього способу сушіння є збереження вітаміну С у скибочках картоплі, вища швидкість сушіння та краща енергоефективність (Caixeta et al., 2002).

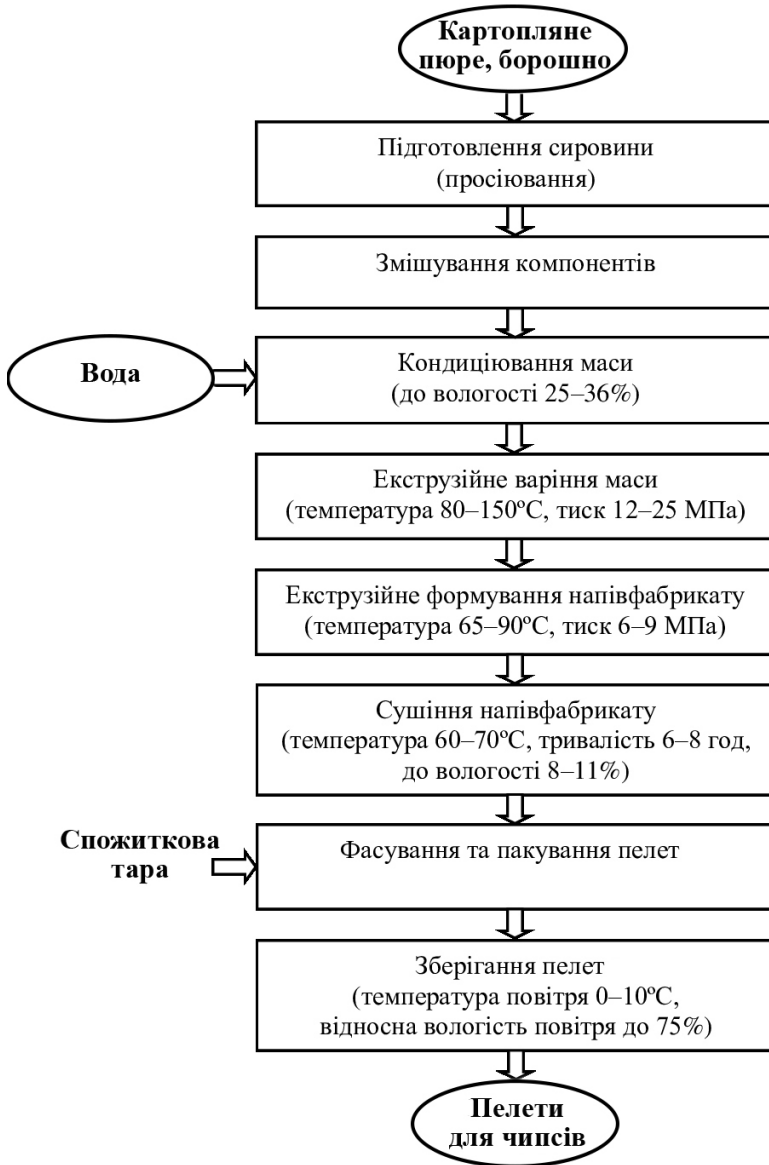


Рисунок 2.4 – Екструзійна технологія пелет для картопляних чипсів

Вакуумне обсмажування картопляних чипсів проходить за умов: тиск 3,115 кПа, температура 144 °С. Чипси, отримані у такий спосіб, мають більшу об'ємну усадку, вони м'якші та світліші, ніж чипси, що обсмажуються за класичною технологією (Garayo & Moreira, 2002).

Сушіння перегрітою парою проходить за умов: температура сушіння 90 °С, абсолютний тиск 7 кПа. Перед сушінням проходить бланшування скибочок картоплі упродовж 5 хв. Цей спосіб дозволяє скоротити тривалість сушіння чипсів (Leeratanarak et al., 2006).

Випікання картопляних чипсів за температури 170–190 °С вважається однією з найкращих альтернатив обсмажуванню, оскільки цей спосіб дозволяє отримати харчовий продукт з подібними органолептичними властивостями до традиційних чипсів (Tuta & Palazoğlu, 2017).

2.3 ХАРАКТЕРИСТИКА КАРТОПЛЯНИХ ЧИПСІВ

Органолептичні показники картопляних чипсів (рис. 2.5) мають відповідати вимогам (ДСТУ 4608:2006, 2007), що подані в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Вимоги до органолептичних показників картопляних чипсів (ДСТУ 4608:2006, 2007)

Назва показника	Вид картопляних чипсів	
	натуральні	формовані та з пеллет
Зовнішній вигляд	скибочки різної форми визначених розмірів; на поверхні дозволено наявність сухих ароматизаторів та прянощів	пластинки прямокутної чи квадратної форми, решітки, плоский круг, квадрат, рифлений прямокутник, овал тощо; на поверхні дозволено наявність ароматизаторів та прянощів
Колір	жовтий, золотисто-жовтий, кремовий різних відтінків, які притаманні використаній сировині; дозволено наявність коричневого відтінку по краю	
Смак і запах	залежно від добавок (ароматизаторів, прянощів тощо), які використовують; без сторонніх присмаку та запаху	
Консистенція	хрустка, ламка, крихка	

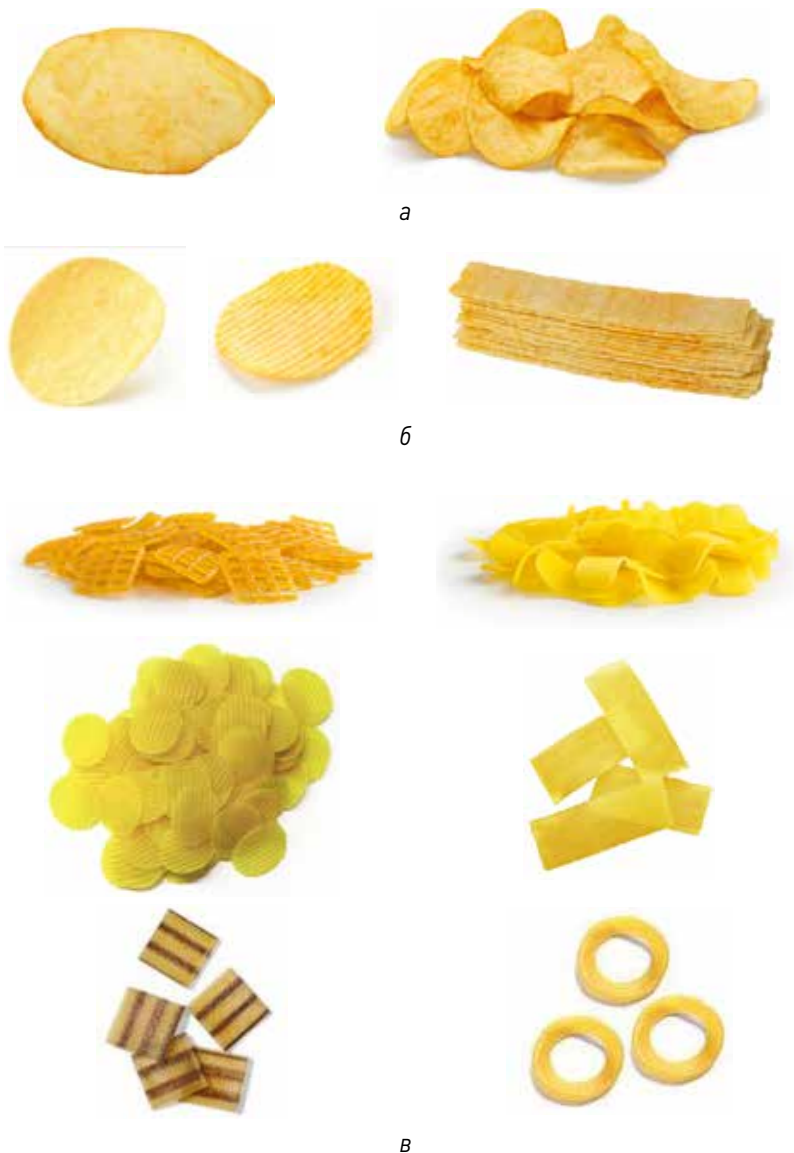


Рисунок 2.5 – Види картопляних чипсів:
а – натуральні; *б* – формовані; *в* – пелети для чипсів

Стандартом (ДСТУ 4608:2006, 2007) також визначені вимоги до фізико-хімічних показників картопляних чипсів (таблиця 2.10). Хімічний склад картопляних чипсів подано в таблиці 2.11.

Енергетична цінність картопляних чипсів залежить від їх рецептурного складу та вмісту олії і, зазвичай, коливається в межах 461–536 ккал (Ramasawmy et al., 1999; Yee & Bussell, 2007), але може сягати 568 ккал (Salvador et al., 2009). Енергетична цінність формованих чипсів та чипсів з пеллет – 535 ккал, а їхня харчова цінність (г/100 г): білків – 6,0; жирів – 34,0; вуглеводів – 51,0 (Salvador et al., 2009).

Колір є однією із найважливіших сенсорних характеристик у сприйнятті якості картопляних чипсів споживачами (Pedreschi et al., 2010). Споживачі, зазвичай, пов'язують колір зі смаком, безпечністю, тривалістю зберігання та поживністю продукту, оскільки колір добре корелює з фізичними, хімічними та сенсорними оцінками якості їжі (Pedreschi et al., 2016). Колір картопляних чипсів є результатом реакції Майяра, яка залежить від вмісту редуруючих цукрів і білків, температури та тривалості обсмажування (Edreschi et al., 2006; Mendoza et al., 2007). Більби картоплі, що містять понад 2% редууючих цукрів, не використовують для обсмажування, оскільки чипси із них мають темне забарвлення, тому максимально допустиме значення редууючих цукрів в 1 г картоплі для виробництва з неї чипсів становить 2,5–3 мг (Pedreschi et al., 2016). На рис. 2.6 зображено натуральні картопляні чипси, що відповідають 4 категоріям якості за кольором (Mendoza et al., 2007).

Таблиця 2.10 – Вимоги до фізико-хімічних показників картопляних чипсів (ДСТУ 4608:2006, 2007)

Назва показника	Вид картопляних чипсів	
	натуральні	формовані з пеллет
1	2	3
Масова частка води, %, не більше ніж	5,0	5,0
Масова частка жиру, %, не більше ніж	42,0	33,0
Масова частка хлоридів, %, не більше ніж	3,0	3,0

Продовження таблиці 2.10

1	2	3
Масова частка мінеральних домішок (піску), %, не більше ніж	0,01	0,01
Наявність скибочок із залишками шкірки (більше 10 мм по краю скибочки), % від маси, не більше ніж	5,0	-
Наявність ламаних і надламаних скибочок, пластин, прохід крізь сито з отворами 20 мм, %, не більше ніж	10,0	10,0
Зараженість шкідниками хлібних запасів	не дозволяється	
Наявність сторонніх домішок	не дозволяється	

Таблиця 2.11 – Хімічний склад обсмажених картопляних чипсів
(^aHarmankaya et al., 2013; ^bYee & Bussell, 2007)

Нутрієнти	Вміст у 100 г	Нутрієнти	Вміст у 100 г
1	2	1	2
Вода, г	1,9 ^b	Зола, г	3,6 ^b
Білки, г	7,0 ^b	Кальцій Ca, мг	24,0 ^b
Жири, г	34,6 ^b	Залізо Fe, мг	1,63 ^b
Вуглеводи, г	52,9 ^b	Магній Mg, мг	67,0 ^b
Клітковина, г	4,8 ^b	Фосфор P, мг	165,0 ^b
Калій K, мг	1275,0 ^b	Вітамін K, мкг	22,1 ^b
Натрій Na, мг	8,0 ^b	Триптофан, г	0,108 ^b
Цинк Zn, мг	1,09 ^b	Треонін, г	0,253 ^b
Купрум Cu, мг	0,306 ^b	Ізолейцин, г	0,283 ^b
Манган Mn, мг	0,440 ^b	Лейцин, г	0,419 ^b
Селен Se, мкг	8,1 ^b	Лізин, г	0,424 ^b
Бор B, мг	0,563 ^a	Метіонін, г	0,110 ^b
Кадмій Cd, мкг	2,3 ^a	Цистин, г	0,089 ^b
Хром Cr, мкг	38,0 ^a	Фенілаланін, г	0,310 ^b
Молібден Mo, мкг	6,0 ^a	Тирозин, г	0,259 ^b

Продовження таблиці 2.11

1	2	1	2
Нікель Ni, мг	0,153a	Валін, г	0,392b
Плюмбум Pb, мкг	26,4a	Аргінін, г	0,321b
Вітамін С, мг	31,1b	Гістидин, г	0,153b
Тіамін, мг	0,167b	Аланін, г	0,214b
Рибофлавін, мг	0,197b	Гліцин, г	0,207b
Ніацин, мг	3,827b	Пролін, г	0,251b
Пантотенова кислота, мг	0,402b	Аспарагінова кислота, г	1,706b
Вітамін В6, мг	0,660b	Серин, г	0,303b
Вітамін Е (альфа-токоферол), мг	9,11b	Глутамінова кислота, г	1,170b

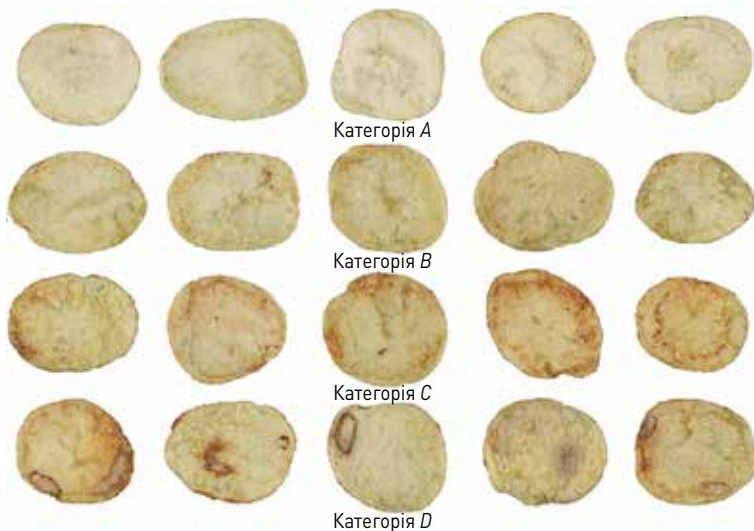


Рисунок 2.6 – Категорії якості обсмажених натуральних картопляних чипсів за кольором (*Mendoza et al., 2007*):
 категорія А – бліді; категорія В – злегка темні; категорія С – з коричневими плямами; категорія D – з природними дефектами

Відмінність у кольорі між скибочками свіжої картоплі та чипсами ΔE обчислюється за виразом (Pedreschi et al., 2006):

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2}, \quad (2.1)$$

де L_0^* , a_0^* , b_0^* – показники, що характеризують колір сировини;

L^* , a^* , b^* – показники, що характеризують колір продукту;

L_0^* , L^* – світлосила сировини/продукту;

a_0^* , a^* – співвідношення зеленої та червоної складових кольору сировини/продукту;

b_0^* , b^* – співвідношення синьої та жовтої складової кольору сировини/продукту.

Кінетика зміни кольору скибочок картоплі під час обсмажування за температури 120 °С, 140 °С, 160 °С та 180 °С подана на **рис. 2.7**. Що вища температура обсмажування, то темнішими стають картопляні чипси, на що вказує збільшення показника ΔE .

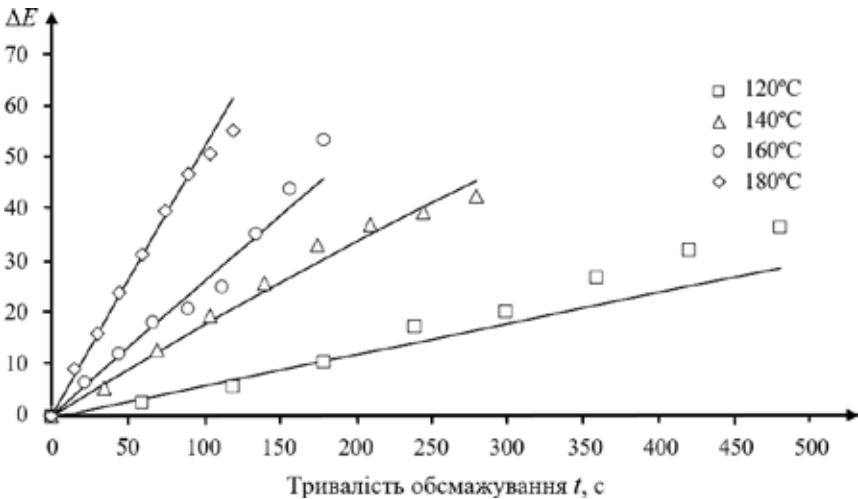


Рисунок 2.7 – Кінетика зміни кольору скибочок картоплі під час обсмажування (Pedreschi et al., 2006)

Важливим показником для оцінювання якості картопляних чипсів є текстура. Текстура – це сенсорний та функціональний прояв структурних і механічних властивостей продукту, що характеризується комплексом зорових, слухових та дотикових відчуттів. Для продуктів з картоплі основний вплив на текстуру має клейстеризація крохмалю внаслідок нагрівання. Утворення скоринки в обсмаженій картоплі є результатом змін початкової структури картопляної тканини внаслідок впливу олії за температури 170–180 °С, а саме: розм'якшення серединної пластинки між клітинами, клейстеризації крохмалю всередині клітин та зневоднення [Pedreschi et al., 2004]. Текстурні параметри продукту можна згрупувати у три основні класи [Szczesniak, 1963]: механічні, геометричні та інші. У **таблиці 2.12** подано зв'язок між текстурними параметрами і термінами, які використовують для характеристики текстури харчових продуктів.

Таблиця 2.12 – Зв'язок між текстурними параметрами та термінами, які використовують для характеристики текстури харчових продуктів [Szczesniak, 1963]

Текстурний параметр	Терміни, що пов'язані з текстурними параметрами продукту
Механічні параметри	
Твердість	міцний, твердий, жорсткий
Крихкість	розсіпчастий, хрусткий, крихкий
В'язкість	в'язкий, рідкий
Еластичність	еластичний, пластичний
Клейкість	липкий, клейкий
Геометричні параметри	
Розмір і форма частинок	пісочний, зернистий, грубий
Форма та орієнтація частинок	волокнистий, клітинний, кристалічний
Інші параметри	
Вологість	сухий, вологий, водянистий
Вміст олії	маслянистий, жирний

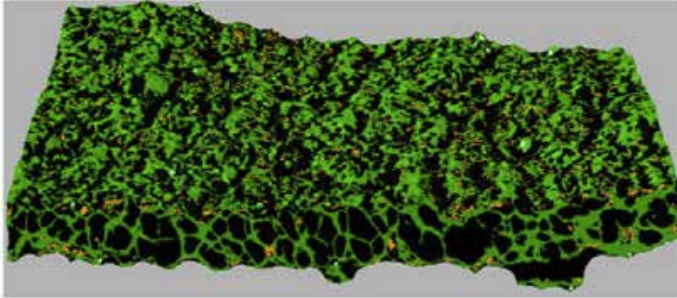
Для аналізу текстури картопляних чипсів використовують різні методи (Kwak et al., 2014; Miranda & Aguilera, 2006; Taniwaki et al., 2010):

- сенсорний;
- акустичний (запис звуків під час жування продукту);
- механічний (визначення максимальної сили руйнування продукту);
- акустично-механічний (поєднання акустичних вимірювань і вимірювань сили та деформації під час руйнування продукту);
- еталонно-калібрувальний (поєднання механічних вимірювань із сенсорним оцінюванням).

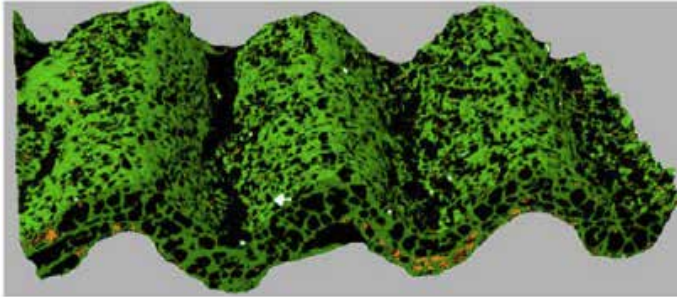
Сенсорний метод передбачає залучення експертів, які оцінюють текстуру продукту за допомогою комплексу зорових, слухових та дотикових відчуттів, які виникають під час розжовування продукту. Експерти характеризують текстуру продукту в термінах: пориста, однорідна, тверда, хрустка, крихка тощо. Оцінювання може відбуватися за бальною шкалою.

Важливий дескриптор текстури картопляних чипсів – хрусткість, що характеризує якість продукту. Ця властивість чипсів зумовлена низькою вологістю продукту. Вологість впливає на акустичну характеристику чипсів, збільшення вологості спричиняє зменшення акустичного звуку, що є наслідком зменшення хрусткості та крихкості чипсів. Слабкий звук вказує на розм'якшення чипсів та низьку їх якість (Yee & Bussell, 2007).

Хрусткість пов'язана з об'ємною пористістю картопляних чипсів, що характеризує їх мікроструктуру. Структура чипсів нагадує затверділу відкриту піну з пухирцями на поверхні, утворення яких спричинено випаровуванням води з тканини картоплі під час обсмажування (Segnini et al., 2004). На **рис. 2.8** подані 3D-зображення мікроструктури чипсів, які одержані із використанням методу мікрокомп'ютерної томографії. Об'ємна пористість плоских картопляних чипсів становить $41,15 \pm 3,56\%$, а хвилястих – $50,78 \pm 3,02\%$ (Yang et al., 2017), причому вона зростає упродовж обсмажування (Yagua & Moreira, 2011). Густина (без пор) картопляних чипсів згідно з (Yang et al., 2017) становить: плоских – $1236,5 \pm 10 \text{ кг/м}^3$; хвилястих – $1256,6 \pm 14 \text{ кг/м}^3$ (показники визначені: за вологості плоских чипсів $1,72 \pm 0,16\%$ та вмісту олії $36,26 \pm 2,24\%$; за вологості хвилястих чипсів $1,77 \pm 0,05\%$ та вмісту олії $31,47 \pm 0,74\%$).



а



б

Рисунок 2.8 – 3D-зображення мікроструктури плоских (а) та хвилястих (б) картопляних чипсів (Yang et al., 2017), де кольором позначено: білий – сіль; зелений – тверді речовини; оранжевий – олія; чорний – пори

Якість хрустких продуктів оцінюють за звуками, які з'являються під час подрібнення чи відкушування. Звук утворюється в крихких клітинах твердих тіл, коли стінки клітин ламаються під час руйнування та вивільняється енергія. Акустичне вимірювання текстури виконують шляхом вставлення мікрофона у вухо дослідника (споживача), який споживає продукт. Цей метод не дозволяє отримати надійні результати, оскільки люди відрізняються структурою ротової порожнини та швидкістю жування (Kwak et al., 2014). Для оцінювання текстури використовують також акустичні детектори, які фіксують звук під час руйнування продукту аналізатором текстури (Chen et al., 2005).

Залежно від характеру навантаження продукту, що досліджується, найпоширенішими механічними методами оцінювання текстури є тести на прокол, стиснення, зсув та згин [Miranda & Aguilera, 2006]. Так, під час застосування тесту на прокол визначають максимальну силу руйнування чипсів, яку ще називають твердістю продукту. Залежності максимальної сили руйнування F чипсів за різної температури обсмажування й відносної густини картоплі від тривалості обсмажування t та вологості W чипсів подані на **рис. 2.9**. Для руйнування чипсів, що виготовлені з картоплі із більшою відносною густиною (з більшим вмістом крохмалю), необхідно прикладати більшу силу. За результатами досліджень [Segnini et al., 1999] встановлено, що максимальна сила, яка необхідна для руйнування картопляних чипсів, спостерігається за їх вологості 2,5%.

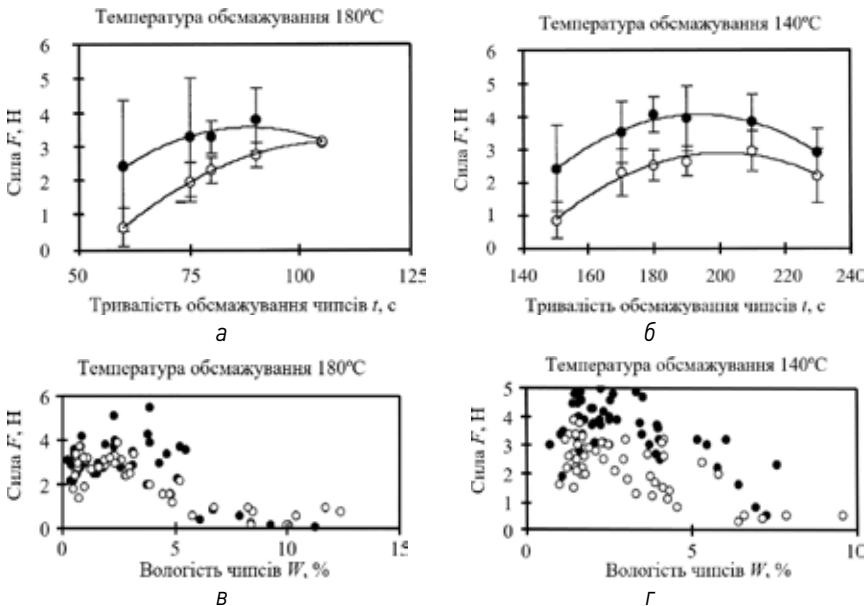


Рисунок 2.9 – Залежності сили руйнування F чипсів від тривалості їх обсмажування t (а, б) та вологості W (в, г) за відносної густини картоплі:

● – 1,1028–1,1068; ○ – 1,0914–1,0954 [Segnini et al., 1999]

У таблиці 2.13 подані результати визначення параметрів текстури (максимальної сили руйнування F , деформації та твердості) чипсів з товщиною скибочок картоплі $1,4 \pm 0,1$ мм, які виготовлені у такий спосіб:

- обсмажування упродовж 130 с, 110 с та 85 с в соняшниковій олії, відповідно, за температури 170 °С, 180 °С та 190 °С;
- випікання упродовж 22 хв, 20 хв та 16 хв, відповідно, за температури 170 °С, 180 °С та 190 °С.

Більші значення твердості випечених картопляних чипсів порівняно з обсмаженими вказують на більшу крихкість печених чипсів.

Таблиця 2.13 – Параметри текстури обсмажених та випечених картопляних чипсів (*Tuta & Palazoğlu, 2017*)

Параметр текстури картопляних чипсів	Температура оброблення, °С	Обсмажені чипси	Випечені чипси
Максимальна сила руйнування F , Н	170	$2,74 \pm 1,04$	$2,88 \pm 0,45$
	180	$2,66 \pm 0,79$	$2,02 \pm 0,33$
	190	$2,02 \pm 0,73$	$2,41 \pm 0,67$
Деформація (переміщення) s , мм	170	$1,77 \pm 0,92$	$0,91 \pm 0,65$
	180	$1,09 \pm 0,51$	$0,65 \pm 0,10$
	190	$2,24 \pm 0,87$	$1,14 \pm 0,42$
Твердість, Н/мм	170	$1,88 \pm 1,06$	$3,90 \pm 1,45$
	180	$2,85 \pm 1,32$	$3,17 \pm 0,62$
	190	$0,99 \pm 0,41$	$2,33 \pm 0,86$

У чипсах, які є неоднорідними на мікроструктурному рівні, за збільшення деформації спостерігається багаторазове підвищення та раптове падіння сили, що надає графіку «сила F – переміщення s » зубчастого вигляду (рис. 2.10). Площа під кривою «сила F – переміщення s » визначається як робота, причому робота руйнування чипсів – це площа під кривою до початкової точки руйнування (*Miranda & Aguilera, 2006*).

Акустично-механічні методи, що поєднують акустичні вимірювання з визначенням сили і деформації під час руйнування продукту (рис. 2.10),

дозволяють встановити зв'язок між хрусткістю чипсів та їх механічними й акустичними параметрами (Miranda & Aguilera, 2006; Vickers, 1987):

$$C = -15,6 + 5,35 \cdot NP + 133 \cdot MHP - 6,21 \cdot P, \quad (2.2)$$

де C – хрусткість чипсів;

NP – кількість звуків (піків акустичного параметра);

MHP – середня висота піків акустичного параметра;

P – пік сили руйнування чипсів.

Акустичні і механічні параметри чипсів товщиною $1,09 \pm 0,03$ мм, які отримані внаслідок аналізу кривих «сила F – переміщення s » й звукового тиску (рис. 2.10) (Taniwaki & Kohyama, 2012), подані в таблиці 2.14.

В еталонно-калібрувальному методі для оцінювання хрусткості картопляних чипсів використано модель Фехнера (Kwak et al., 2019):

$$C = 7,9608 \cdot \lg(\Phi), \quad (2.3)$$

де C – хрусткість чипсів;

7,9608 – константа;

Φ – площа під кривою «сила F – переміщення s ».

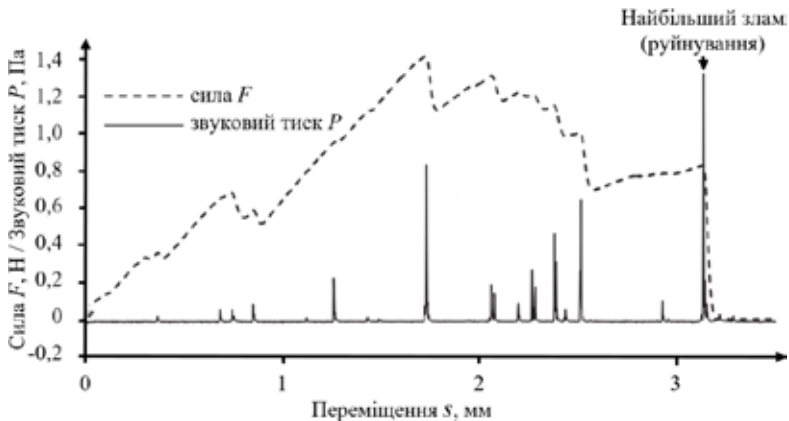


Рисунок 2.10 – Графіки «сила-переміщення» та звукового тиску під час руйнування обсмажених картопляних чипсів (Taniwaki & Kohyama, 2012)

Таблиця 2.14 – Акустичні та механічні параметри обсмажених картопляних чипсів (*Taniwaki & Kohyama, 2012*)

Акустичні параметри		Механічні параметри	
параметр	значення	параметр	значення
Кількість піків	13,9 ± 2,1	Кількість піків	4,5 ± 0,9
Максимальний пік, Па	0,99 ± 0,28	Максимальна сила, Н	1,69 ± 0,15
Звуковий тиск під час головного зламу (руйнування), Па	1,23 ± 0,28	Сила під час головного зламу (руйнування), Н	1,38 ± 0,17
Загальний звуковий тиск, Па	2,48 ± 0,58	Падіння сили під час зламу, Н	1,28 ± 0,16
Площа під кривою «сила F – переміщення s », Н · мм		2,11 ± 0,24	

2.4 ВПЛИВ РЕЖИМІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА КАРТОПЛЯНИХ ЧИПСІВ НА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ

Основним процесом під час виробництва картопляних чипсів є обсмажування скибочок картоплі або напівфабрикатів у фритюрі, від якого залежить якість та безпечність готового продукту. Обсмажування чипсів в олії проводять, зазвичай, за температури 170–190 °С, що спричиняє фізико-хімічні зміни в тканині картоплі. Під час обсмажування олія адсорбується на поверхні скибочок та проникає всередину за допомогою градієнтів температури й тиску. Кількість і кінетика поглинання олії залежить від температури обсмажування та процесів попереднього оброблення скибочок картоплі.

Процес обсмажування картопляних чипсів проаналізовано у наукових працях (*Mellema, 2003; Miranda & Aguilera, 2006; Moreno et al., 2010; Arslan et al., 2018; Liu et al., 2021*) (**рис. 2.11**). Після занурення картопляних скибочок у киплячу олію температура їх поверхні швидко підвищується (цей етап триває кілька секунд). Одночасно олія навколо скибочок охолоджується, але це швидко компенсується конвекцією. Внаслідок нагрівання поверхні скибочок вода на їх поверхні починає кипіти та випаровуватися у вигляді бульбашок пари. Випаровування води спричиняє висихання

поверхні скибочок, утворення пор та скоринки з шорсткою поверхнею. Під час подальшого обсмажування вміст вологи в скоринці повільно зменшується, відповідно, зменшується кількість бульбашок пари, що залишають поверхню скибочки. Далі температура поверхні скибочок картоплі піднімається вище за температуру кипіння води, внаслідок чого відбуваються фізико-хімічні зміни (ретроградація крохмалю, реакція Майяра). Ці зміни впливають на текстуру та колір скоринки, що стає золотисто-жовтою, а потім коричневою.



Рисунок 2.11 – Схематичний розріз скибочки картоплі під час обсмажування

Під час обсмажування з картопляних скибочок в олію переходить не лише водяна пара, а й інші сполуки, які, в поєднанні з високою температурою, зумовлюють погіршення якості олії.

Водяна пара, що виходить з поверхні скибочок, залишає порожнини (пори), в які проникає олія (ефект водозаміщення). Проникнення олії переважно відбувається лише там, де температура була достатньо високою, тобто в скоринці. Як наслідок, на поверхні картопляних скибочок у шість разів більше олії порівняно з внутрішньою частиною [Dhital et al., 2018]. Зв'язок між відносною вологістю та вмістом олії у чипсах за різної температури обсмажування подано на **рис. 2.12**.

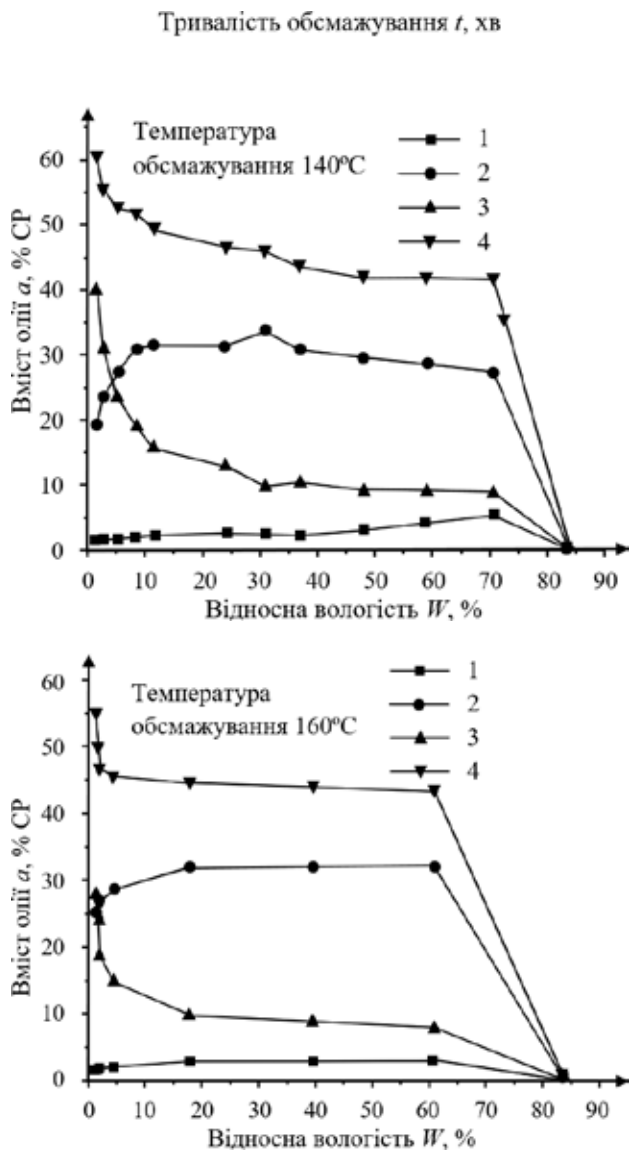


Рисунок 2.12 – Зв'язок між відотною вологістю W та вмістом олії a у картопляних чипсах за різної температури обсмажування (Liu et al., 2021)

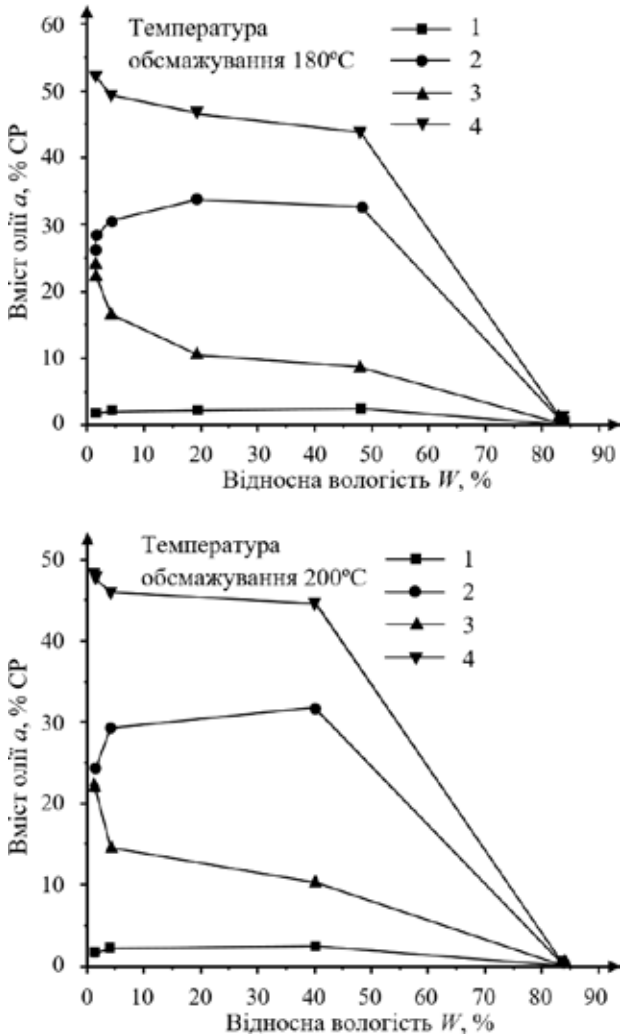


Рисунок 2.12 – Зв'язок між відносною вологістю W та вмістом олії a у картопляних чипсах за різної температури обсмажування (Liu et al., 2021):

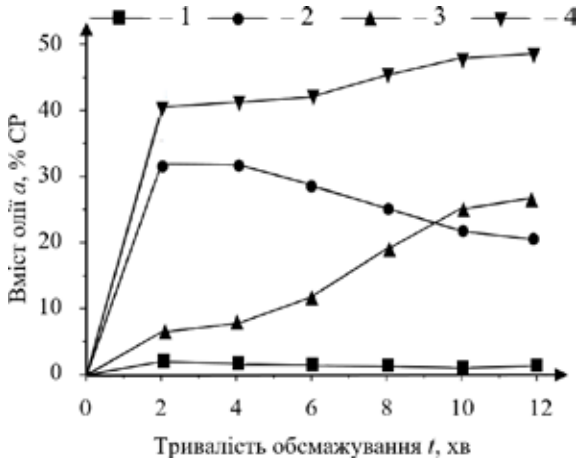
1 – олія на поверхні чипсів; 2 – олія, що поглинається чипсами під час охолодження; 3 – олія, що проникла в мікроструктуру чипсів під час обсмажування; 4 – загальний вміст олії в картопляних чипсах (продовження)

Зі зменшенням відносної вологості загальний вміст олії у чипсах спочатку різко зростає, а потім стабілізується й знову зростає (**рис. 2.12**). Вміст олії, що проникла в мікроструктуру чипсів під час обсмажування, із зменшенням вологості скибочок спочатку повільно зростає, а потім після стабілізації починає швидко зростати. Вміст олії, що поглинається чипсами під час охолодження, із зменшенням відносної вологості спочатку збільшується й стабілізується, а потім зменшується. Вміст олії на поверхні чипсів (1,44–5,33%), як найменший компонент загального вмісту олії, спочатку зростає, після чого знижується зі зменшенням відносної вологості (*Liu et al., 2021*).

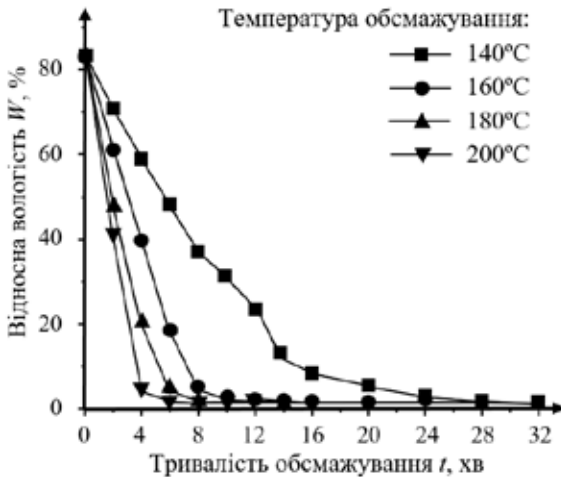
Згідно з дослідженнями (*Ufheil & Escher, 1996*), найбільша частка олії поглинається тоді, коли скибочку картоплі дістають з олії. Тому для зменшення поглинання олії після обсмажування практикують видалення надлишку олії. Отже, механізм поглинання олії картопляною скибочкою заснований не лише на ефекті водозаміщення, важливим також є ефект конденсації, який виникає під час охолодження картопляних чипсів після обсмажування (*Liu et al., 2021*). Цей ефект зумовлює проникнення поверхневої олії всередину чипсів внаслідок зниження їх температури, конденсації пари та зниження внутрішнього тиску.

Вплив тривалості обсмажування в пальмовій олії скибочок картоплі товщиною $3,0 \pm 0,1$ мм, які перед обсмажуванням бланшувалися упродовж 3–4 хв у киплячій воді, на вміст олії (за температури обсмажування 180°C) у картопляних чипсах та на їх відносну вологість (за температури обсмажування 140°C , 160°C , 180°C та 200°C) зображено на **рис. 2.13**. Загальний вміст олії в картопляних чипсах зростає зі збільшенням тривалості обсмажування. Зі збільшенням тривалості обсмажування також істотно зростає вміст олії, що проникає в мікроструктуру чипсів. Вміст олії, що поглинається чипсами під час охолодження після обсмажування, досягає максимуму через 2 хв, а потім зменшується. Тривалість обсмажування майже не впливає на вміст олії, що залишається на поверхні чипсів.

Відносна вологість картопляних чипсів зменшується зі збільшенням тривалості обсмажування (**рис. 2.13**). Особливо інтенсивно вона зменшується упродовж перших 4 хв обсмажування, після чого швидкість випаровування води поступово зменшується. Збільшення температури обсмажування спричиняє інтенсивніше зменшення вологості чипсів.



а



б

Рисунок 2.13 – Залежності вмісту олії a у чипсах [а] (Zhang et al., 2018) та її відносної вологості W [б] (Liu et al., 2021) від тривалості обсмажування t :
 1 – олія на поверхні чипсів; 2 – олія, що поглинається чипсами під час охолодження; 3 – олія, що проникла в мікроструктуру чипсів під час обсмажування; 4 – загальний вміст олії в картопляних чипсах

Важливим також є радіус та глибина пор у чипсах, оскільки вузькі та глибокі пори спричиняють більше поглинання олії. Пористість поблизу поверхні скибочок також впливає на шорсткість їх поверхні. Підвищена шорсткість поверхні спричиняє збільшення площі поверхні і, відповідно, збільшує поглинання олії (Mellema, 2003; Miranda & Aguilera, 2006). Мікροструктурні зміни у картопляній скибочці упродовж обсмажування зображені на **рис. 2.14**. Внаслідок процесу обсмажування спостерігається

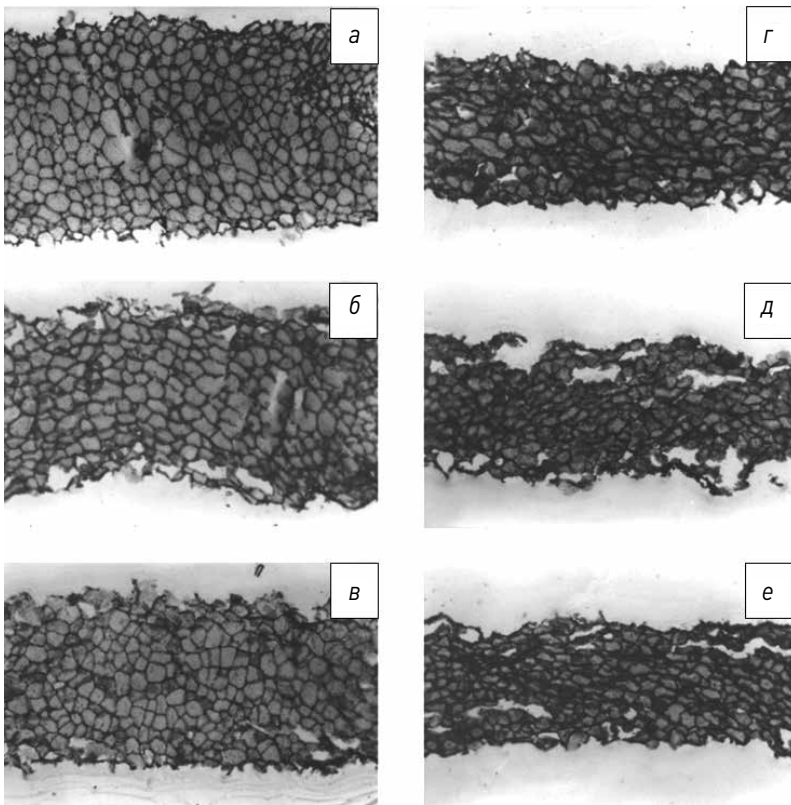


Рисунок 2.14 – Мікροструктура картопляних чипсів (у розрізі) з початковою товщиною 1,5 мм, що обсмажувалися за температури 180 °C упродовж (Costa et al., 2001): а – 10 с; б – 15 с; в – 20 с; г – 25 с; д – 30 с; е – 35 с

відокремлення та видовження клітин картоплі, а також усадка скибочок і утворення пор (пухирців). Причому зміни розпочинаються на поверхні скибочки та прогресують всередину упродовж процесу обсмажування з формуванням скоринко-подібної структури (Costa et al., 2001).

Вплив тривалості обсмажування картопляних скибочок на їх усадку (зменшення товщини та об'єму) подано на **рис. 2.15** і **рис. 2.16**. Товщина чипсів порівняно з початковою товщиною скибочок зменшується більше ніж удвічі. За більш високої температури обсмажування зменшення товщини скибочок відбувається інтенсивніше. Об'єм скибочок під час обсмажування зменшується переважно внаслідок випаровування води, але наприкінці обсмажування, особливо для тонких скибочок і за високої температури обсмажування, їх об'єм збільшується, оскільки скибочки поглинають олію й утворюються пухирці внаслідок накопичення водяної пари (Costa et al., 2001).

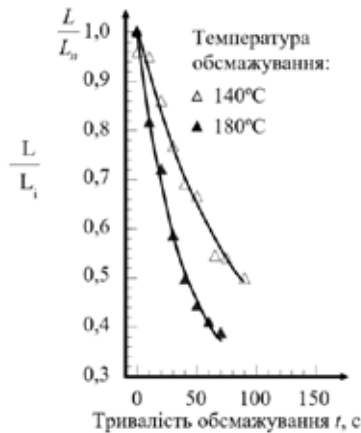


Рисунок 2.15 – Вплив тривалості обсмажування на зменшення товщини картопляних скибочок (L – товщина скибочки упродовж обсмажування; L_0 – початкова товщина скибочки (1,5 мм)) (Costa et al., 2001)

Вплив тривалості процесу обсмажування на об'єм пор та об'ємну пористість картопляних чипсів подано в **таблиці 2.15**. Вплив тривалості

обсмажування на кількість пор різного діаметра подано в **таблиці 2.16**. У картопляних чипсах 98,55% об'єму пор становлять пори діаметром понад 1 мкм, причому пори з діаметром 100–200 мкм становлять 22,85–36,95% об'єму пор (за тривалості обсмажування 4–10 хв) (Zhang et al., 2018). У кількісному відношенні (**таблиця 2.16**) пор з діаметром 0,02–1,0 мкм найбільша кількість від загальної кількості пор (понад 81%).

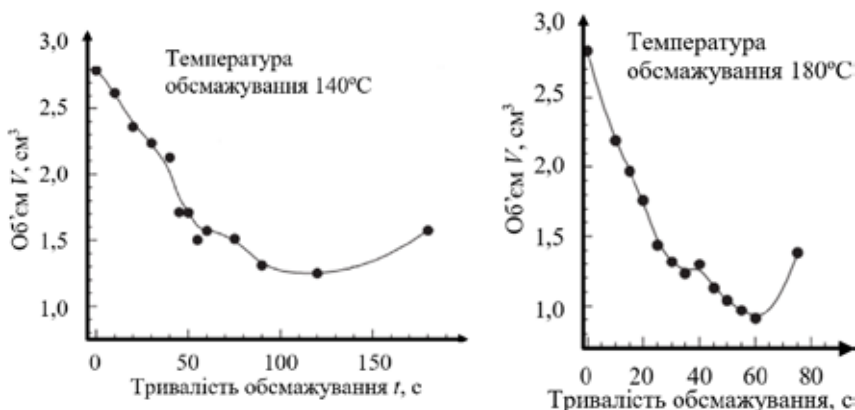


Рисунок 2.16 – Вплив тривалості обсмажування картопляних скибочок на зменшення їхнього об'єму (Costa et al., 2001)

Таблиця 2.15 – Вплив тривалості обсмажування на об'єм пор та пористість картопляних чипсів (Zhang et al., 2018)

Тривалість обсмажування, хв	Об'єм пор, мл/г	Об'ємна пористість, %
2	0,94 ± 0,07	54,95 ± 1,87
4	1,05 ± 0,09	60,50 ± 1,06
6	1,43 ± 0,07	62,63 ± 1,14
8	1,68 ± 0,10	68,40 ± 2,32
10	1,61 ± 0,08	68,94 ± 1,94
12	1,65 ± 0,11	68,51 ± 1,74

Таблиця 2.16 – Вплив тривалості обсмажування на кількість (%) пор різного діаметра у картопляних чипсах (Zhang et al., 2018)

Тривалість обсмажування, хв	Кількість пор у чипсах різного діаметра, %			
	діаметр 0,02–1,00 мкм	діаметр 1–10 мкм	діаметр 10–100 мкм	діаметр 100–250 мкм
1	2	3	4	5
2	85,61	12,77	1,59	0,02
4	81,52	16,14	2,31	0,04
6	87,00	11,45	1,51	0,04
8	93,93	5,66	0,39	0,01
10	92,03	7,34	0,61	0,02
12	93,13	6,40	0,46	0,01

У науковій праці (Коваленко та ін., 2016а) досліджено вплив розмірів скибочок картоплі та їх питомої поверхні на органолептичні показники чипсів після процесу обсмажування (таблиця 2.17). Необхідна якість готового продукту досягається за обсмажування скибочок картоплі з питомою поверхнею 10,7–14,0 см². За питомої поверхні більше 14,0 см² тривалість обсмажування скибочок зменшується в 1,7 раза, але краї чипсів підгорають та їх консистенція дуже крихка. Якщо ж питома поверхня скибочок менша за 10,7 см², то тривалість їх обсмажування збільшується в 1,25 раза та готові картопляні чипси мають м'яку недосмажену середину (Коваленко та ін., 2016а).

Високий вмісту жиру у картопляних чипсах може спричинити проблеми зі здоров'ям, які пов'язані з ожирінням, діабетом, раком та серцевими захворюваннями (Bouaziz et al., 2016; Zhang et al., 2018). Також під час обсмажування утворюються небезпечні хімічні речовини, зокрема акриламід (Duarte-Correa et al., 2020). Тому актуальні дослідження, що спрямовані на визначення способів зменшення вмісту олії в чипсах із забезпеченням традиційної текстури та смаку продукту. Науковці розробили способи зменшення поглинання олії смаженими продуктами (Pedreschi & Moyano, 2005; Ouchon & Pyle, 2006; Angor et al., 2013; Joshi et al., 2016; Arslan et al., 2018): замочування скибочок картоплі в розчині NaCl; обсмажування скибочок у вакуумі; двохетапне обсмажування (у вакуумі та за атмосферного тиску);

бланшування скибочок перед обсмажуванням, що зменшує поглинання олії внаслідок клейстеризації поверхневого крохмалю та покращує їх колір і текстуру; мікрохвильове оброблення картопляних скибочок, що забезпечує вміст олії в чипсах близько 3%; сушіння, оброблення гарячим повітрям та випікання скибочок картоплі перед обсмажуванням; використання гідроколідів, які додають до панірувального покриття для створення бар'єру проти поглинання олії; використання крохмалю та панірувальних сухарів для покриття скибочок перед обсмажування тощо.

Таблиця 2.17 – Вплив розмірів скибочок картоплі та їх питомої поверхні на органолептичні показники чипсів після обсмажування (Коваленко та ін., 2016а)

Розмір та товщина скибочок картоплі, см	Питома поверхня скибочок, см ²	Органолептична оцінка чипсів
5,5 × 0,10	20,7	поверхня крихка, краї підгорілі, смак підгорілий
5,5 × 0,15	14,0	рівномірна світло-золотиста поверхня, повністю досмажена
5,5 × 0,20	10,7	рівномірна світло-золотиста поверхня, повністю досмажена
5,5 × 0,25	8,7	краї підгорілі, м'яка недосмажена середина

Для збільшення масової частки сухих речовин у картопляних скибочках використовують осмотичне зневоднення, яке передбачає видалення води шляхом замочування сировини у гіпертонічному розчині (Самілик, 2022). Збільшення масової частки сухих речовин скибочок сприяє зменшенню масової частки жиру в чипсах. Витримування картопляних скибочок у сольовому розчині концентрацією 4% упродовж 10 хв спричиняє збільшення на 20–25% масової частки сухих речовин порівняно з необробленими скибочками та зменшує масову частку жиру в чипсах з 36,3% до 30,8% (Коваленко, 2017).

Обсмажування картопляних скибочок у вакуумі дозволяє зменшити вміст олії в чипсах порівняно з їх обсмажуванням за атмосферного

тиску (рис. 2.17). Порівняно з картопляними чипсами, що обсмажують за атмосферного тиску, чипси, які обсмажені у вакуумі, мають численні дрібні бульбашки на поверхні, що є результатом розширення водяної пари всередині пор (Moreira et al., 2009). Порівняння значень текстури (сили руйнування чипсів) картопляних чипсів, що обсмажені за атмосферного тиску та вакууму, подані в таблиці 2.18. За умов вакууму зі збільшенням тривалості обсмажування чипси стають більш крихкими. Визначено: що нижчий тиск, то меншу твердість мають чипси. У таблиці 2.19 подано дані щодо впливу температури, тривалості та умов обсмажування (вакуум) на відносну вологість чипсів та вміст олії в них. Також визначено, що зниження тиску зменшує тривалість обсмажування чипсів до необхідної вологості (Garayo & Moreira, 2002). Дані щодо впливу температури обсмажування чипсів у вакуумі на їх густину (без урахування пор у скибочці), об'ємну густину (з урахуванням пор у скибочці) та об'ємну пористість подані в таблиці 2.20.

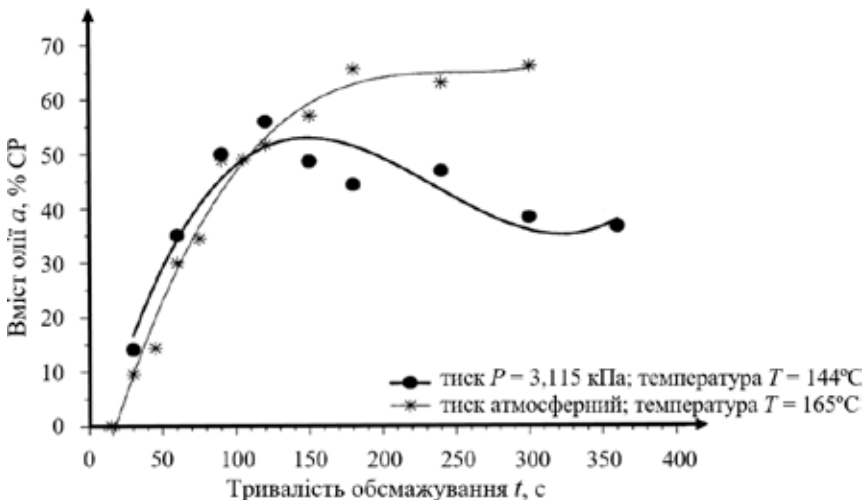


Рисунок 2.17 – Залежності вмісту олії a в картопляних чипсах від тривалості обсмажування t за різного тиску P та температури T обсмажування (Garayo & Moreira, 2002)

Таблиця 2.18 – Текстура картопляних чипсів залежно від способу (за умов атмосферного тиску чи вакууму), температури та тривалості обсмажування [Garayo & Moreira, 2002]

Температура олії T , °C	Тиск P , кПа	Тривалість обсмажування t , с	Сила руйнування чипсів (міцність) N , Н
165	101,3	30	0,65 ± 0,11
165	101,3	150	2,65 ± 0,59
165	101,3	180	2,89 ± 0,91
165	101,3	240	3,45 ± 0,88
165	101,3	300	2,88 ± 0,54
144	3,115	30	3,78 ± 1,83
144	3,115	150	3,31 ± 0,55
144	3,115	240	3,17 ± 0,49
144	3,115	360	2,71 ± 0,79

Таблиця 2.19 – Вплив температури T , тривалості t та умов обсмажування P (вакуум) на відносну вологість W чипсів та вміст олії a у них [Garayo & Moreira, 2002]

T , °C	P , кПа	t , с	W , %	a , % СР
118	16,661	600	1,84 ± 0,19	35,54
132	16,661	480	1,90 ± 0,21	36,48
144	16,661	360	1,93 ± 0,02	37,33
118	9,888	600	1,31 ± 0,10	35,90
132	9,888	480	1,37 ± 0,04	36,09
144	9,888	360	0,94 ± 0,02	37,88
118	3,115	600	1,06 ± 0,19	36,89
132	3,115	480	1,12 ± 0,01	35,89
144	3,115	360	0,75 ± 0,00	36,67

Отже, перевагами вакуумного обсмажування, окрім зменшення вмісту олії в картопляних чипсах, є (Arslan et al., 2018): висока швидкість випаровування вологи, покращені органолептичні і текстурні властивості чипсів, низький вміст акриламідів, енергоефективний процес, менший негативний вплив на якість олії. Однак вакуум-фритюрниці необхідно оснащувати центрифугами для знежирення чипсів після обсмажування, оскільки процес нагнітання тиску після обсмажування швидко збільшує тиск у порах, створюючи «ефект губки», коли олія, яка знаходиться на поверхні чипсів, проникає всередину, доки тиск у порах не зрівняється з атмосферним (Moreira et al., 2009).

Таблиця 2.20 – Вплив температури обсмажування картопляних чипсів у вакуумі на їх густину, об'ємну густину та пористість (Yagua & Moreira, 2011)

Температура обсмажування, °C	Густина, кг/м ³	Об'ємна густина, кг/м ³	Об'ємна пористість, %
120	1408 ± 2	452 ± 2	68,6 ± 0,6
130	1400 ± 2	458 ± 1	67,8 ± 7,0
140	1404 ± 5	451 ± 4	67,9 ± 10,0

Під час обсмажування вода зі скибочок картоплі випаровується через пори та замінюється олією. Якщо втрати води зменшити, то, відповідно, поглинання олії також зменшиться. Для створення захисного шару (істивного бар'єру), що дозволяє зменшити втрати води (рис. 2.18), використовують гідроколоїдні покриття. Ці покриття невидимі та не мають негативного впливу на органолептичні властивості готових чипсів.

Використання гідроколоїдів пов'язано з їхніми гелеутворювальними властивостями. Коли скибочки картоплі покривають гідроколоїдним покриттям та обсмажують, то утворюється оборотний термогель, який захоплює воду, відповідно, міграція олії і води припиняється (Kurek et al., 2017). Рекомендовані захисні покриття з полісахаридів, камедей і білків для чипсів та їхній вплив на поглинання олії порівняно з продуктом, який виготовлено за традиційною технологією, подано в таблиці 2.21.

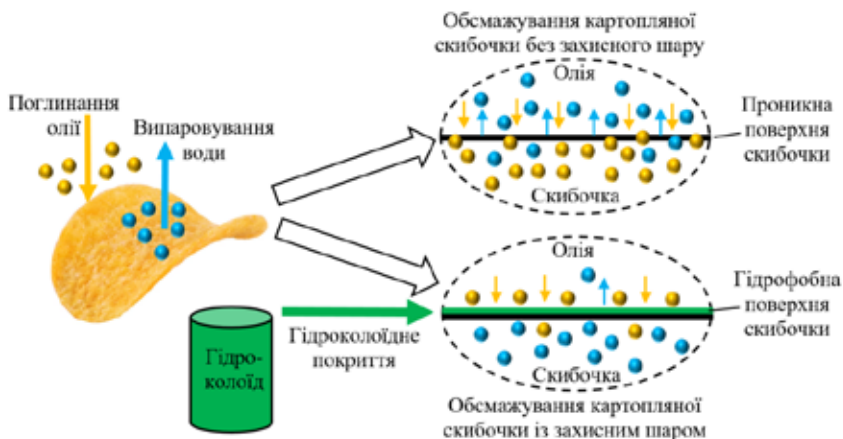


Рисунок 2.18 – Схема, що показує механізм дії гідроколоїдного покриття під час обсмажування картопляних чипсів (Kurek et al., 2017)

Таблиця 2.21 – Захисні покриття для картопляних чипсів та їх вплив на поглинання олії (Kurek et al., 2017)

Захисне покриття для чипсів	Масова концентрація розчину, % (г/100 мл)	Пластифікатор	Зменшення поглинання олії, % ^a чипси з пелет ^b натуральні чипси
1	2	3	4
Карбоксиметил-целюлоза	10	гліцерин	до 49,9 ^a (Angor, 2016)
Метилцелюлоза	1	сорбіт	30 ^b (Tavera-Quiroz et al., 2011)
Кукурудзяний крохмаль	4	гліцерин	44,3 ^a (Angor et al., 2013)
Пектин з кошиків соняшника	1 + 0,05 моль/л CaCl ₂	-	до 30 ^b (Hua et al., 2015)
Мигдальна камедь	2	-	34 ^b (Bouaziz et al., 2016)
Гуарова камедь	1	гліцерин	51,8 ^b (Yu et al., 2016)

Закінчення таблиці 2.21

1	2	3	4
Яєчний білок	3	-	12 ^b (Aminlari et al., 2005)
Казеїнат натрію	3	-	14 ^b (Aminlari et al., 2005)
Соевий ізолят	10	гліцерин	54,4 ^a (Angor, 2016)
Сироватковий протеїн	5	гліцерин	49,9 ^a (Angor, 2014)
Сироватковий ізолят	5	гліцерин	54,4 ^a (Angor, 2014)

Як захисне покриття для картопляних чипсів із пелет перед обсмажуванням використовують також панірувальні сухарі (масова концентрація розчину 3 г/100 мл + пластифікатор гліцерин 3 г/100 мл), що зменшує вміст олії в чипсах на 27,2% (таблиця 2.22).

Таблиця 2.22 – Вплив покриття з панірувальних сухарів на вміст олії в картопляних чипсах із пелет після обсмажування (Angor et al., 2013)

Масова концентрація розчину з панірувальними сухарями, г/100 мл	1	2	3	4	5
Зменшення вмісту олії в картопляних чипсах, %	17,46	17,22	27,15	17,61	14,98

Конвективне сушіння, що забезпечує зменшення вологості сировини, є одним із найбільш поширених способів попереднього оброблення скибочок картоплі для зменшення поглинання олії під час обсмажування (Zhang & Fan, 2021). Зниження вологості картопляної сировини також сприяє уповільненню росту мікроорганізмів і зниженню ферментативної активності (Duarte-Correa et al., 2020). Вплив тривалості конвективного сушіння скибочок картоплі за температури 60 °C перед обсмажуванням в соєвій

олії за температури 190 °С на вміст олії в чипсах та їх вологість подано в **таблиці 2.23**.

Таблиця 2.23 – Вплив тривалості сушіння скибочок картоплі та їх обсмажування на вміст олії у чипсах та їх вологість [Cruz et al., 2017]

Тривалість сушіння, хв	Тривалість обсмажування, с		
	60	70	80
Вміст олії, %			
0	40,94 ± 1,21	48,33 ± 4,12	57,81 ± 5,80
10	40,47 ± 4,72	45,81 ± 0,90	48,19 ± 4,92
20	39,90 ± 3,10	43,83 ± 3,23	47,67 ± 4,03
30	39,54 ± 3,84	42,33 ± 2,73	45,88 ± 1,82
Відносна вологість, %			
0	18,52 ± 1,21	16,00 ± 0,33	13,64 ± 1,11
10	14,81 ± 1,10	13,79 ± 2,04	12,50 ± 0,71
20	11,54 ± 0,52	10,70 ± 0,85	8,33 ± 0,61
30	5,88 ± 0,42	4,76 ± 0,45	4,17 ± 0,63

Також встановлено: що вища температура сушіння (60–90 °С), то менша тривалість процесу до досягнення необхідної вологості скибочок картоплі. У випадку бланшування скибочок картоплі перед сушінням вони висихають швидше, ніж небланшовані внаслідок розм'якшення їх структури [Leeratanarak et al., 2006]. Результати оцінювання органолептичних властивостей картопляних чипсів, що виготовлені за різної тривалості попереднього сушіння та обсмажування, із використанням дев'ятибальної гедонічної шкали подані в **таблиці 2.24**. Чипси, що не пройшли попереднє сушіння, потребують тривалішого обсмажування (80 с) для того, щоб їх органолептичні показники були подібними до показників чипсів, які пройшли попереднє сушіння перед обсмажуванням. Отже, процес попереднього сушіння позитивно впливає на органолептичні показники чипсів, зокрема на колір та консистенцію.

Таблиця 2.24 – Результати оцінювання органолептичних властивостей картопляних чипсів (*Cruz et al., 2017*)

Тривалість сушіння, хв	Тривалість обсмажування, с	Оцінка органолептичних властивостей, бал
30	80	5,2
30	70	5,5
30	60	5,4
20	80	6,0
20	70	6,2
20	60	5,1
10	80	6,1
10	70	5,7
10	60	5,2
0	80	6,2
0	70	4,9
0	60	4,7

Бланшування скибочок картоплі перед сушінням та обсмажуванням забезпечує покращення кольору і текстури чипсів, а також сприяє зменшенню поглинання олії внаслідок клейстеризації поверхневого крохмалю (*Pedreschi & Moyano, 2005*). Вплив тривалості бланшування скибочок в гарячій воді за температури $90 \pm 2^\circ\text{C}$ на ступінь клейстеризації крохмалю в картопляних скибочках (товщина $3,5 \pm 0,3$ мм) подано в **таблиці 2.25**.

Таблиця 2.25 – Вплив тривалості бланшування на ступінь клейстеризації крохмалю в картопляних скибочках (*Leeratanarak et al., 2006*)

Тривалість бланшування, хв	Ступінь клейстеризації крохмалю, %
1	2
0	0,0
1	63,96
3	65,88
5	81,93

Процеси бланшування та сушіння картопляних скибочок перед їх обсмажуванням також сприяють зменшенню вмісту акриламід у чипсах (**рис. 2.19** – подані результати дослідження, що проведені за параметрів: товщина скибочок 2,2 мм; бланшування в гарячій воді за температури 85 °C упродовж 3,5 хв; сушіння за температури повітря 60 ± 1 °C та швидкості $1 \pm 0,1$ м/с до відносної вологості скибочок 60%). Вміст акриламід у чипсах може коливатися в межах 211–3515 мкг/кг (*Deribew & Woldegiorgis, 2021*). Акриламід утворюється під час термічного оброблення за температури, що вища за 100–120 °C (*Tareke et al., 2002; Becalski et al., 2003*), у результаті реакції Майяра між амінокислотами та редуруючими цукрами. Причому аспарагін, основна амінокислота в картоплі, є визначальним фактором утворення акриламід унаслідок реакції Майяра. Бланшування сприяє зменшенню вмісту акриламід у картопляних чипсах на 68%, 75% та 49% за температури подальшого обсмажування, відповідно, 120 °C, 150 °C та 180 °C (*Pedreschi et al., 2007*). Це зумовлено тим, що унаслідок бланшування (занурення скибочок у гарячу воду) вимиваються редууючі цукри та аспарагін. Підвищення температури обсмажування чипсів зумовлює збільшення вмісту акриламід у них (**рис. 2.19**). Попереднє сушіння картопляних скибочок має комплексний вплив на утворення акриламід у чипсах. За температури обсмажування 120–150 °C чипси, що пройшли попереднє сушіння, містять більше акриламід, ніж картопляні чипси, що не оброблялися або бланшувалися. Однак за температури обсмажування 180 °C застосування сушіння дозволяє зменшити утворення акриламід на 44% порівняно з чипсами, які не обробляються (*Pedreschi et al., 2007*).

Ефективними способами виробництва формованих картопляних чипсів, що забезпечують зменшення вмісту акриламід у них, є вакуумне та комбіноване випікання чипсів. У науковій праці (*Akkurt et al., 2021*) досліджувалися традиційне випікання формованих картопляних чипсів за температури 180–200 °C, вакуумне випікання (тиск 10^3 Па) за температури 120–160 °C та комбіноване випікання, що поєднує традиційне випікання (ТВ) протягом 2–4 хв за температури 180 °C з подальшим вакуумним випіканням (ВВ) протягом 4–6 хв за температури 130 °C (тиск 10^3 Па). Варіанти комбінованого випікання чипсів, які досліджувалися: В1 (2 хв ТВ + 6 хв ВВ), В2 (3 хв ТВ + 5 хв ВВ) та В3 (4 хв ТВ + 4 хв ВВ).

Графічні залежності вмісту акриламід у формованих картопляних чипсах (початкова товщина напівфабрикатів 2 мм) від тривалості і температури традиційного випікання та вакуумного випікання (тиск 10^3 Па) подані на **рис. 2.20**. Вміст акриламід у чипсах, що виготовлені комбінованим випіканням, подано на **рис. 2.21**. Порівняно із традиційним випіканням, випікання у вакуумі сприяє зменшенню утворення акриламід у чипсах до 98%, а комбіноване випікання – до 95% (Akkurt *et al.*, 2021). Збільшення температури та тривалості випікання спричиняє збільшення вмісту акриламід у картопляних чипсах, що отримані шляхом традиційного випікання. Випікання чипсів у вакуумі зменшує утворення акриламід у картопляних чипсах, оскільки їх можна випікати за нижчих температур. Під час комбінованого способу випікання чипсів за режимів, де стадія традиційного випікання чипсів триваліша, спостерігається більший вміст акриламід у готовому продукті.

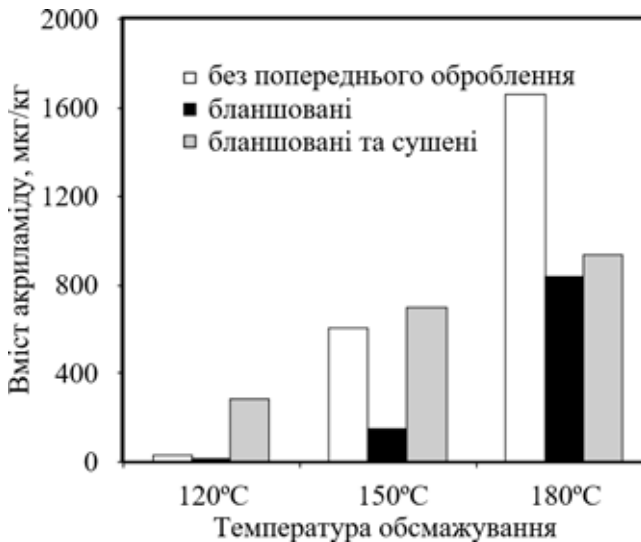
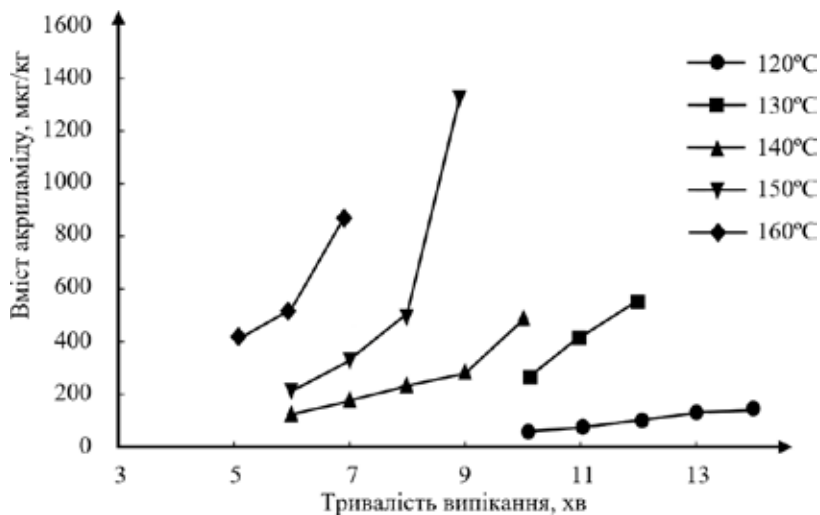
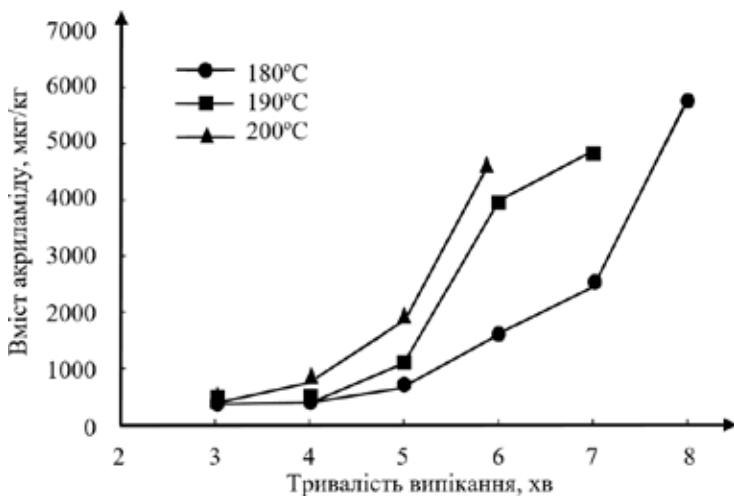


Рисунок 2.19 – Вплив попереднього оброблення картопляних скибочок на вміст акриламід у чипсах після обсмажування за температури 120 °C, 150 °C та 180 °C (Pedreschi *et al.*, 2007)



а



б

Рисунок 2.20 – Вплив тривалості та температури випікання на вміст акриламід у формованих картопляних чипсах (Akkurt et al., 2021):
а – традиційне випікання; б – вакуумне випікання

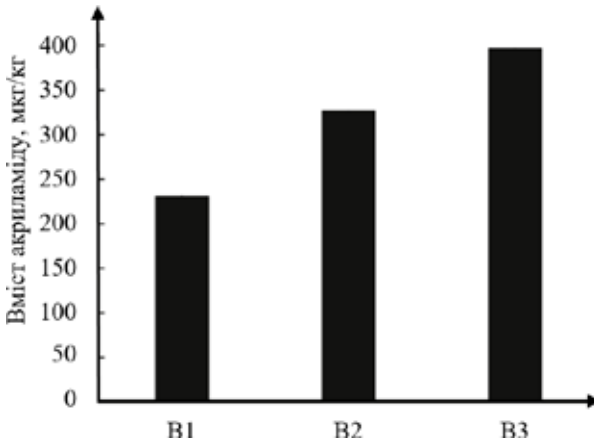


Рисунок 2.21 – Вміст акриламідів у формованих картопляних чипсах, що виготовлені комбінованим випіканням (Akkurt et al., 2021):
 B1 – 2 хв TB + 6 хв BB; B2 – 3 хв TB + 5 хв BB; B3 – 4 хв TB + 4 хв BB

Тривалість та умови зберігання картоплі також впливають на рівень акриламідів у чипсах. Найнижчий рівень акриламідів у картопляних чипсах спостерігається, якщо для їх виготовлення використовують картоплю відразу після збирання (липень – вересень), а найвищий – якщо використовують картоплю після тривалого періоду зберігання (січень – червень) (таблиця 2.26).

Для зменшення вмісту олії в чипсах альтернативою обсмажуванню є ударне сушіння картопляних скибочок перегрітою парою або гарячим повітрям. На **рис. 2.22** порівнюється об'ємна усадка картопляних чипсів, висушених перегрітою парою і гарячим повітрям за температури сушіння 145 °С. Об'ємна усадка скибочок обчислюється за виразом:

$$S = \frac{V_n - V}{V_n} \cdot 100, \quad (2.4)$$

де S – об'ємна усадка картопляної скибочки, %;

V_n – початковий об'єм картопляної скибочки, м³;

V – об'єм картопляної скибочки у певний момент сушіння, м³.

Таблиця 2.26 – Вміст акриламід у картопляних чипсах залежно від тривалості зберігання картоплі, що використовується для їх виготовлення (*Powers et al., 2013*)

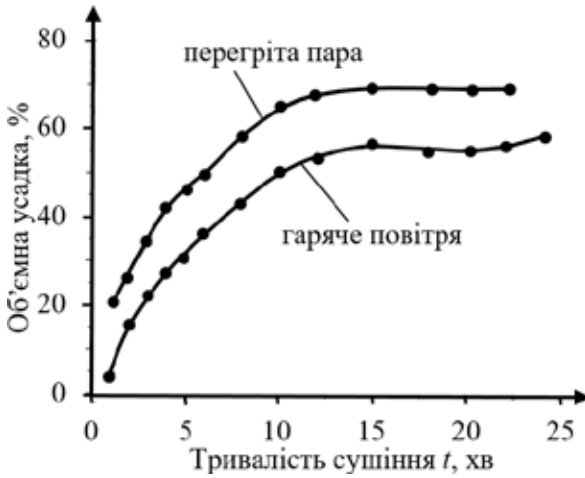
Місяць (зберігання)	Вміст акриламід, нг/г	Місяць (зберігання)	Вміст акриламід, нг/г
липень	302 ± 5,2	січень	554 ± 8,0
серпень	318 ± 5,1	лютий	540 ± 7,8
вересень	314 ± 4,8	березень	546 ± 7,4
жовтень	395 ± 5,2	квітень	519 ± 7,2
листопад	434 ± 5,4	травень	551 ± 9,2
грудень	450 ± 5,4	червень	462 ± 6,8

Картопляні чипси, які висушені гарячим повітрям, мають меншу об'ємну усадку, ніж чипси, які висушені перегрітою парою (**рис. 2.22, а**), оскільки під час сушіння гарячим повітрям швидше утворюється жорстка поверхня скибочки (*Caixeta et al., 2002*).

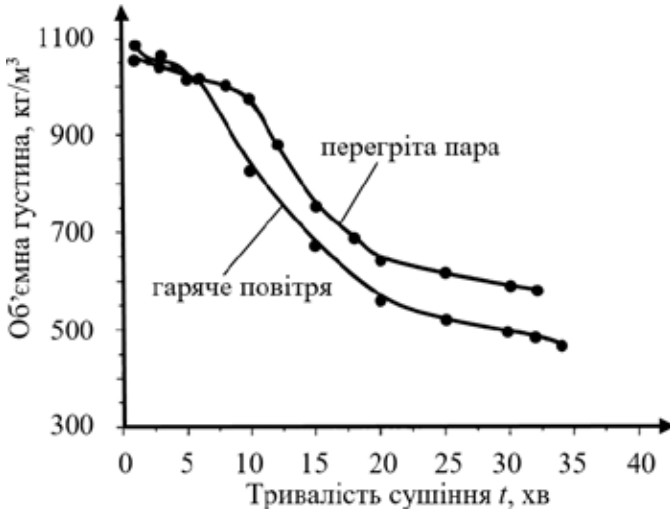
На **рис. 2.22, б** порівнюється об'ємна густина картопляних скибочок під час ударного сушіння гарячим повітрям та перегрітою парою за температури сушіння 130°C. У кінці сушіння картопляні чипси, що отримані внаслідок сушіння гарячим повітрям, мають меншу об'ємну густину (467 ± 22 кг/м³), ніж чипси, які отримані внаслідок сушіння перегрітою парою (582 ± 14 кг/м³).

На початковому етапі ударного сушіння гарячим повітрям скибочки картоплі мають більшу густину, ніж ті, що обробляються перегрітою парою (**рис. 2.23, а**). Однак у кінці сушіння густина картопляних чипсів, висушених перегрітою парою, вища, ніж висушених гарячим повітрям. Картопляні чипси, що отримані під час сушіння гарячим повітрям, мають більшу об'ємну пористість, ніж чипси, що отримані внаслідок сушіння перегрітою парою (**рис. 2.23, б**).

Свіжозібрані бульби картоплі можуть містити вітаміну С більше, ніж 30 мг/100 г, але упродовж тривалого зберігання (6–9 місяців) його вміст може зменшуватися до 10 мг/100 г та менше (*Naase & Weber, 2003*). Розподіл вітаміну С за об'ємом бульби нерівномірний. На **рис. 2.24** зображено поділ бульби на горизонтальні та вертикальні шари (скибочки) для визначення в них вмісту вітаміну С (**таблиця 2.27**). Найбільша відмінність між вмістом

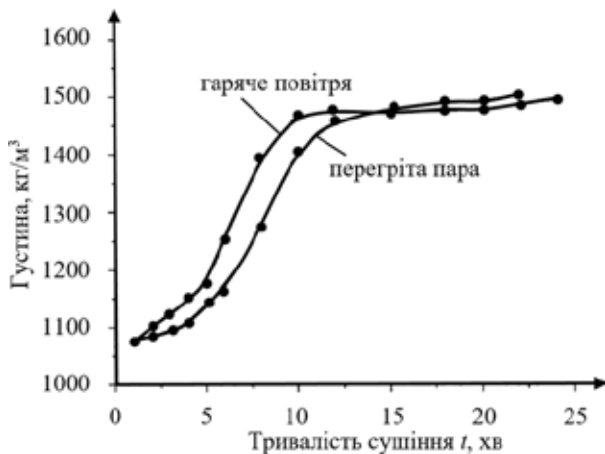


а

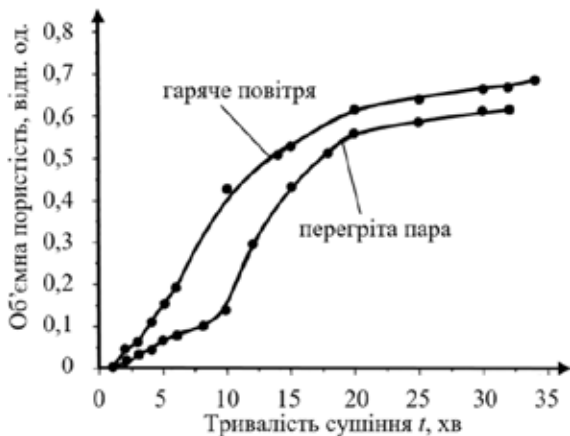


б

Рисунок 2.22 – Зміна об'ємної усадки (а) та об'ємної густини (б) скибочок картоплі залежно від тривалості ударного сушіння перегрітою парою чи гарячим повітрям (Caixeta et al., 2002)



а



б

Рисунок 2.23 – Зміна густини (а) та об'ємної пористості (б) скибочок картоплі залежно від тривалості ударного сушіння перегрітою парою чи гарячим повітрям (Caixeta et al., 2002)

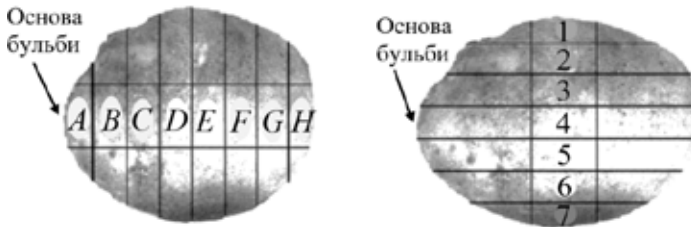


Рисунок 2.24 – Поділ бульби картоплі на вертикальні та горизонтальні шари (Han et al., 2004)

вітаміну С у шарах *A*, *B* та *F*, *H* (таблиця 2.27) – майже утричі (Han et al., 2004). Отже, під час виробництва картопляних чипсів необхідно враховувати цю особливість бульб картоплі.

Під час оброблення картоплі (миття, варіння, бланшування, сушіння, обсмажування, випікання тощо) відбувається зменшення вмісту вітаміну С внаслідок ферментативного окислення, термічного розкладання та дифузії у воду. Залежно від способу виробництва втрати вітаміну С у картопляних чипсах порівняно з його вмістом у сирій картоплі можуть становити 30–85% (Pelletier et al., 1977). Під час обсмажування в олії втрати вітаміну С у картоплі сягають 83,35% (Jayanty et al., 2019). Крім зменшення вмісту вітаміну С, під час термічного оброблення вміст інших вітамінів у картоплі також зменшується (таблиця 2.28).

Вміст вітаміну С у картопляних чипсах, що виготовлені шляхом ударного сушіння перегрітою парою (температура 130 °С, коефіцієнт теплопередачі 100 Вт/(м²·°С)), ударного сушіння гарячим повітрям (температура сушіння 130 °С, коефіцієнт теплопередачі 100 Вт/(м²·°С)) та обсмажування (температура 190 °С, тривалість процесу 5 хв) порівняно з початковим вмістом вітаміну в бульбах картоплі подано в таблиці 2.29.

У бульбах картоплі у великій кількості містяться поліфеноли, фенольні кислоти (хлорогенова кислота, кавова кислота, р-кумарова кислота та ферулова кислота) і флавоноїди, зокрема антоціани (Jayanty et al., 2019). Загальний вміст фенолів у бульбах картоплі коливався в межах 1,2–1,9 мг/г (Perla et al., 2012), але внаслідок термічного оброблення їх вміст зменшується. Вплив методів термічного оброблення картоплі на вміст фенольних кислот подано в таблиці 2.30.

Таблиця 2.27 – Вміст вітаміну С у шарах бульби (*Han et al., 2004*)

Вертикальні шари бульби картоплі (рис. 2.24)	Вміст вітаміну С, мг/100 г	Горизонтальні шари бульби картоплі (рис. 2.24)	Вміст вітаміну С, мг/100 г
A	34,2 ± 5,7	1	10,2 ± 0,6
B	32,0 ± 4,6	2	9,3 ± 0,9
C	26,7 ± 2,1	3	11,0 ± 0,9
D	23,3 ± 2,2	4	8,8 ± 0,5
E	20,0 ± 3,1	5	12,7 ± 0,3
F	17,4 ± 0,7	6	13,9 ± 0,1
G	11,9 ± 0,3	7	13,8 ± 0,7
H	11,8 ± 0,0		

Таблиця 2.28 – Вміст вітамінів у картоплі до та після термічного оброблення (*Finglas & Faulks, 1984*)

Спосіб оброблення	Вітамін С, мг/100 г	Тіамін, мг/100 г	Рибофлавін, мг/100 г	Ніацин, мг/100 г
Картопля до оброблення	7–19	0,1–0,2	0,02–0,03	0,5–0,8
Варіння	4–9	0,1–0,2	0,01–0,02	0,4–0,5
Випікання	5–15	0,1–0,2	0,01	0,5–0,6
Обсмажування	6–14	0,1–0,2	0,02	0,4

Таблиця 2.29 – Вміст вітаміну С у картопляних чипсах, що виготовлені у різний спосіб (*Caixeta et al., 2002*)

Сировина і продукт (спосіб виготовлення)	Вміст вітаміну С, мг/100 г (СР)
Бульби картоплі	69,99 ± 3,33
Чипси (ударне сушіння перегрітою парою)	25,48 ± 1,25
Чипси (ударне сушіння гарячим повітрям)	21,43 ± 0,57
Чипси (обсмажування)	11,83 ± 0,84

Таблиця 2.30 – Вплив методів термічного оброблення картоплі на вміст фенольних кислот (мг/100 г СР) (*Tian et al., 2016*)

Фенольна кислота	Сирі бульби картоплі	Печена картопля	Смажена картопля	Варена картопля
Хлорогенова	463,72 ± 1,56	285,11 ± 1,85	306,81 ± 12,3	370,6 ± 10,3
Кавова	47,31 ± 0,76	11,10 ± 1,92	27,33 ± 0,51	30,84 ± 0,32
p-кумарова	22,37 ± 1,26	18,95 ± 0,52	11,05 ± 0,94	21,45 ± 0,49
Ферулова	24,36 ± 0,74	10,46 ± 0,88	12,03 ± 1,53	15,61 ± 2,23

Бульби картоплі містять мінеральні речовини, вміст яких змінюється під час термічного оброблення внаслідок руйнування мікроструктури картоплі. Вплив процесів варіння, випікання і обсмажування картоплі на вміст мінеральних речовин у ній подано в **таблиці 2.31**. Найбільші втрати мінеральних речовин спостерігаються під час варіння внаслідок їх вимивання у воду. Зміни вмісту мінеральних речовин у запеченій та обсмаженій картоплі зумовлені втратою води (*Finglas & Faulks, 1984*).

Таблиця 2.31 – Вміст мінеральних речовин у картоплі до та після термічного оброблення (*Finglas & Faulks, 1984*)

Мінеральні речовини	Вміст мінеральних речовин у картоплі залежно від термічного оброблення, мг/100 г			
	до оброблення	варіння	випікання	обсмажування (чипси)
Натрій Na	6,6–10,7	7,3–9,4	6,8	11,9–16,9
Калій K	280–460	250–285	358,0	665–715
Кальцій Ca	3–8	4,7–4,9	6,6	11,9–16,9
Магній Mg	15–19	11,7–16,0	17,9	31,2–33,3
Фосфор P	35–41	20–31	40,0	62–81
Хлор Cl	60–70	43–51	73,0	115–123
Залізо Fe	0,25–0,53	0,28–0,37	0,45	0,79–0,84
Мідь Cu	0,04–0,12	0,06–0,07	0,085	0,14–0,15
Цинк Zn	0,20–0,34	0,14–0,25	0,28	0,59–0,60

Картопля містить глікоалкалоїди, що у великих дозах є токсичними для людини. Основними глікоалкалоїдами в картоплі є α -соланін та α -хаконін, вміст яких сягає 95% від загального вмісту глікоалкалоїдів (Jayanty et al., 2019). У бульбах найвища концентрація глікоалкалоїдів у шкірці та під нею. Їх вміст понад 140–150 мг/кг спричиняє гіркий смак картоплі (Tajner-Czopek et al., 2012). За різними рекомендаціями вміст глікоалкалоїдів у сортах картоплі не має перевищувати 100–200 мг/кг (Knuthsen et al., 2009). Очищення картоплі від шкірки зменшує вміст глікоалкалоїдів на 20%, варіння неочищеної картоплі – на 8%, варіння очищеної картоплі – на 39%, а обсмажування скибочок чипсів – на 83% (Tajner-Czopek et al., 2012).

Основним компонентом сухої речовини картоплі є крохмаль, вміст якого становить 16–24% (Reyniers et al., 2020). У бульбах крохмаль зберігається у вигляді гранул, які мають овальну форму із більшою віссю 15–75 мкм та меншою віссю 12–60 мкм (Jane et al., 1994). Його взаємодія з некрохмальними полісахаридами та цукрами є важливим фактором, що впливає на сенсорні властивості та термін зберігання картопляних чипсів. Залежно від швидкості вивільнення глюкози та її всмоктування в шлунково-кишковому тракті людини крохмаль класифікують на швидкозасвоюваний, повільнозасвоюваний і резистентний (стійкий) (Liu et al., 2009). Сирий картопляний крохмаль не перетравлюється, оскільки він інкапсульований у гранулах. Під час термічного оброблення картоплі гранули крохмалю клейстеризуються і крохмаль стає засвоюваним. Вміст резистентного та засвоюваного крохмалю в картоплі залежно від способу її термічного оброблення подано в **таблиці 2.32**.

Внаслідок термічного оброблення картоплі майже увесь крохмаль стає засвоюваним. Упродовж зберігання продуктів з картоплі вміст резистентного крохмалю (РК) може збільшуватися, причому він залежить від температури зберігання (за температури зберігання 4°C вміст РК більший, ніж за температури 25°C) (Singh Yadav, 2011). У вареній картоплі після 24 год зберігання вміст резистентного крохмалю зростає з 1,18% до 4,63% (García-Alonso, & Goñi, 2000). Картопляні чипси мають низький вміст РК відразу після обсмажування, але рівень РК підвищується під час охолодження внаслідок ретроградації крохмалю.

Таблиця 2.32 – Вміст загального, резистентного та засвоюваного крохмалю у картоплі залежно від способу її термічного оброблення (*García-Alonso, & Goñi, 2000*)

Картопля	Крохмаль (вміст), % СР			Вологість, %
	всього	резистентний	засвоюваний	
Сира	79,36 ± 5,75	69,05 ± 1,76	10,31	81,25
Варена	79,36 ± 5,75	1,18 ± 0,09	78,18	81,25
Варена та охолоджена	75,18 ± 2,94	4,63 ± 0,99	70,55	79,43
Сирі пластівці	71,97 ± 1,10	2,80 ± 0,21	68,57	8,59
Запечена	65,91 ± 3,23	3,70 ± 0,84	62,20	79,63
Чипси	65,42 ± 1,45	3,27 ± 0,79	65,15	2,57

Через високий вміст крохмалю у картоплі продукти з неї відносяться до продуктів з високим глікемічним індексом (ГІ). Ступінь клейстеризації крохмалю та зміни нативної мікроструктури за різних способів термічного оброблення картоплі впливають на ГІ продуктів. Значення ГІ продуктів з картоплі (*García-Alonso, & Goñi, 2000*): варена картопля – 90 ± 7 ; запечена картопля – 75 ± 6 ; чипси – 77 ± 4 .

Бульби картоплі містять близько 2% харчових волоком (*Jayanty et al., 2019*), які поділяють на водорозчинні ($1,15 \pm 0,17\%$) та нерозчинні у воді ($0,82 \pm 0,1\%$) (*Singh Yadav, 2011; Ma et al., 2022*). Термічне оброблення картоплі спричиняє збільшення вмісту харчових волокон у продуктах з неї (**таблиця 2.33**).

У науковій праці (*Lisiecka et al., 2023*) досліджено характеристики структури та текстури картопляних чипсів із пеллет за різних способів їх доведення до стану готовності. Для чипсів використовували сировину: пластівці картопляні, крупа картопляна та крохмаль картопляний у співвідношенні 25:25:50. Також досліджувалися зразки чипсів, де 10%, 20% та 30% картопляного крохмалю було замінено м'якоттю свіжої моркви. Чипси виготовлялися за таких температурних режимів у секціях екструдера: секція дозування – 80–85 °C; секція пластифікації – 90–105 °C; секція

оохолодження – 50–65 °С; формувальна матриця – 60–75 °С. До стану готовності чипси доводили трьома способами:

- обсмажування в олії за температури 180 °С упродовж 15 с;
- оброблення в мікрохвильовій печі потужністю 800 Вт упродовж 40 с;
- оброблення в аерофритюрниці потужністю 1000 Вт за температури 170 °С упродовж 210 с.

Таблиця 2.33 – Вміст харчових волокон у продуктах з картоплі (^a*Mullin & Smith, 1991*; ^b*Feng et al., 2022*)

Картопля / продукти з картоплі	Вміст харчових волокон, г/100 г		
	нерозчинних	розчинних	всього
Сира	0,5 ^a	1,0 ^a	1,5 ^a
Варена	0,7 ^a	0,9 ^a	1,6 ^a
Запечена	0,6 ^a	1,4 ^a	2,0 ^a
Формовані картопляні чипси	1,6 ^b	1,2 ^b	2,8 ^b

Зовнішня структура чипсів істотно не змінюється внаслідок збільшення вмісту м'якоті моркви (**рис. 2.25**). Пеллети характеризуються однорідною склоподібною структурою, тоді як чипси, що обсмажені у фритюрі, мають рівномірну пористу структуру та менш ущільнені, ніж чипси, що виготовлені у мікрохвильовій печі. Чипси, що оброблені в аерофритюрниці, мають гладку поверхню, що подібна до поверхні пеллет (*Lisiecka et al., 2023*).

Найвища загальна об'ємна пористість (74,5%) у картопляних чипсів, що виготовлені у мікрохвильовій печі та не містять м'якоті моркви (**таблиця 2.34**). Низька загальна пористість 2,3–5,4% характерна для пеллет незалежно від вмісту м'якоті моркви. Поміж чипсів найнижчу загальну об'ємну пористість (17,5%) мають чипси, що виготовлені в аерофритюрниці та містять 30% м'якоті моркви від маси крохмалю в контрольному варіанті (*Lisiecka et al., 2023*).

Закрита об'ємна пористість у пеллетах змінюється в межах 0,28–0,43%. Найбільше значення закритої об'ємної пористості (2,21%) мають чипси,

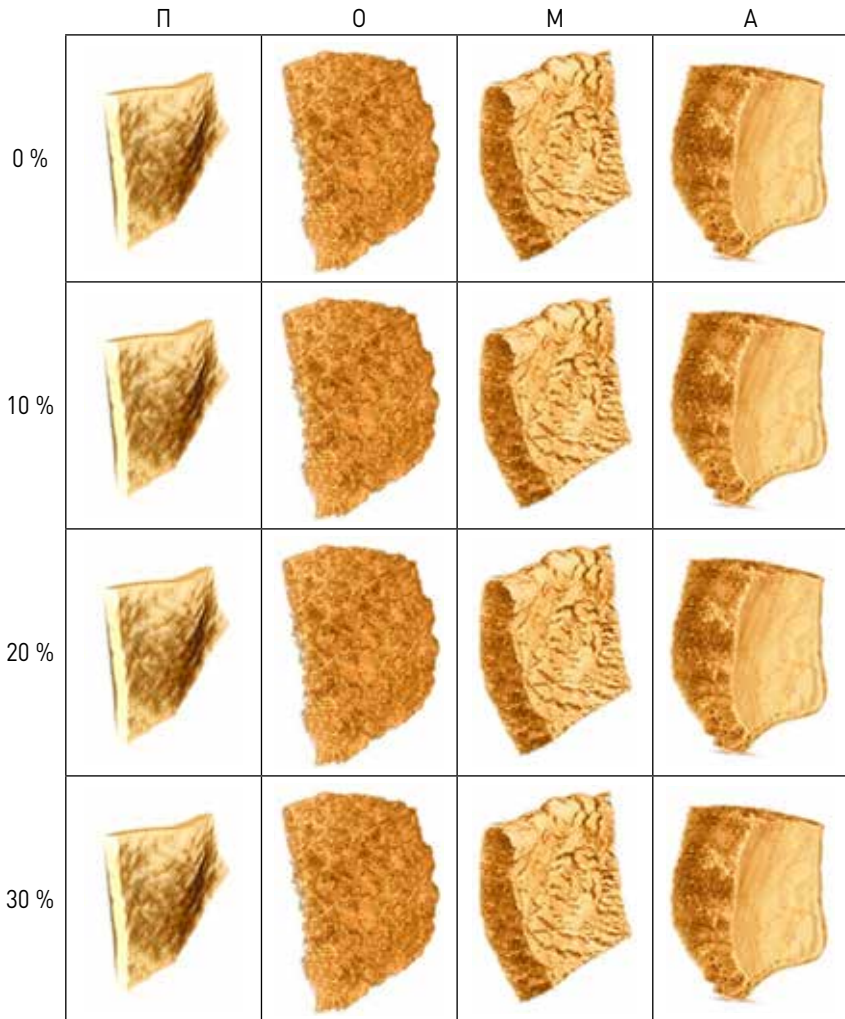


Рисунок 2.25 – 3D-візуалізація пелет та картопляних чипсів із вмістом м'якоти свіжої моркви 0–30%, що доведені до готовності різними способами (Lisiecka et al., 2023):

П – пелети; О – пелети, обсмажені в олії; М – пелети, оброблені в мікрохвильовій печі; А – пелети, оброблені в аерофритюрниці

що виготовлені в аерофритюрниці та містять 30 % м'якоті моркви від маси крохмалю в контрольному варіанті (**таблиця 2.34**). А найменше значення закритої об'ємної пористості (0,08 %) мають чипси, що виготовлені в мікрохвильовій печі та містять 30 % м'якоті моркви від маси крохмалю в контрольному варіанті (*Lisiecka et al., 2023*).

Найбільшу твердість (103,2 Н) та найменшу хрусткість (10,95 Н) мають картопляні чипси, що виготовлені в аерофритюрниці та містять 30 % м'якоті моркви від маси крохмалю в контрольному варіанті (**таблиця 2.34**). Твердість чипсів, що виготовлені в аерофритюрниці, незалежно від вмісту м'якоті моркви, більша порівняно з чипсами, виготовленими у мікрохвильовій печі та шляхом обсмажування. Найменшу твердість (60,43 Н) мають обсмажені чипси, що містять 30 % м'якоті моркви від маси крохмалю в контрольному варіанті. Найбільша хрусткість (37,5%) характерна для чипсів, що виготовлені в мікрохвильовій печі та не містять м'якоті моркви (*Lisiecka et al., 2023*).

Найвищі бали за органолептичні показники (смак, колір та запах) мають обсмажені чипси, що не містять м'якоті моркви. Однак за кольором обсмажені чипси із вмістом м'якоті моркви 20 % та 30 % від маси крохмалю в контрольному варіанті є кращими за інші досліджені зразки картопляних чипсів (*Lisiecka et al., 2023*).

Таблиця 2.34 – Структурні та текстурні характеристики картопляних чипсів з пелет (*Lisiecka et al., 2023*)

Пелети та чипси	Вміст м'якоті моркви	Загальна об'ємна пористість, %	Закрита об'ємна пористість, %	Хрусткість, Н	Твердість, Н
1	2	3	4	5	6
П	0	4,80 ± 1,03	0,28 ± 0,05	-	-
	10	4,60 ± 2,64	0,43 ± 0,07	-	-
	20	5,40 ± 0,15	0,37 ± 0,11	-	-
	30	2,30 ± 0,10	0,34 ± 0,07	-	-
О	0	67,94 ± 2,79	0,41 ± 0,04	22,00 ± 4,36	63,50 ± 2,41
	10	67,30 ± 4,40	0,45 ± 0,09	16,63 ± 1,72	74,27 ± 6,36
	20	63,40 ± 2,67	0,40 ± 0,28	23,10 ± 2,53	77,87 ± 5,77
	30	60,50 ± 0,66	0,33 ± 0,12	13,80 ± 1,63	60,43 ± 4,37

Продовження таблиці 2.34

1	2	3	4	5	6
М	0	74,50 ± 1,49	0,11 ± 0,09	37,50 ± 7,35	74,57 ± 7,22
	10	73,84 ± 0,60	0,25 ± 0,17	24,77 ± 4,33	68,00 ± 9,82
	20	69,90 ± 2,63	0,37 ± 0,30	23,43 ± 9,59	83,03 ± 6,84
	30	63,40 ± 2,43	0,08 ± 0,03	16,83 ± 5,19	66,20 ± 5,61
А	0	65,20 ± 3,95	0,19 ± 0,00	17,20 ± 4,12	94,93 ± 2,18
	10	52,80 ± 3,49	0,92 ± 0,30	11,42 ± 2,03	97,37 ± 6,16
	20	48,50 ± 0,30	0,74 ± 0,15	16,93 ± 3,22	97,50 ± 7,19
	30	17,20 ± 1,70	2,21 ± 0,28	10,95 ± 1,37	103,20 ± 5,7

Примітка: П – пелети; О – пелети, обсмажені в олії; М – пелети, оброблені в мікрохвильовій печі; А – пелети, оброблені в аерофритюрниці.

Розділ 3

ФРУКТОВІ ТА ОВОЧЕВІ ЧИПСИ



3.1 СИРОВИНА ДЛЯ ФРУКТОВИХ ТА ОВОЧЕВИХ ЧИПСІВ

Альтернативою висококалорійним картопляним чипсам є фруктові та овочеві чипси, які виготовляють у широкому асортименті, зазвичай, шляхом сушіння з ананасів, апельсинів, бананів, яблук, груш, хурми, ківі, грейпфрутів, буряків, моркви, кабачків тощо. В Україні фруктово-овочеві чипси виготовляють з місцевої сировини: яблук, груш, моркви, кабачків та буряка. Тому розглянемо властивості саме цієї сировини для чипсів.

Яблуко є одним із найбільш поживних фруктів, оскільки містить органічні кислоти, вітаміни, мінеральні речовини та харчові волокна (*Musacchi & Serra, 2018*). Вміст поживних речовин в яблуках подано в **таблиці 3.1**. Яблука мають високий вміст цукру 8,9–15,0% та води 76,7–88,4%, а також містять розчинні сухі речовини (СР) 10,8–16,5% та золу в кількості 1,6–2,8% (*Campeanu et al., 2009; Nour et al., 2010*). Калорійність яблук 48 ккал/100 г (*Flood-Obbagy & Rolls, 2009*).

Яблука також багаті на функціональні інгредієнти, зокрема феноли. Вміст поліфенолів у яблуках: у м'якоті – 9,6–41,6 мг/100 г СР; у шкірці – 36,39–256,19 мг/100 г СР (*Feng et al., 2021*). Для виробництва чипсів рекомендується використовувати кислі та кисло-солодкі осінні й зимові сорти яблук з вмістом розчинних СР 13–14,7% та цукрово-кислотним індексом 18–19 (*Королев, 2013*).

Таблиця 3.1 – Вміст поживних речовин в яблуках (^a*Nour et al., 2010*; ^b*Kumar et al., 2018*)

Речовина	Вміст	Речовина	Вміст
Аскорбінова кислота, мг/100 г	6,18 ± 1,06 ^a 24,14 ± 0,18 ^b	р-кумарова кислота, мг/л	4,37 ± 0,03 ^b
Каротиноїди, мг/кг	67,11 ± 0,38 ^b	Катехін, мг/л	4,01 ± 0,10 ^b
Глюкоза, г/л	17,96 ± 0,13 ^b	Натрій Na, мг/100 г	3,76 ± 0,89 ^a 23,70 ± 0,16 ^b
Фруктоза, г/л	50,79 ± 0,36 ^b	Калій K, мг/100 г	112,3 ± 6,06 ^a 795,1 ± 5,5 ^b
Сахароза, г/л	20,40 ± 0,14 ^b	Кальцій Ca, мг/100 г	4,43 ± 0,66 ^a 26,39 ± 0,11 ^b
Яблучна кислота, мг/100 г г/л	919 ± 109 ^a 6,03 ± 0,03 ^b	Магній Mg, мг/100 г	7,99 ± 0,67 ^a 21,82 ± 0,16 ^b
Бурштинова кислота, г/л	1,46 ± 0,01 ^b	Залізо Fe, мг/100 г мкг/г	0,28 ± 0,02 ^a 2,04 ± 0,01 ^b
Лимонна кислота, мг/100 г г/л	21,5 ± 3,7 ^a 0,73 ± 0,01 ^b	Цинк Zn, мг/100 г мкг/г	0,19 ± 0,02 ^a 0,64 ± 0,0 ^b
Оцтова кислота, г/л	0,03 ± 0,0 ^b	Манган Mn, мг/100 г мкг/г	0,04 ± 0,0 ^a 0,16 ± 0,0 ^b
Хлорогенова кислота, мг/л	28,42 ± 0,26 ^b	Мідь Cu, мг/100 г мкг/г	0,05 ± 0,0 ^a 0,12 ± 0,0 ^b

Маса, розміри, геометричний і арифметичний діаметри плодів яблук, а також їхня твердість подані в **таблиці 3.2**. Геометричний D_r та арифметичний D_a діаметри обчислюються за виразами:

$$D_r = \sqrt[3]{LWT}, \quad (3.1)$$

$$D_o = \frac{L+W+T}{3}, \quad (3.2)$$

де L, W, T – взаємно перпендикулярні лінійні розміри плода, мм.

Таблиця 3.2 – Маса, розміри та твердість плодів яблук (*Kumar et al., 2018*)

Показник	Значення	Показник	Значення
Маса плода, г	154,04 ± 1,11	Діаметр D_r , мм	68,88 ± 0,48
Ширина плода, мм	71,98 ± 0,48	Діаметр D_o , мм	69,03 ± 0,48
Висота плода, мм	63,14 ± 0,45	Твердість, Н	11,47 ± 0,08

Залежно від сорту плоди яблук мають округлу, циліндричну, конічну, плоску та овальну форми (**рис. 3.1**). Оскільки форма плодів яблук різноманітна, а також вони відрізняються за розмірами, відповідно, форма та розміри нарізаних скибочок із них теж різноманітні.

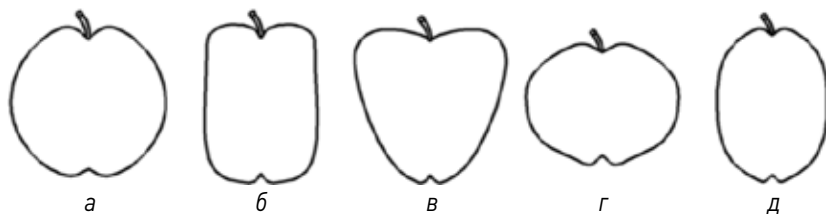


Рисунок 3.1 – Форма плодів яблук (*Дударев & Панасюк, 2020*):
а – округла; б – циліндрична; в – конічна; г – плоска; д – овальна

З-поміж фруктів для виробництва фруктових чипсів (фріпсів) також використовують груші, які є джерелом багатьох поживних речовин, зокрема вітаміну С, калію, клітковини та фітохімічних речовин, особливо антиоксидантів (*Reiland & Slavin, 2015*). Плоди груші містять (*Itai, 2007*): води – 84,9%, білків – 0,3%, жирів – 0,1%, вуглеводів – 14,4%, клітковини – 1,9%. Калорійність груш може сягати 64 ккал/100 г (*De Oliveira et al., 2008*). Вміст вітаміну С у м'якоті плодів у межах 9,1–29,7 мг/100 г, а в шкірці 9,5–35,9 мг/100 г

(Öztürk et al., 2014). Вміст мінеральних речовин у грушах подано в **таблиці 3.3**. У різних сортах груш також міститься (Eccher Zerbini, 2002): фруктоза – 54–63%, сорбітол – 22–31%, глюкоза – 11–15%, сахароза – 4–5%.

Таблиця 3.3 – Вміст мінеральних речовин у грушах (Kalkisim et al., 2017)

Речовина	Вміст, мг/кг	Речовина	Вміст, мг/кг
Залізо Fe	6,0–52,0	Натрій Na	3,2–138,6
Мідь Cu	1,5–11,6	Калій K	2685,1–9212,7
Манган Mn	1,2–6,8	Кальцій Ca	303,1–2424,9
Магній Mg	16,0–765,3	Фосфор P	353,3–1799,8
Цинк Zn	2,8–16,9	Азот N, %	0,17–0,81

Залежно від сортових особливостей та умов вирощування маса та розміри плодів груш змінюються в межах: маса – 46,6–146,4 г (Лохова & Фещенко, 2022), діаметр 42,6–83,5 мм, довжина 56,3–108,2 мм (Akçay et al., 2009). Твердість плодів змінюється в межах 29,4–89,7 Н (Öztürk et al., 2014). У м'якоті груші рН коливається в межах 3,43–4,87, а в шкірці – від 3,63 до 5,31 (Öztürk et al., 2014). Вміст фенолів у м'якоті та шкірці груші подано в **таблиці 3.4**. Шкірка груші має більш високий вміст фенолів, ніж м'якоть, тому більш корисно споживати груші разом із шкіркою.

Таблиця 3.4 – Фенольні сполуки у м'якоті та шкірці груші (Öztürk et al., 2014)

Фенольні сполуки	Вміст, мг/кг	
	у м'якоті	у шкірці
Хлорогенова кислота	176,4 ± 9,8	273,7 ± 12,9
Кавова кислота	56,2 ± 3,0	73,5 ± 5,0
p-кумарова кислота	1,7 ± 0,3	1,8 ± 0,3
Арбутин	9613,5 ± 30,1	17582,9 ± 74,0
Катехін	166,3 ± 8,1	201,7 ± 9,2
Епікатехін	88,9 ± 4,0	114,8 ± 3,9

Залежно від сорту плоди груш мають округлу, плоску, конічну, овальну та видовжену грушоподібну форми (рис. 3.2).

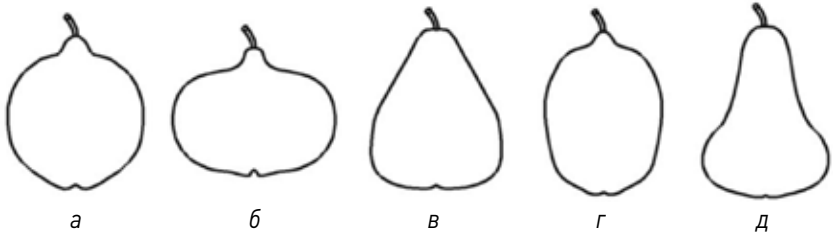


Рисунок 3.2 – Форма плодів груш (Дударев & Панасюк, 2020):

а – округла; б – плоска; в – конічна; г – овальна; д – видовжена грушоподібна

Морква є однією з найбільш економічно важливих овочевих культур у світі, а також сировиною для виробництва овочевих чипсів. Ці коренеплоди можуть мати оранжевий, жовтий, фіолетовий, червоний та білий колір. Помаранчевий колір моркви насамперед зумовлений альфа- та бета-каротином, жовтий і червоний колір – каротиноїдами, відповідно, лютеїном і лікопіном, а фіолетовий колір – антоціанами (Simon et al., 2008). Якщо пігменти не накопичуються, то морква – біла.

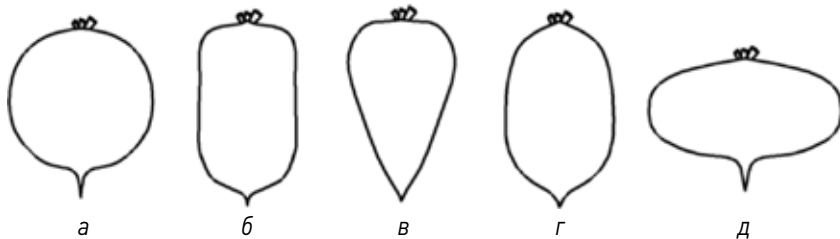
Морква – це джерело вуглеводів і мінералів, зокрема Ca, P, Fe та Mg. Коренеплоди моркви містять (Sharma et al., 2011): води – 86–89%, білків – 0,7–0,9%, жирів – 0,2–0,5%, вуглеводів – 6,0–10,6%, клітковини – 1,2–2,4%, золи – 1,1%. Клітковина в коренеплодах моркви складається з целюлози 71,7%, геміцелюлози 13,0% та лігніну 15,2% (Kochar & Sharma, 1992). Калорійність коренеплодів моркви 30 ккал/100 г (Sharma et al., 2011). Вміст мінеральних речовин та вітамінів у коренеплодах моркви подано в таблиці 3.5.

Коренеплоди моркви також є джерелом фітонутрієнтів, зокрема, вони містять фенольні сполуки та каротиноїди. У різних сортах моркви вміст α -каротинів змінюється в межах 530–35833 мкг/100 г, а β -каротинів – 1161–64350 мкг/100 г (Bradeen, & Simon, 2007).

Таблиця 3.5 – Вміст мінеральних речовин та вітамінів у коренеплодах моркви (*Sharma et al., 2011*)

Речовина	Вміст, мг/100 г	Речовина	Вміст, мг/100 г
Залізо Fe	0,4	Фосфор P	25,0
Мідь Cu	0,02	Кальцій Ca	34,0
Магній Mg	9,0	Тіамін	0,04
Цинк Zn	0,2	Рибофлавін	0,02
Натрій Na	40,0	Ніацин	0,2
Калій K	240,0	Вітамін С	4,0

Морква має м'ясистий стрижневий корінь. Довжина коренеплодів коливається від 5 см до понад 50 см (*Bradeen, & Simon, 2007*). Вони, зазвичай, мають конічну форму (**рис. 3.3**).

**Рисунок 3.3** – Форма коренеплодів (*Дударев & Панасюк, 2020*):

а – округла; б – циліндрична; в – конічна; г – овальна; д – плоска

Ще одним коренеплодом, що використовується для виготовлення чипсів, є столовий буряк. Він містить фолієву кислоту та має високу концентрацію пігментів беталаїнів, які є потужними антиоксидантами (*Goldman & Navazio, 2008*). Загальний вміст цукру у столових буряках коливається в межах 21,03–31,58 г/кг, причому найбільша кількість сахарози 18,88–29,26 г/кг, тоді як фруктоза 1,10–1,55 г/кг та глюкоза 0,28–0,95 г/кг містяться лише в невеликих кількостях (*Bavec et al., 2010*). У столовому буряку виявлено

чотири органічні кислоти: лимонну 218,41–322,01 мг/кг, яблучну 1,63–2,39 г/кг, шикімову 13,76–36,75 г/кг та фумарову 0,21–0,58 мг/кг (Bavec et al., 2010). Загальний вміст фенолів у червоному буряку змінюється в межах 0,51–0,68 мг/г (Bavec et al., 2010). У столовому буряку вміст поживних речовин: води – 87,4 ± 0,3%, жирів – 0,3 ± 0,1%, білків – 1,35 ± 0,2%, вуглеводів – 7,59 ± 0,4%, сирової клітковини – 1,9 ± 0,2%, золи – 1,4 ± 0,2% (Kale et al., 2018). Калорійність коренеплодів столового буряка 45 ккал/100 г (Ingle et al., 2017).

Коренеплоди столового буряка містять вітаміни С, А, Е, К і групи В (В₁ – тіамін, В₂ – рибофлавін, В₃ – ніацин, В₅ – пантотенова кислота, В₆ – піридоксин, В₉ – фолати та В₁₂ – ціанокобаламін), а також антиоксиданти (три-терпени, сесквітерпеноїди, каротиноїди, кумарини, флавоноїди), та інші біологічно активні сполуки, зокрема алкалоїди, амінокислоти (треонін, валін, цистин, метіонін, ізолейцин, лейцин, лізин, фенілаланін, гістидин тощо) (Ceclu & Oana-Viorela, 2020). Вміст у коренеплодах столового буряка мінеральних речовин, вітамінів та інших речовин подано в **таблиці 3.6**.

Таблиця 3.6 – Вміст мінеральних речовин та вітамінів у столовому буряку (°Kale et al., 2018; °Ceclu & Oana-Viorela, 2020)

Речовина	Вміст, мг/100 г	Речовина	Вміст, мг/100 г
Залізо Fe	0,75 ^а	α-каротин, мкг	22,0 ± 2,0 ^б
Мідь Cu	0,09 ^а	Лікопен, мкг	30,0 ± 3,0 ^б
Манган Mn	0,79 ^а	Фолієва кислота, мкг	109 ^б
Цинк Zn	0,21 ^а	Ніацин, мг	0,334 ^б
Натрій Na	72,58 ^а	Вітамін В ₆ , мг	0,067 ^б
Кальцій Ca	12,2 ^а	Вітамін С, мг	7,2 ± 2,5 ^б
Калій K	30,12 ^а	Бетаїн, мкг	128,7 ± 22,0 ^б

Фізичні характеристики столового буряка (Kale et al., 2018): середня маса – 180 г, середня довжина – 16,25 см, середній діаметр – 5,43 см. Форма столового буряка переважно округла, хоча можливі й інші форми, що зумовлені сортовими особливостями (**рис. 3.3**).

Сировиною для виготовлення овочевих чипсів є також кабачки, які мають низьку калорійність 17 ккал/100 г та містять поживні речовини, зокрема вуглеводи – 5%, білки – 2%, клітковину – 2% [Ben-Nun, 2019]. Загальний вміст цукру в кабачках коливається в межах 3,7–3,9 г/100 г, зокрема, фруктози – 1,8–1,9 г/100 г, глюкози – 0,9–1,0 г/100 г, сахарози – 0,9–1,1 г/100 г [Korczyńska et al., 2021]. Вміст у кабачках вітаміну С – 7,6–8,0 мг/100 г, фенольних кислот – 37,9–40,9 мкг/г (галова кислота – 13,5–14,2 мкг/г; хлорогенова кислота – 5,2–5,8 мкг/г; кавова кислота – 3,0–3,7 мкг/г; р-кумарова кислота – 6,5–6,6 мкг/г; ферулова кислота – 3,5–4,2 мкг/г), флавоноїдів – 4,2–4,4 мкг/г [Korczyńska et al., 2021]. Вміст мінеральних речовин у кабачках подано в **таблиці 3.7**.

Залежно від сорту кабачки мають видовжено-циліндричну, овальну, булавоподібну, циліндричну і круглу форму (**рис. 3.4**). Довжина кабачків під час збирання становить 15–25 см, вона може сягати 1 м [Ben-Nun, 2019]. Діаметр кабачків – 7–10 см, а маса – 0,7–0,9 кг.

Таблиця 3.7 – Вміст мінеральних речовин у кабачках [Ekholm et al., 2007; Martínez-Valdivieso et al., 2014]

Речовина	Вміст, мг/100 г СР	Речовина	Вміст, мг/100 г СР
Залізо Fe	3,4–7,3	Мідь Cu	0,36–0,9
Магній Mg	243,7–319,0	Кальцій Ca	243,7–359,0
Манган Mn	2,3–2,7	Калій K	2999,2–4660,0
Цинк Zn	4,0–4,5	Фосфор P	541,2–600,0

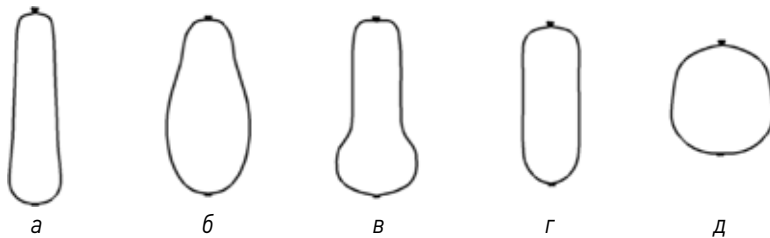


Рисунок 3.4 – Форма кабачків [Дударев & Панасюк, 2020]: а – видовжено-циліндрична; б – овальна; в – булавоподібна; г – циліндрична; д – кругла

3.2 ТЕХНОЛОГІЯ ФРУКТОВИХ ТА ОВОЧЕВИХ ЧИПСІВ

Фрукти та овочі є сезонними продуктами, які швидко псуються, оскільки містять значну кількість води, яка є сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів і перебігу деяких біохімічних процесів під дією різних ферментів. Отже, споживачі не можуть їх уживати у свіжому вигляді упродовж року, тому свіжі фрукти та овочі переробляють за різними технологіями для подовження терміну їх зберігання (Donno et al., 2019). Для забезпечення тривалого збереження фруктів та овочів їхня вологість не має перевищувати значень (Guyova & Enikova, 2014): для фруктів – 18–23%; для овочів – 8–12%. Зниження вологості також сприяє зменшенню об'єму та маси скибочок фруктів й овочів, що спрощує їх транспортування та зберігання.

Типова технологія виробництва фруктових і овочевих чипсів містить етапи **(рис. 3.5)** (Шапар & Гусарова, 2017; Алексашина, 2021):

- підготовки сировини (миття, інспектування, калібрування, очищення від шкірки, обрізування головки та кореня коренеплоду, видалення насінневих камер);
- нарізання фруктів та овочів на тонкі скибочки (пластинки) товщиною 0,8–7 мм;
 - відокремлення дріб'язку;
 - бланшування скибочок (короткочасне оброблення скибочок парою чи водою за температури 90–100 °С упродовж 3–8 хв), що покращує колір та текстуру чипсів (застосовують не для всієї сировини);
 - сушіння скибочок за температури 50–70 °С та вищої до відносної вологості 2–10%;
 - охолодження чипсів;
 - додавання смако-ароматичних добавок тощо;
 - інспектування чипсів (відокремлюють чипси з дефектом кольору, ламані та надламані);
 - фасування та пакування чипсів;
 - зберігання чипсів.

Технологія також може містити технологічні операції попереднього оброблення нарізаних скибочок сировини перед сушінням розчинами, які містять кислоти, цукор, сіль, соки, підсолоджувачі, ароматизатори, мед, есенції, барвники тощо або нанесення на поверхню чипсів після сушіння

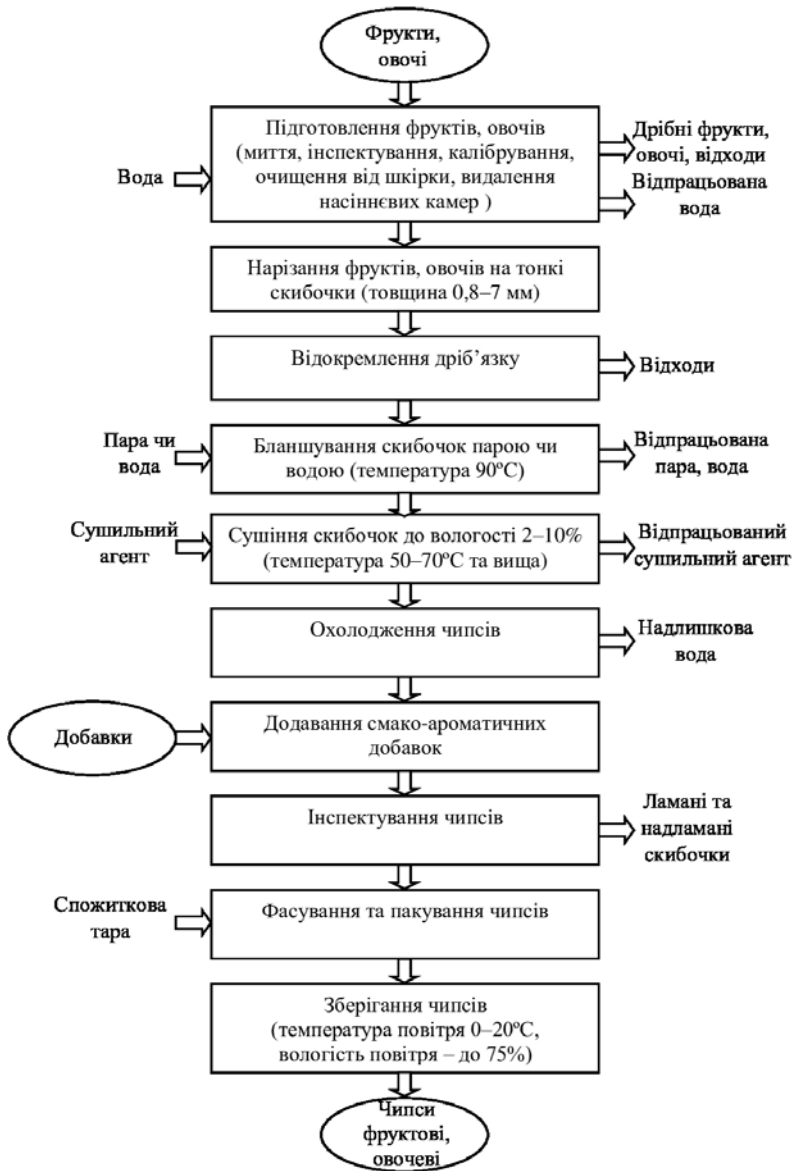


Рисунок 3.5 – Типова технологія виробництва фруктових та овочевих чипсів

різних смакових добавок (кориці, ванілі тощо) і глазури, що змінюють природній смак та аромат продукту порівняно з сировиною (Снежкін та ін., 2015; Шапар & Гусарова, 2017; Панасюк & Тараймович, 2021).

Фрукти та овочі є джерелом енергії, мінералів і вітамінів. Однак внаслідок їх зневоднення відбуваються зміни показників якості сушених продуктів, зокрема змінюються колір, візуальна привабливість, форма, смак, вміст поживних речовин, пористість, щільність, текстура, мікробне навантаження тощо (Sablani, 2006; Никитенко & Егорова, 2011). Ступінь цих змін залежить від способу підготовки сировини до зневоднення і безпосередньо режиму процесу дегідратації.

Для зневоднення фруктів та овочів використовують такі способи (Шапар & Гусарова, 2017): конвективне сушіння, сублімаційне сушіння, вакуумне сушіння, інфрачервоне сушіння, конвективне сушіння з СВЧ-досушуванням, СВЧ-сушіння з вакуумуванням, конвективно-радіаційне сушіння з використанням ІЧ-випромінювання, сушіння у киплячому шарі, вибухове сушіння. Переважну більшість зневоднених фруктів та овочів виробляють способом конвективного сушіння гарячим повітрям, що є найпростішим і найбільш економним з-поміж інших способів.

Для інтенсифікації масоперенесення упродовж сушіння і зменшення енергетичних витрат проводять попереднє оброблення фруктових та овочевих скибочок. Попереднє оброблення дозволяє зменшити початкову вологість фруктів та овочів й модифікувати структуру їхніх тканин, щоб збільшити ефективну дифузію води (Fernandes et al., 2010). Найбільш поширеним способом попереднього оброблення фруктів та овочів є бланшування, що передбачає короткочасне теплове оброблення парою, гарячим повітрям, гарячою або киплячою водою, водними розчинами органічних кислот, лугів, харчових речовин (розсоли, сиропи) тощо за температура понад 75°C. За цієї температури проходить інактивація найбільш термостійкого ферменту – пероксидази (Гусарова, 2018). Що вища температура бланшування фруктів та овочів, то менша тривалість процесу. Іншими способами попереднього оброблення є осмотична дегідратація та оброблення ультразвуком.

Під час осмотичної дегідратації скибочок фруктів та овочів у гіпертонічних розчинах (сахариди, хлорид натрію, сорбіт, гліцерин тощо) проходить багатопотоковий масообмін (Грибова & Елисеєва, 2017). Потік води дифундує зсередини скибочки у розчин, а потік осмотичної речовини дифундує

з розчину в зневоднену тканину скибочок. Ще один потік зумовлює виділення низькомолекулярних речовин (сахаридів, органічних кислот, вітамінів, мінеральних солей). Цей потік кількісно не має істотного значення у масообміні, але чинить істотний вплив на кінцеву харчову цінність та органолептичні властивості продукту. Результатом цього масообміну є зменшення вмісту води в скибочках з одночасним збільшенням вмісту сухих речовин, а також зміна хімічного складу скибочок. Осмотичні речовини, що використовуються для дегідратації фруктів та овочів (Lenart, 1996): для груш – глюкозно-фруктозний сироп 60 %, крохмальна патока/сахароза 70 %; для яблук – сахароза 59 %, фруктоза 60 %, глюкоза 51 %, патока крохмальна 70 %, сироп фруктози 70 %; для моркви – натрію хлорид 10 %, сахароза 5–60 %, глюкоза 50 %, патока крохмальна 70 %.

Ультразвук використовують для зміни структури тканини фруктів і овочів, що сприяє ефективній дифузії води у них. Ультразвукові хвилі (20–100 кГц) поширюються через тверде середовище, де генерують серію стиснень та розріджень, подібно до ефекту губки (багаторазове стискання та відпускання губки). Цей ефект сприяє формуванню мікроскопічних каналів у пористих продуктах, що полегшує видалення вологи (Fernandes et al., 2010). Ультразвук також викликає кавітацію в рідкому середовищі, внаслідок чого утворюються бульбашки, які інтенсифікують масообмін (Al Faruq et al., 2019).

Технологія обсмажених фруктових та овочевих чипсів містить етапи (рис. 3.6) (Shyu et al., 2005; Mariscal & Bouchon, 2008; Dueik & Bouchon, 2011; Gao et al., 2021):

- підготовки сировини (миття, інспектування, калібрування, очищення від шкірки, обрізування головки та кореня коренеплоду, видалення насінневих камер);
- нарізання фруктів та овочів на тонкі скибочки (пластинки) товщиною 0,5–10,0 мм;
- відокремлення дріб'язку;
- бланшування скибочок (короткочасне оброблення скибочок парою чи водою за температури 90–100 °C) упродовж 1–8 хв;
- дегідратація сировини для відокремлення поверхневої води зі скибочок шляхом центрифугування;
- змішування скибочок з цукром й смако-ароматичними добавками та маринування протягом 1–2 год;

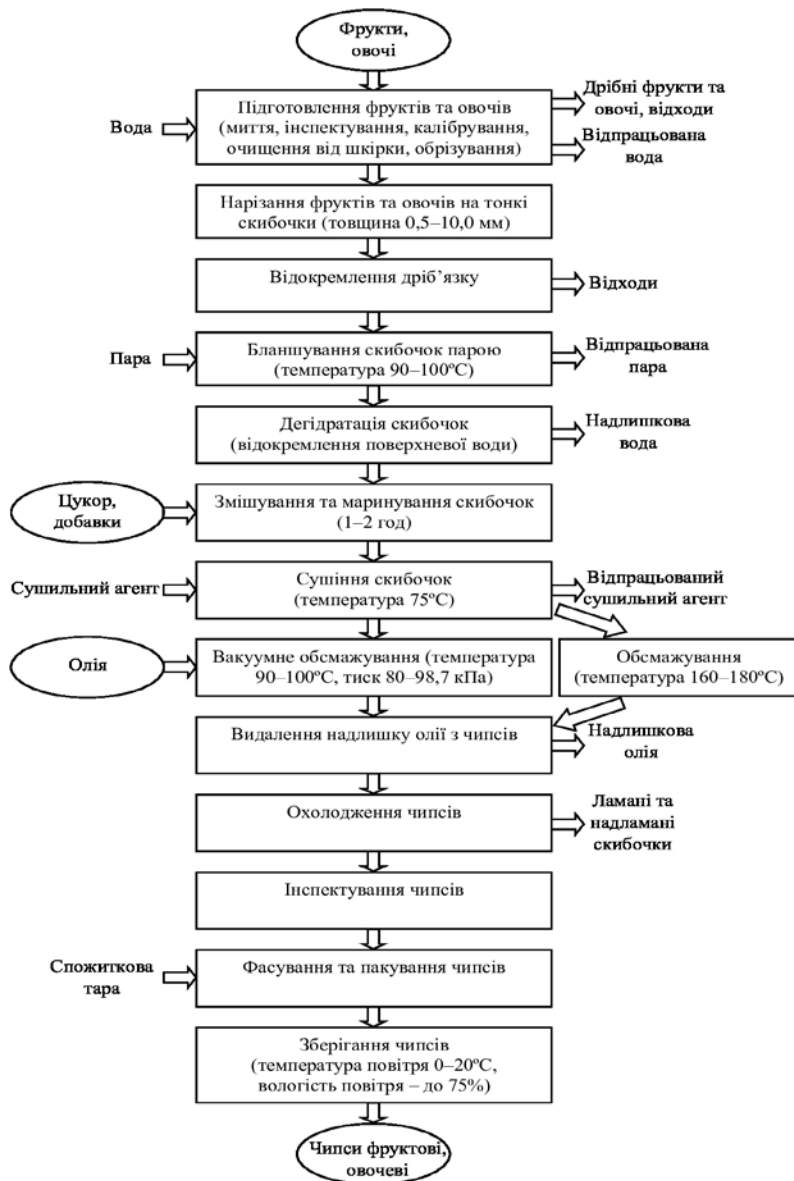


Рисунок 3.6 – Технологія обсмажених фруктових та овочевих чипсів

- сушіння за температури сушильного агента 75 °С;
- вакуумне обсмажування скибочок за тиску 80,0–98,7 кПа та температури олії 90–100 °С упродовж 20–25 хв або ж традиційне обсмажування за температури 160–180 °С упродовж 2–8 хв;
 - видалення надлишку олії з чипсів шляхом центрифугування;
 - охолодження чипсів;
 - інспектування чипсів (відокремлюють чипси з дефектом кольору, ламані та надламані);
 - фасування та пакування чипсів;
 - зберігання чипсів.

Коренеплоди, зокрема морква, можуть бланшуватися цілими або нарізаними на скибочки. У науковій праці (*Gao et al., 2021*) пропонується застосовувати попереднє комбіноване оброблення скибочок фруктово-овочевої сировини ультразвуком (40 кГц, 300 Вт) та етанолом (95%) упродовж 30 хв, що дозволяє зменшити поглинання олії скибочками під час обсмажування.

На якісні характеристики чипсів (смак, аромат, колір, текстуру тощо) також істотно впливає термін зберігання фруктово-овочевої сировини. Термін зберігання сировини, який дозволяє отримати продукцію високої якості, – до 2 місяців (*Копорська & Plocharski, 2001*).

Фруктові та овочеві чипси розфасовують у багат шарові пакувальні пакети з металізованого поліпропілену в атмосфері азоту, щоб уникнути поглинання вологи, зміни кольору та псування (*Velickova et al., 2014*).

3.3 ХАРАКТЕРИСТИКА ФРУКТОВИХ ТА ОВОЧЕВИХ ЧИПСІВ

Якість фруктових та овочевих чипсів (**рис. 3.7**) характеризується органолептичними (смак, колір, аромат, текстура) та фізико-хімічними (масова частка вологи, вміст мінеральних речовин, вітамінів та інших речовин) показниками.

Яблучні чипси

Типова технологія яблучних чипсів, що містить етапи бланшування (розчин сахарози – 35%, аскорбінової кислоти – 1%, лимонної кислоти – 1%, тривалість 3–5 хв, температура 75 °С) та конвективного сушіння

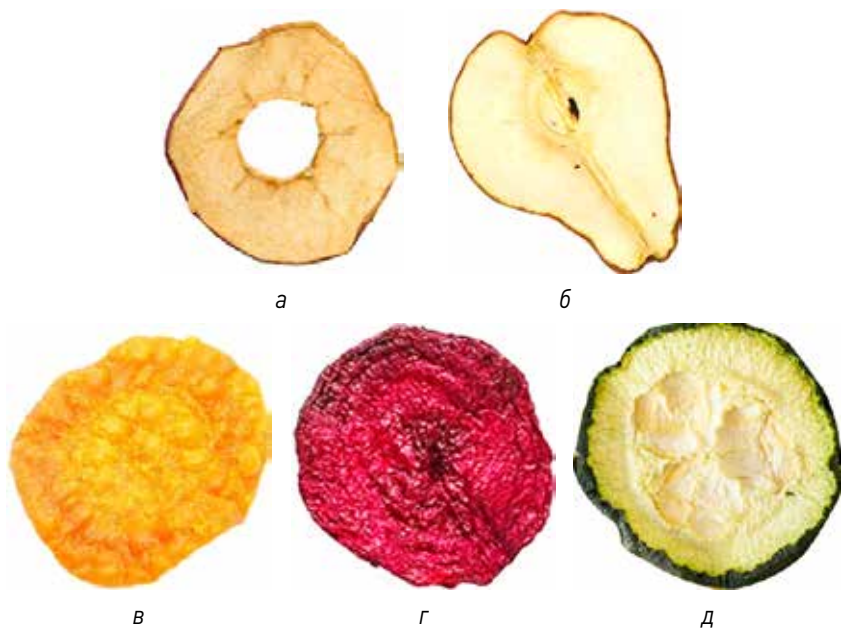


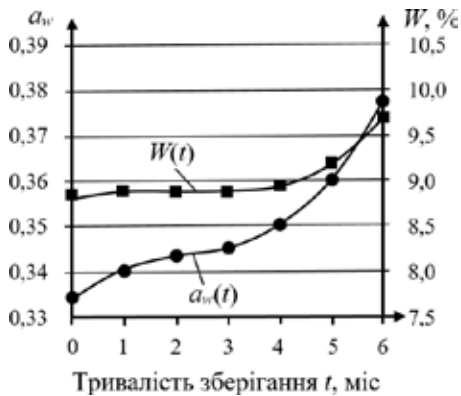
Рисунок 3.7 – Чипси:

а – яблучні; б – грушеві; в – морквяні; г – бурякові; д – кабачкові

(температура 80 °С та швидкості 0,5 м/с сушильного агента), дозволяє отримати продукт хрусткої консистенції, привабливого кольору, зі смаком й ароматом яблук та з масовою часткою вологи не більше 9%, загальних цукрів – $68,1 \pm 6,8\%$, аскорбінової кислоти – $3,5 \pm 1,7$ мг/100 г, пектинових речовин – $8,5 \pm 3,2\%$, титрованих кислот – $2,0 \pm 0,2\%$, амінокислот – 305,3–1706,6 мг/100 г СР, зокрема незамінних – 24,3–40,3% (Никитенко, 2014). Термін зберігання цих чипсів у полімерному пакуванні – до 4 місяців. Вплив терміну зберігання чипсів на вміст аскорбінової кислоти й 5-гідроксиметилфурфуролу, а також на титровану кислотність подано в **таблиці 3.8**, а на їхню вологість та активність води – на **рис. 3.8**. Упродовж зберігання чипсів їхня вологість та активність води зростають, а вміст аскорбінової кислоти та титрована кислотність зменшується.

Таблиця 3.8 – Фізико-хімічні показники яблучних чипсів протягом зберігання (Никитенко, 2014)

Термін зберігання, місяців	Вміст аскорбінової кислоти, мг/100 г	Титрована кислотність, %	Вміст 5-гідроксиметилфурфуролу, мг/100 г СР
0	2,70 ± 0,30	2,05 ± 0,18	2,00 ± 0,24
4	1,37 ± 0,25	2,00 ± 0,17	2,00 ± 0,24
6	0,61 ± 0,14	1,90 ± 0,15	2,10 ± 0,25

**Рис. 3.8** – Динаміка зміни активності води a_w та масової частки вологи W в яблучних чипсах протягом зберігання (Никитенко, 2014)

На процес конвективного сушіння фруктів та овочів впливають такі фактори (Onwude et al., 2016): температура сушильного агента, швидкість сушильного агента, розмір та форма скибочок, вологість сировини тощо. Фруктові та овочеві скибочки рекомендується сушити в тонкому шарі за температури сушильного агента до 80 °С та його швидкості – до 2,5 м/с, оскільки вища температура та швидкість сушильного агента можуть негативно вплинути на якісні показники продукту та спричинити збільшення енерговитрат на його виробництво. Збільшення швидкості сушильного агента з 0,5 м/с до 1 м/с скорочує тривалість сушіння яблучних чипсів (Никитенко и др., 2011): за температури 70 °С – в 1,5 раза; за температури

80°C – на 12%. Збільшення температури T_{CA} і швидкості V_{CA} сушильного агента спричиняє інтенсивнішу втрату вітаміну С (Никитенко и др., 2011): за $T_{CA} = 70^\circ\text{C}$ та $V_{CA} = 0,5$ м/с вміст вітаміну С в чипсах зменшується на 77%; за $T_{CA} = 90^\circ\text{C}$ та $V_{CA} = 0,5$ м/с – зменшується на 90%; за $T_{CA} = 70^\circ\text{C}$ та $V_{CA} = 1$ м/с – зменшується на 81%; за $T_{CA} = 80^\circ\text{C}$ та $V_{CA} = 1$ м/с – зменшується на 87%. Вплив режимів сушіння на активність води яблучних чипсів подано в таблиці 3.9. Сушіння за вищої температури сушильного агента забезпечує отримання яблучних чипсів з меншою активністю води.

Таблиця 3.9 – Вплив режимів сушіння на активність води яблучних чипсів (Никитенко и др., 2011)

Температура сушильного агента T_{CA} , °C	Швидкість сушильного агента V_{CA} , м/с	Активність води a_w
70	0,5	0,408
70	1,0	0,430
80	0,5	0,387
80	1,0	0,362
90	0,5	0,333

Низьку активність води $a_w = 0,3$ яблучних чипсів можна досягнути попереднім обробленням (осмотична дегідратація) скибочок яблук у 40% розчині глюкози за температури 25°C з подальшим конвективним сушінням за температури 105°C (Velickova et al., 2014). Низька активність води та належні умови зберігання таких чипсів дозволяють забезпечити термін їх придатності із збереженням властивостей до 6 місяців. Яблучні чипси, що виготовлені комбінованим способом (осмотична дегідратація + конвективне сушіння), мають об'ємну густину $1,737 \pm 0,056$ г/см³.

Крім конвективного способу сушіння для сушіння фруктів і овочів використовують вакуумне, сублимаційне, мікрохвильове та вибухове сушіння або комбінацію різних способів сушіння (Onwude et al., 2017). Для зменшення втрат вітамінів та інших корисних речовин яблучні скибочки перед сушінням бланшують чи занурюють в різні розчини.

Фізико-хімічні показники та текстурні властивості яблучних чипсів, що виготовлені шляхом вакуумного (ВС) та комбінації вакуумного й вибухового сушіння (ВВС) подані в **таблиці 3.10** та **таблиці 3.11**, а для яблучних чипсів, що виготовлені шляхом конвективного (КС), вибухового (ВБС), інфрачервоного (ІС) і вакуумно-сублімаційного (ВСС) сушіння, – у **таблиці 3.12**. Співвідношення об'ємів зразків чипсів після сушіння та скибочок до сушіння обчислюється за виразом:

$$VR = \frac{V}{V_n}, \quad (3.3)$$

де VR – співвідношення об'ємів скибочок;

V_n – об'єм скибочки до сушіння, м³;

V – об'єм скибочки після сушіння, м³.

Таблиця 3.10 – Вплив способів сушіння (ВС та ВВС) на фізико-хімічні показники яблука та яблучних чипсів (*Yi et al., 2015b*)

Показник	Свіжі яблука	Спосіб сушіння яблучних чипсів	
		ВС	ВВС
Активність води a_w	0,92 ± 0,02	0,47 ± 0,02	0,47 ± 0,01
Загальний вміст цукрів, г/100 г	5,92 ± 0,21	4,73 ± 0,09	4,80 ± 0,11
Загальна кислотність, г/100 г	0,32 ± 0,02	0,28 ± 0,01	0,27 ± 0,01
Вміст аскорбінової кислоти, мг/100 г	4,21 ± 0,17	2,03 ± 0,05	1,89 ± 0,12
Загальний вміст фенолів, мг/г	0,51 ± 0,03	0,30 ± 0,02	0,32 ± 0,04

Активність води, вміст цукрів, аскорбінової кислоти та фенолів, а також загальна кислотність в яблучних чипсах менші, ніж у свіжих яблуках (**таблиця 3.10**). Вміст аскорбінової кислоти в чипсах, які виготовлені шляхом вакуумного сушіння, більший, ніж у чипсах, виготовлених комбінованим способом сушіння (ВВС). Інші фізико-хімічні показники чипсів, що виготовлені

у різний спосіб (BC та BBC), суттєво не відрізняються. Вакуумне сушіння спричиняє зменшення об'єму скибочок яблук упродовж процесу, а комбіноване сушіння (BBC), навпаки, – збільшення об'єму яблучних чипсів порівняно з початковим об'ємом скибочок (**таблиця 3.11**). Яблучні чипси, що виготовлені шляхом вакуумного сушіння, мають більш жорстку текстуру та меншу хрусткість порівняно з виготовленими комбінованим сушінням (BBC).

Таблиця 3.11 – Вплив способів сушіння (BC та BBC) на об'ємну усадку та текстурні властивості яблучних чипсів (*Yi et al., 2015b*)

Спосіб сушіння чипсів	Об'ємна усадка, %	Сила руйнування, Н	Кількість піків, шт	Хрусткість, Н/мм
BC	62,3 ± 0,37	66,5 ± 4,1	0,3 ± 0,5	23,5 ± 1,2
BBC	104,4 ± 5,1	40,5 ± 2,6	15,0 ± 1,8	9,3 ± 0,9

Таблиця 3.12 – Вплив способів сушіння (КС, ІС, ВСС, ВБС) на фізико-хімічні показники яблук та яблучних чипсів (*Xiao et al., 2018*)

Спосіб сушіння	Режим сушіння	Сила руйнування, Н	Хрусткість*	VR
КС	60 °С	86,9 ± 8,1	4 ± 1	0,19 ± 0,00
	75 °С	43,7 ± 4,7	38 ± 3	0,21 ± 0,01
	90 °С	43,4 ± 5,6	74 ± 10	0,21 ± 0,03
ІС	60 °С	57,7 ± 3,6	5 ± 1	0,19 ± 0,00
	75 °С	50,3 ± 2,5	69 ± 7	0,21 ± 0,03
	90 °С	53,5 ± 2,0	74 ± 6	0,25 ± 0,01
ВСС		17,4 ± 1,8	10 ± 3	0,76 ± 0,01
ВБС		44,4 ± 2,3	92 ± 4	0,31 ± 0,01

Примітка: *Хрусткість характеризується кількістю піків до моменту руйнування зразка.

У випадку КС та ІС сушіння максимальна сила руйнування яблучних чипсів зменшується, а їхня хрусткість зростає внаслідок підвищення

температури сушіння (**таблиця 3.12**). Яблучні чипси, що виготовлені шляхом ВВС сушіння, мають найменшу твердість (сила руйнування – 17,4 Н) та одне з найменших значень хрусткості. Найбільше значення хрусткості мають чипси, виготовлені ВВС способом, але твердість їх помірна. Найбільшу твердість (сила руйнування – 86,9 Н) та найменшу хрусткість мають чипси, що виготовлені шляхом КС сушіння за температури 60°C. Співвідношення об'ємів (VR) для яблучних чипсів, висушених у різний спосіб (**таблиця 3.12**), менше за 1,0, тобто всі досліджені способи сушіння спричиняють об'ємну усадку скибочок яблук (Xiao et al., 2018).

Фізико-хімічні показники та показники кольору яблучних чипсів, які виготовлені шляхом конвективного сушіння (КС), сублімаційного сушіння (СС), комбінуванням мікрохвильового та вакуумного сушіння (МС + ВС), а також комбінуванням МС + ВС та сублімаційного сушіння (МС + ВС + СС), подані в **таблиці 3.13**. Відсоток збереження вітаміну С під час сушіння яблучних чипсів способами МС + ВС + СС, СС та МС + ВС високий (89–97%) порівняно з КС – 63,7%. Це спричинено більш високою температурою сушіння (КС) та дією інших факторів. Сушіння КС також спричиняє найбільше зменшення об'єму яблучних скибочок порівняно з початковим об'ємом. Найменші зміни показників кольору L^* , a^* та b^* характерні для яблучних чипсів, що виготовлені способом СС.

Таблиця 3.13 – Вплив способів сушіння (МС + ВС + СС, СС, МС + ВС, КС) на фізико-хімічні показники та показники кольору яблук та яблучних чипсів (Cui et al., 2008)

Показник	Свіжі яблука	Способи сушіння яблучних чипсів			
		МС+ВС+СС	СС	МС+ВС	КС
Вітамін С, мкг/100 г СР	47,4 ± 0,8	43,5 ± 2,1	46,0 ± 1,5	42,2 ± 1,8	30,2 ± 2,4
Об'ємна усадка S^* , %	–	60,7 ± 0,3	81,6 ± 0,5	40,9 ± 0,4	10,5 ± 0,9
L^*	5,58 ± 0,05	4,57 ± 0,04	5,02 ± 0,04	3,68 ± 0,03	3,54 ± 0,2
a^*	2,12 ± 0,04	3,08 ± 0,01	2,95 ± 0,05	3,25 ± 0,02	3,57 ± 0,03
b^*	6,26 ± 0,02	5,21 ± 0,02	5,77 ± 0,03	6,30 ± 0,01	7,06 ± 0,02

Об'ємну усадку скибочок обчислюють за виразом:

$$S^* = \frac{V}{V_n} \cdot 100, \quad (3.4)$$

де S^* – об'ємна усадка скибочки, %;

V_n – об'єм скибочки до сушіння (початковий), м³;

V – об'єм скибочки після сушіння, м³.

Процес сушіння спричиняє зміну мікроструктури фруктів та овочів. Втрата води під час сушіння спричиняють зменшення розміру клітинної тканини сировини, що називають явищем усадки (*Ramos et al., 2003*). На **рис. 3.9** подані зображення мікроструктури яблука та яблучних чипсів. Яблучні чипси, що отримані шляхом мікрохвильового сушіння, мають більшу пористість, ніж чипси, які сушили конвективним способом (*Askari et al., 2004*). Мікроструктура чипсів, що отримані способами МС + ВС + СС та СС, подібна, а чипси, які виготовлені способом МС + ВС, мають «пухку» мікроструктуру (*Cui et al., 2008*).

Також у процесі сушіння змінюються текстура, густина, об'ємна густина і пористість продукту. Висушені конвективним способом фрукти та овочі мають нижчу пористість порівняно з висушеними шляхом вакуумного, сублімаційного чи мікрохвильового сушіння (*Ramos et al., 2003*). Вплив різних способів сушіння яблучних скибочок на текстуру, а також на густину (без урахування пор у скибочці), об'ємну густину (з урахуванням пор у скибочці), об'ємну пористість та середній діаметр пор чипсів подано в **таблиці 3.14**.

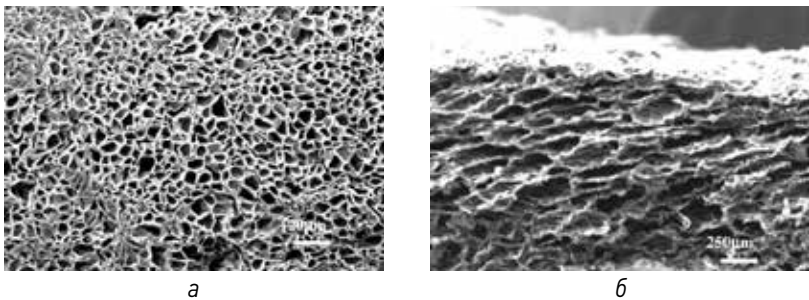


Рисунок 3.9 – Мікроструктура яблука та яблучних чипсів
(^a*Askari et al., 2004*; ^b*Cui et al., 2008*)

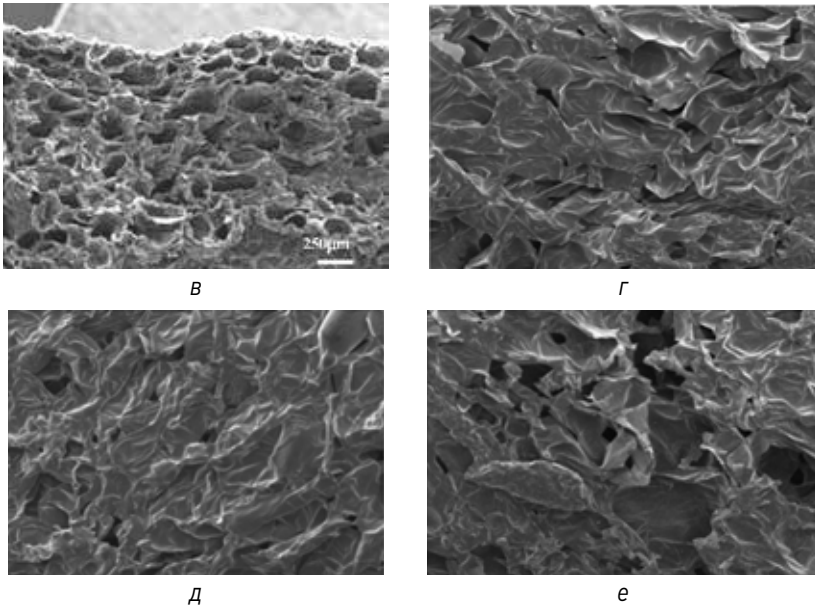


Рисунок 3.9 – Мікроструктура яблука та яблучних чипсів
[^aAskari et al., 2004; ^bCui et al., 2008]:

a – ^aскибочка яблука ($\times 25$); *b* – ^aскибочка яблука після КС ($\times 40$);
в – ^aскибочка яблука після МС ($\times 40$); *г* – ^bскибочка яблука після МС + ВС + СС ($\times 80$);
д – ^bскибочка яблука після СС ($\times 80$); *е* – ^bскибочка яблука після МС + ВС ($\times 80$)
(продовження)

Вміст в яблучних чипсах фенольних сполук залежно від режиму конвективного сушіння скибочок (швидкість сушильного агента 1,2 м/с; температура/тривалість сушіння: 65 °С / 8 год; 70 °С / 6 год; 75 °С / 5 год) товщиною 4 мм до вологості $W \leq 4\%$ подано в **таблиці 3.15**. Загальний вміст флавоноїдів в яблуках становить від 93–130 мг-еквКЕ/100 г СР (де КЕ – еквівалентна маса катехіну) та збільшується під час сушіння, як і загальний вміст фенольних сполук. Залежно від температури сушіння скибочок загальний вміст флавоноїдів у яблучних чипсах змінюється в межах: 65 °С – 184–191 мг-еквКЕ/100 г СР; 70 °С – 186–91 мг-еквКЕ/100 г СР; 75 °С – 191–207 мг-еквКЕ/100 г СР (Ertekin Filiz & Seydim, 2018).

Таблиця 3.14 – Вплив способів сушіння яблучних скибочок на текстуру та структуру пор чипсів (Zhu et al., 2022)

Параметри яблучних чипсів	Спосіб сушіння скибочок яблук	
	сублімаційне сушіння	конвективне сушіння
Хрусткість*, мм	9,91 ± 0,08	8,19 ± 0,05
Максимальна сила руйнування, Н	21,12 ± 0,16	41,49 ± 0,15
Густина, г/мл	1,52 ± 0,01	1,41 ± 0,01
Об'ємна густина, г/мл	0,23 ± 0,01	0,42 ± 0,02
Об'ємна пористість, %	86,33 ± 0,21	70,29 ± 0,16
Середній діаметр пор, нм	40338,87 ± 1,35	655,81 ± 0,15

Примітка: *Хрусткість характеризується деформацією (мм) зразка до моменту руйнування.

Для надання яблучним чипсам нових смаків, кольору та збагачення корисними речовинами використовують смакові добавки, приправи та соки (Tarko et al., 2010; Kowalska et al., 2018): імбир сушений і мелений, корицю, перець солодкий і гострий, часник, цибулю, ванільний цукор, сік чорноплідної горобини та вишневий, яблучний концентрат тощо. Додавання смакових добавок до яблучних чипсів підвищує їх антиоксидантні властивості та загальний вміст поліфенолів на 15–30% (**таблиця 3.16**) (Tarko et al., 2010).

Таблиця 3.15 – Вміст в яблучних чипсах фенольних сполук залежно від режиму конвективного сушіння скибочок (Ertekin Filiz & Seydim, 2018)

Фенольні сполуки (ФС)	Вміст ФС в яблуках, мг/100 г СР	Вміст ФС у чипсах, що виготовлені за температури сушіння, мг/100 г СР		
		65 °С	70 °С	75 °С
1	2	3	4	5
Галова кислота	15,2–27,7	26,4–54,8	25,6–52,9	26,2–52,3
Хлорогенова кислота	10,1–15,5	33,4–60,6	34,7–53,0	26,2–44,2
Катехін	10,2–25,6	45,0–54,6	41,0–49,3	27,2–34,2

Продовження таблиці 3.15

1	2	3	4	5
Епікатехін	9,5–14,6	26,1–54,6	26,0–36,2	12,4–21,1
Кавова кислота	0,0	0,0–4,38	0,0–9,74	0,0–6,6
Рутин	0,0	0,0–25,8	0,0–31,6	0,0–35,4

Таблиця 3.16 – Антиоксидантна активність та загальний вміст поліфенолів в яблучних чипсах з добавками (*Tarko et al., 2010*)

Смакова добавка та доза на 120 г свіжих яблук (скибочок)	Антиоксидантна активність, г тролокса/кг СР	Загальний вміст поліфенолів, г КЕ/кг СР
Чипси без добавок	16,19±0,41	49,45±0,50
Імбир 0,5 г	21,00±0,46	63,62±0,65
Ванільний цукор 2 г	18,21±0,49	67,11±0,81
Кориця 1 г	29,12±0,17	86,33±0,80
Солодкий перець 1 г	20,58±0,70	60,52±0,40
Сік чорноплідної горобини (витримування)	20,26±0,34	71,64±1,00
Часник 1 г	26,15±0,16	76,46±0,59
Цибуля 1,5 г	25,21±0,50	84,50±0,23
Гострий перець 1 г	21,69±0,91	75,20±0,20

Хімічний склад яблучних чипсів (*Забалуєва та ін., 2011*): вуглеводи – 69,07%; білки – 2,2%; жири – 5,53%; зола – 1,0%. Енергетична цінність яблучних чипсів – 350 ккал/100 г (*Tarko et al., 2010*). Вміст мінеральних речовин в яблучних чипсах подано в **таблиці 3.17**.

Залежно від сорту яблук та інших факторів сушені яблучні чипси можуть містити вітаміну С до 100 мг/100 г, а збагачені аскорбіновою кислотою – до 1200 мг/100 г. Під час підготовчих операцій виробництва яблучних чипсів втрати аскорбінової кислоти становлять 5%, а під час сушіння – 12%. Стійкість аскорбінової кислоти упродовж 9 місяців зберігання чипсів досить

висока: за температури повітря 7°C та відносної вологості 45% – зберігається 80,4% аскорбінової кислоти; за температури повітря 18°C та відносної вологості 90% – зберігається 63,1% [Konopacka & Markowski, 2004].

Таблиця 3.17 – Вміст мінеральних речовин в яблучних чипсах (Забалуева та ін., 2011)

Речовина	Вміст, мг%	Речовина	Вміст, мг%
Залізо Fe	1,72	Кальцій Ca	45,6
Магній Mg	46,3	Калій K	600,0
Натрій Na	222,3	Фосфор P	144,0

Значний сегмент фруктових та овочевих чипсів на світовому ринку виготовлено шляхом обсмажування у фритюрі [Velickova et al., 2014]. Споживачі надають перевагу чипсам, які мають низький вміст жиру, але традиційні для обсмажених чипсів смакові та текстурні характеристики. Одним із способів виготовлення обсмажених яблучних чипсів із низьким вмістом жиру є обсмажування у вакуумі. Цей процес проходить в закритій системі за робочого тиску, що значно нижчий за атмосферний, та містить етапи (**рис. 3.10**): створення вакууму, обсмажування скибочок сировини в олії, дренаж обсмажених скибочок, підвищення тиску до атмосферного. Цей спосіб обсмажування, внаслідок низької температури обсмажування та меншого впливу кисню, дозволяє зменшити вміст олії в яблучних чипсах на 24–25%, зберегти природний колір (**рис. 3.11**) та смак сировини, а також зменшити втрати поживних речовин [Bouchon, & Dueik, 2018]. На **рис. 3.12** продемонстровано вплив температури олії $T_{ол.}$ під час обсмажування скибочок за атмосферного (АТ) і вакуумного тиску (ВТ) на колір яблучних чипсів. Порівнюючи колір яблучних чипсів, обсмажених за різного тиску, стає очевидним, що під час обсмажування в атмосферних умовах спостерігається надмірне потемніння продукту, причому що вища температура олії, то темніші чипси. Яблучні чипси, обсмажені у вакуумі, світліші за обсмажені за атмосферного тиску; зі зменшенням температури олії під час обсмажування їх колір близький до кольору сировини (свіжих яблук).

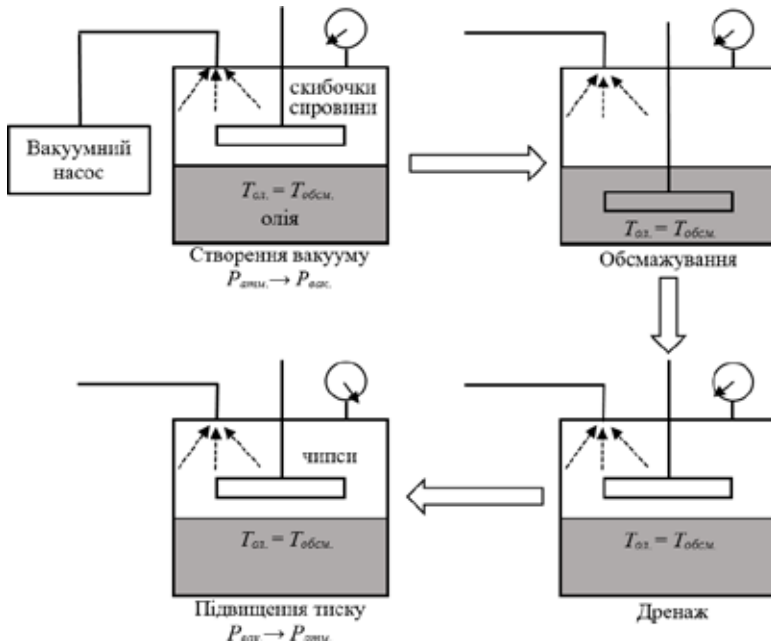


Рис. 3.10 – Етапи вакуумного обсмажування скибочок фруктів і овочів ($P_{атм.}$, $P_{вак.}$ – відповідно, атмосферний та вакуумний тиск; $T_{ол.}$, $T_{обсм.}$ – відповідно, атмосферний та вакуумний тиск) (Bouchon, & Dueik, 2018)

У **таблиці 3.18** подано дані щодо впливу температури та тривалості вакуумного обсмажування на вміст олії в яблучних чипсах і їх вологість (оброблення яблучних скибочок: бланшування упродовж 1 хв за температури 98 °С; охолодження; занурення на 15 хв в 30 % розчин фруктози за температури 50 °С; заморожування за температури -30 °С; обсмажування). Найбільш інтенсивне зменшення вологості скибочок простежується на початку обсмажування упродовж 5–10 хв, далі зміни вологості чипсів є незначними незалежно від температури обсмажування. Зі зменшенням вологості яблучних скибочок упродовж обсмажування зростає вміст олії в них, причому підвищення температури обсмажування спричиняє збільшення вмісту олії в чипсах.



яблучні чипси

бурякові чипси

морквяні чипси

Обсмажування за вакуумного тиску



яблучні чипси

бурякові чипси

морквяні чипси

Обсмажування за атмосферного тиску

Рисунок 3.11 – Вплив умов обсмажування на колір фруктових та овочевих чипсів (Bouchon & Dueik, 2018)



свіжі
яблука

ВТ,
 $T_{ол.} = 98^{\circ}\text{C}$

ВТ,
 $T_{ол.} = 118^{\circ}\text{C}$

АТ,
 $T_{ол.} = 160^{\circ}\text{C}$

АТ,
 $T_{ол.} = 180^{\circ}\text{C}$

Показники кольору яблучних чипсів:

L^*	$92,3 \pm 1,3$	$90,5 \pm 1,1$	$81,6 \pm 2,3$	$46,7 \pm 2,3$	$27,5 \pm 2,5$
a^*	$-8,8 \pm 1,5$	$-4,7 \pm 0,8$	$-0,1 \pm 0,4$	$29,2 \pm 2,4$	$34,1 \pm 2,6$

Рисунок 3.12 – Вплив температури обсмажування за атмосферного та вакуумного тиску на колір яблучних чипсів (Dueik & Bouchon, 2011)

Таблиця 3.18 – Вплив температури і тривалості вакуумного обсмажування на вміст олії та вологість чипсів (Shyu & Hwang, 2001)

Тривалість обсмажування, хв	Вміст олії (%) в яблучних чипсах та їх вологість (%) за різної температури обсмажування		
	90 °C	100 °C	110 °C
Вміст олії, %			
5	29,50 ± 0,14	33,03 ± 0,14	33,64 ± 1,72
10	33,40 ± 0,14	34,21 ± 0,25	35,07 ± 1,02
15	33,81 ± 0,57	34,92 ± 0,21	36,09 ± 0,28
20	35,75 ± 0,10	35,82 ± 0,70	37,65 ± 0,35
25	36,85 ± 0,64	37,45 ± 0,55	39,08 ± 1,27
30	38,40 ± 0,42	39,08 ± 0,66	39,38 ± 1,02
Вологість, %			
5	8,47 ± 0,05	4,22 ± 0,15	2,76 ± 0,25
10	3,87 ± 0,06	2,34 ± 0,01	1,68 ± 0,05
15	3,04 ± 0,08	1,98 ± 0,10	1,60 ± 0,06
20	2,49 ± 0,18	1,85 ± 0,01	1,49 ± 0,13
25	2,55 ± 0,04	1,83 ± 0,02	1,29 ± 0,07
30	2,39 ± 0,10	1,69 ± 0,13	1,16 ± 0,03

Вплив температури і тривалості вакуумного обсмажування яблучних скибочок на силу руйнування чипсів продемонстровано на **рис. 3.13**. Після 5 хв обсмажування, незалежно від температури, сила руйнування яблучних чипсів становить понад 1000 г, що свідчить про м'яку текстуру чипсів внаслідок високої вологості скибочок. Після 25 хв обсмажування за температури 110 °C сила руйнування чипсів становить менше 500 г, що вказує на хорошу хрусткість продукту. Отже, сила руйнування яблучних чипсів зменшується зі збільшенням тривалості і температури вакуумного обсмажування (Shyu & Hwang, 2001).

Кумулятивний об'єм пор яблучних чипсів становить (**рис. 3.14**): у випадку обсмажування за атмосферного тиску – 0,45 см³/г; у випадку обсмажування чипсів за вакуумного тиску – 0,48 см³/г (Dueik et al., 2012). Розподіл пор у чипсах за розміром продемонстрував, що обсмажені за атмосферного тиску чипси мають найбільший об'єм дрібних пор.

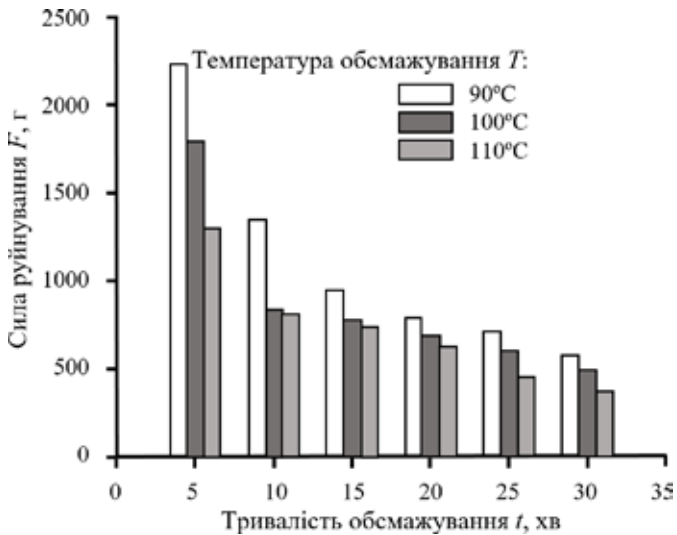
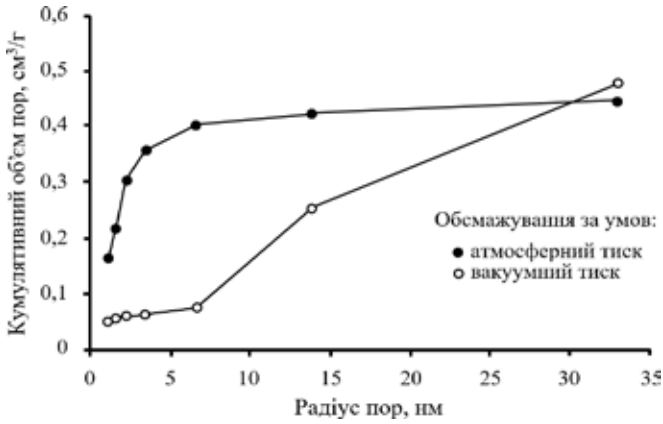
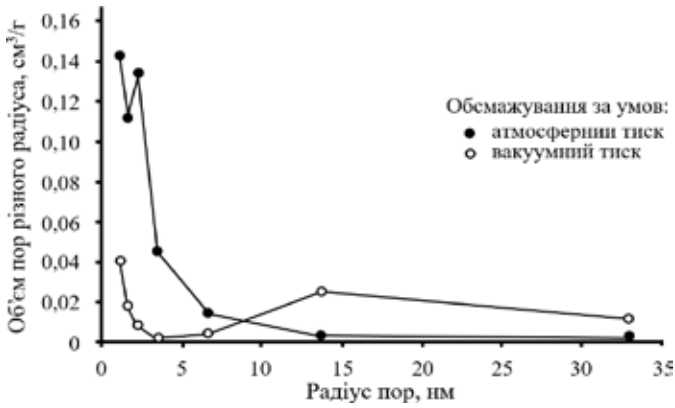


Рисунок 3.13 – Вплив температури та тривалості вакуумного обсмажування яблучних скибочок на силу руйнування чипсів (Shyu & Hwang, 2001)

Також розроблені способи попереднього оброблення фруктів та овочів (бланшування, нанесення їстівних покриттів, занурення у різні розчини, осмотична дегідратація, оброблення ультразвуком, надвисоким тиском тощо), які дозволяють зберегти колір та запах сировини, а також зменшити вміст жиру в готовому продукті. Зокрема, вміст олії в яблучних чипсах зменшується зі збільшенням потужності ультразвуку та тривалості ультразвукового оброблення (Shen et al., 2018). Бланшування проводиться для інактивації ферментів та видалення повітря з міжклітинного простору фруктів чи овочів, щоб запобігти зміні кольору та смаку під час подальшого оброблення (Wang et al., 2018). Також бланшування сприяє зменшенню скручування поверхні скибочок та прискорює подальші процеси термічного оброблення скибочок (Bai et al., 2023). Якщо після обсмажування проводити центрифугування чипсів, тоді у випадку обсмажування яблучних скибочок у вакуумі поглинання олії зменшується на 24 %, а у випадку обсмажування скибочок яблук за атмосферного тиску – на 30 % (Dueik et al., 2012).



а



б

Рисунок 3.14 – Кумулятивний об'єм пор (а) та об'єм пор різного радіуса (б) яблучних чипсів, що обсмажені за атмосферного та вакуумного тиску за температури, відповідно, 170 °С та 108 °С (Dueik et al., 2012)

У **таблиці 3.19** подано порівняння хімічного складу сушених (оброблення: занурення в клиновий сироп; вакуумне сушіння за температури 30–40 °С та тиску 0,131 Па) та обсмажених яблучних чипсів.

Таблиця 3.19 – Хімічний склад сушених та обсмажених яблучних чипсів (Joshi et al., 2011)

Показник	Сушені чипси	Обсмажені чипси
Вміст олії, %	0,78 ± 0,10	31,20 ± 1,50
Вміст білків, %	1,08 ± 0,08	0,95 ± 0,23
Вологість, %	2,57 ± 0,70	1,33 ± 0,04
Вміст золи, %	2,34 ± 0,14	0,88 ± 0,04
Активність води aw	0,24 ± 0,01	0,26 ± 0,02
Кальцій Ca, %	0,56 ± 0,05	0,04 ± 0,00
Фосфор P, %	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,00
Натрій Na, %	0,04 ± 0,00	0,04 ± 0,00
Калій K, %	0,62 ± 0,01	0,39 ± 0,01
Магній Mg, %	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00
Залізо Fe, мг/кг	16,47 ± 7,81	21,15 ± 15,32
Мідь Cu, мг/кг	3,22 ± 0,25	2,97 ± 0,00
Манган Mn, мг/кг	19,23 ± 3,73	1,67 ± 0,97
Цинк Zn, мг/кг	25,71 ± 4,99	2,32 ± 1,97

Грушеві чипси

Фізико-хімічні показники грушевих чипсів, виготовлених за різних способів (КС – конвективне сушіння; СС – сублімаційне сушіння; ВС – вибухове сушіння), подані в **таблиці 3.20** та на **рис. 3.15**. Сублімаційне сушіння скибочок порівняно з іншими способами сушіння забезпечує найкраще збереження у грушевих чипсах аскорбінової кислоти (85,9%), фенолів (88,4%) та флавоноїдів (92,1%) (Yi et al., 2015a).

Об'ємне співвідношення VR у грушевих чипсів, що виготовлені шляхом СС сушіння, вище, ніж у чипсів, виготовлених шляхом КС сушіння, але нижче, ніж у чипсів, що виготовлені шляхом комбінації способів СС + ВС (**рис. 3.15, а**). Об'єм грушевих чипсів, які виготовлені шляхом комбінації способів СС + ВС, більший ніж об'єм скибочок груші до сушіння на 7,4% (Yi et al., 2015a), що зумовлено мікроструктурою грушевих чипсів

із розширеними порами внаслідок вибухового сушіння. Мікроструктура груш і грушевих чипсів, що виготовлені за різних способів сушіння, зображена на **рис. 3.16**. Найбільшу об'ємну густину мають грушеві чипси, які виготовлені шляхом конвективного сушіння, а найменшу – чипси, виготовлені способом СС + ВС (**рис. 3.15, б**).

Таблиця 3.20 – Хімічні показники груш та грушевих чипсів, що виготовлені за різних способів сушіння (Yi et al., 2015a)

Фізико-хімічні показники	Значення показників			
	свіжі груші	чипси, що виготовлені у різний спосіб		
		КС	СС	СС + ВС
Вологість, %	89,09 ± 0,15	6,93 ± 0,22	6,81 ± 0,12	6,34 ± 0,17
Титрована кислотність, мг/г СР	10,12 ± 0,25	9,10 ± 0,15	10,16 ± 0,23	9,37 ± 0,11
Вміст аскорбінової кислоти, мг/100 г СР	19,04 ± 0,39	9,98 ± 0,23	16,35 ± 1,09	13,48 ± 0,52
Вміст фенолів, мг-екв ГК/г	3,37 ± 0,07	1,57 ± 0,07	2,98 ± 0,12	2,64 ± 0,15
Вміст флавоноїдів, мкг-екв РЕ/г	1,39 ± 0,08	0,82 ± 0,09	1,28 ± 0,09	1,09 ± 0,11

Примітка: ГК – еквівалентна маса галової кислоти; РЕ – еквівалентна маса рутину.

Грушеві чипси, виготовлені шляхом конвективного сушіння, мають найбільшу максимальну силу руйнування 59,9 Н (**рис. 3.15, в**), але невелику кількість піків (≈ 7) сили руйнування, отже, їхня текстура – тверда (Yi et al., 2015a). Для чипсів, що виготовлені шляхом комбінації способів СС + ВС, максимальна сила руйнування – 26,1 Н, а кількість піків – близько 36,5, отже, їхня текстура – хрустка (Yi et al., 2015a). Чипси, що виготовлені шляхом сублімаційного сушіння, мають найменшу твердість (максимальну силу руйнування) та близько 25 піків, тобто їхня текстура – м'яка.

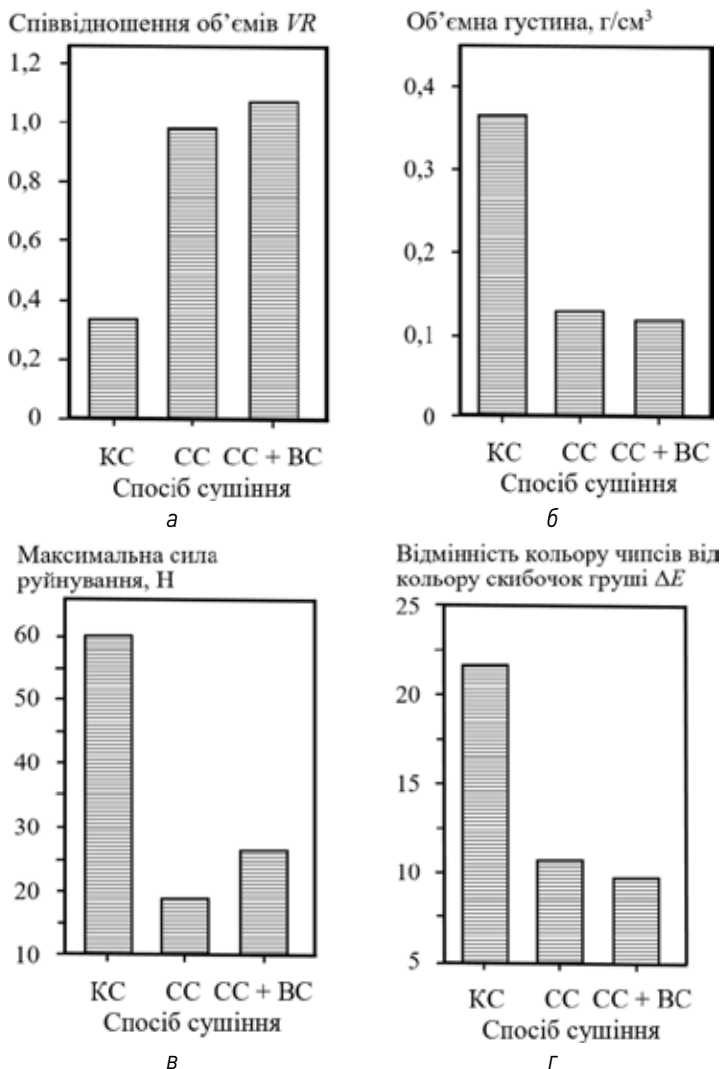


Рисунок 3.15 – Фізичні показники грушевих чипсів, що виготовлені за різних способів сушіння (Yi et al., 2015a):

а – співвідношення об'ємів; *б* – об'ємна густина; *в* – максимальна сила руйнування; *г* – відмінність кольору чипсів від кольору скибочок групи

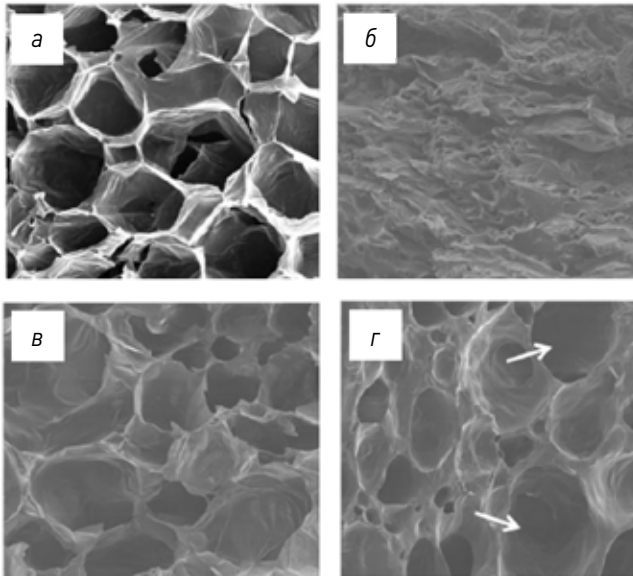


Рисунок 3.16 – Мікроструктура груш та грушевих чипсів, що виготовлені за різних способів сушіння (Yi *et al.*, 2015a):
а – свіжа груша; *б* – КС; *в* – СС; *г* – СС + ВС

Найменші відмінності між кольором чипсів та кольором скибочок груші характерні грушевим чипсам (**рис. 3.15, г**), що виготовлені шляхом сублімаційного сушіння ($\Delta E = 10,7$) і комбінації способів сушіння СС + ВС ($\Delta E = 9,8$).

У випадку вакуумного обсмажування грушевих скибочок товщиною 2 мм упродовж 4,0–4,2 хв за температури 110°C та вакууму 7,4–9,8 кПа (попереднє оброблення скибочок: бланшування за температури 100°C упродовж 3 хв; видалення зайвої води та сушіння за температури 25°C упродовж 8–10 год), можна отримати грушеві чипси з показниками (Juvvi *et al.*, 2020): вологість – 2,04%; вміст олії – 21,73%; сила руйнування – 6,79 Н; колір: $L^* = 64,31$, $a^* = 4,81$, $b^* = 29,76$; індекс білизни – 54,29. Грушеві чипси, які виготовляють за традиційного способу обсмажування за температури 175°C упродовж 4 хв, мають показники (Juvvi *et al.*, 2020): вологість – 1,03%; вміст олії – 44,83%; сила руйнування – 11,23 Н; колір: $L^* = 21,84$, $a^* = 6,83$, $b^* = 11,67$; індекс білизни – 20,68.

Хімічний склад грушевих чипсів (Остриков & Желтоухова, 2012; Erken et al., 2020): вуглеводи (загальний цукор) – 13,5%; білки – 3,6%; жири – 0,2%; зола – 0,69%. Вміст мінеральних речовин у грушевих чипсах, виготовлених способом мікрохвильового вакуумного сушіння, подано в **таблиці 3.21**. Вміст амінокислот і вітамінів у грушевих чипсах, виготовлених способом радіаційно-конвективного сушіння, подано в **таблиці 3.22**.

Таблиця 3.21 – Вміст мінеральних речовин у грушевих чипсах (Taskin et al., 2019)

Речовина	Вміст, мг/кг	Речовина	Вміст, мг/кг
Залізо Fe	6,58–10,96	Кальцій Ca	224–423
Магній Mg	223–378	Калій K	3424–7533
Мідь Cu	5,53–8,87	Цинк Zn	3,93–5,58
Натрій Na	536–733	Фосфор P	979–1446

Таблиця 3.22 – Вміст амінокислот та вітамінів у грушевих чипсах (Остриков & Желтоухова, 2012)

Амінокислоти	Вміст, мг/100 г	Вітаміни	Вміст, мг%
Валін	16,89 ± 0,04	Тіамін	0,028 ± 0,004
Ізолейцин	30,05 ± 0,04	Рибофлавін	0,032 ± 0,004
Лізин	6,12 ± 0,04	Вітамін E	0,475 ± 0,002
Метіонін + цистин	32,07 ± 0,04	Вітамін C	5,612 ± 0,004
Треонін	11,79 ± 0,04	Ніацин	0,107 ± 0,004

Морквяні чипси

Вплив мікрохвильового (МХС), сублімаційного (СС), конвективного (КС) та комбінаційного (МХС + СС) сушіння на вміст каротину в морквяних чипсах подано в **таблиці 3.23**. Згідно з дослідженнями (Cui et al., 2008), найбільші втрати каротину 29,4% спостерігаються під час сушіння скибочок моркви гарячим повітрям. Вплив різних способів сушіння скибочок на показник VR,

що обчислюється за виразом (3.3), та колір чипсів подано в **таблиці 3.24**. Найбільше зменшення об'єму скибочок спостерігається під час сушіння гарячим повітрям, а найменше – під час сублімаційного сушіння. Сушіння гарячим повітрям зумовлює найбільшу зміну кольору скибочок моркви. Морквяні чипси, що виготовлені шляхом сублімаційного сушіння та комбінації МХС + СС, мають м'яку текстуру, на відміну від чипсів, виготовлених шляхом сушіння гарячим повітрям, що мають тверду текстуру (*Cui et al., 2008*). Мікроструктура морквяних чипсів, що виготовлені у різний спосіб, зображена на **рис. 3.17**.

Таблиця 3.23 – Вміст каротину в морквяних чипсах залежно від способу їх сушіння (*Cui et al., 2008*)

Спосіб сушіння	Вологість, %	Вміст каротину, мкг/г СР	Збереження каротину, %
Свіжа морква	88,44	761,8 ± 0,8	100,0
МХС + СС	5,90–6,30	723,1 ± 0,8	94,9
СС	6,13–6,68	727,1 ± 0,6	95,4
МХС	6,32–6,51	721,2 ± 0,8	94,7
КС	5,80–6,65	538,2 ± 0,5	70,6

Таблиця 3.24 – Співвідношення об'ємів та колір морквяних чипсів залежно від способу їх сушіння (*Cui et al., 2008*)

Спосіб сушіння	Співвідношення об'ємів VR · 100	Показники кольору чипсів		
		L*	a*	b*
Свіжа морква	–	2,52 ± 0,06	10,72 ± 0,07	8,36 ± 0,05
МХС + СС	59,6 ± 0,4	2,52 ± 0,05	5,34 ± 0,04	5,72 ± 0,06
СС	81,6 ± 0,5	2,61 ± 0,06	5,34 ± 0,06	5,83 ± 0,09
МХС	26,8 ± 0,8	2,38 ± 0,07	4,67 ± 0,06	5,01 ± 0,07
КС	9,7 ± 0,9	1,14 ± 0,08	4,59 ± 0,06	4,07 ± 0,07

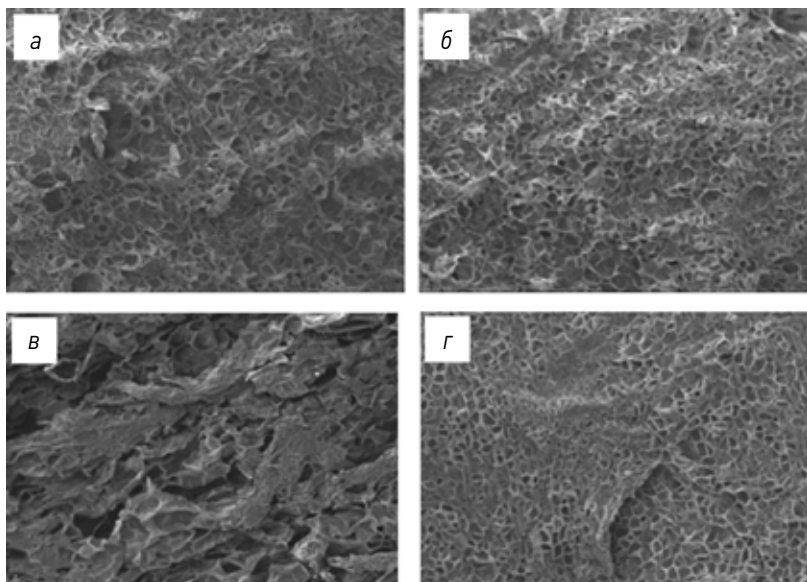


Рисунок 3.17 – Мікроструктура морквяних чипсів ($\times 80$), що виготовлені за різних способів сушіння (Cui et al., 2008):
а – МХС + СС; б – СС; в – МХС; г – КС

У таблиці 3.25 подані дані щодо вмісту β -каротину та аскорбінової кислоти в солодких і солоних морквяних чипсах, що виготовлені шляхом конвективного (КС) та мікрохвильового (МХС) сушіння. Причому скибочки моркви перед сушінням бланшували у цукровому сиропі концентрацією 10–20% чи розчині кухонної солі концентрацією 7–10% упродовж 3–5 хв та обробляли прянощами (кориця, ваніль, імбир, перець чилі, коріандр, паприка, куркума, мускатний горіх).

Вміст каротиноїдів у морквяних чипсах, що обсмажені у фритюрі за температури 165°C упродовж 5 хв за різного попереднього оброблення (бланшування, сушіння, замочування в сольовому розчині, розчині натрію метабісульфіту тощо) становить (Sulaeman et al., 2001): α -каротин – 6692–19672 мкг/100 г; β -каротин – 25196–43804 мкг/100 г. Колір цих чипсів коливається в межах: L^* = 31,2–45,7; a^* = 13,0–28,4; b^* = 12,4–25,8.

Таблиця 3.25 – Вміст β -каротину та аскорбінової кислоти в солодких і солених морквяних чипсах (Левківська та ін., 2020)

Морквяні чипси	Спосіб сушіння	Вміст β -каротину, мг/100 г	Вміст аскорбінової кислоти, мг/100 г
Солодкі	СГ	88,0	20,0
Солені	СГ	91,0	18,0
Солодкі	МХС	110,0	28,5
Солені	МХС	107,0	26,0

Обсмажені морквяні чипси мають вологість $W = 1,8\text{--}5,4\%$ та активність води $a_w = 0,28\text{--}0,45$ (Sulaeman et al., 2001), що сприяє збереженню каротиноїдів під час тривалого зберігання готової продукції. Вміст жиру в обсмажених морквяних чипсах – $48,1\text{--}66,0\%$, а максимальна сила руйнування – $426,7\text{--}648,8$ г (Sulaeman et al., 2001). У морквяних чипсах високий вміст акриламідів – $1663\text{--}3606$ мкг/кг (Nguyen et al., 2022).

Вплив умов та тривалості зберігання морквяних чипсів, що виготовлені шляхом обсмажування у фритюрі за температури 165°C упродовж 5 хв (попереднє оброблення: бланшування парою 4 хв; охолодження водою 4 хв; замочування 15 хв у $0,2\%$ розчині натрію метабісульфіту), на вміст α - та β -каротину подано в **таблиці 3.26**. Чипси зберігалися у пакетах з багаторшарової плівки (металізований поліестер і лінійний поліетилен низької щільності), які перед заповненням продували газоподібним азотом, доки концентрація O_2 не становила $<1\%$. У результаті досліджень (Sulaeman et al., 2003) визначено, що упродовж 5 місяців зберігання, незалежно від умов зберігання, у морквяних чипсах α -каротин зберігся більш ніж на 87% , а β -каротин – більш ніж на 90% . Колір чипсів упродовж 5 місяців зберігання суттєво не змінювався, однак, змінювалася лише його інтенсивність (Sulaeman et al., 2003).

Зміни текстури (максимальної сили руйнування F) обсмажених у фритюрі морквяних чипсів, їх вологості W , вмісту жиру a та активності води a_w упродовж зберігання за різних умов подано в **таблиці 3.27**. За умов зберігання А та В морквяних чипсів не спостерігалось суттєвих відмінностей у значеннях сили F , але за умов зберігання С значення F відразу значно

зросло. Початкова вологість морквяних чипсів 3,3% та активність води $a_w = 0,44$ дозволяють забезпечити збереження вмісту каротиноїдів під час зберігання, оскільки каротиноїди є більш стабільними за $a_w = 0,32-0,57$ [Sulaeman et al., 2003]. Упродовж 5 місяців зберігання не спостерігалось значних змін вологості та активності води за умов зберігання А і В, але за умов С обидва показники зростали, що, напевно, зумовлено високою температурою і відносною вологістю, які могли спричинити міграцію води в пакети, збільшуючи вологість чипсів та активність води. Початковий вміст жиру в морквяних чипсах становив 57,3% і залишався без суттєвих змін упродовж зберігання за умов А і В, але значно зменшився за умов С через 2 місяці. Це може бути пов'язано з підвищенням вологості чипсів, що змінило частку жиру в них.

Таблиця 3.26 – Вплив умов (температура повітря T_p , відносна вологість повітря W_p) та тривалості зберігання морквяних чипсів на вміст α - і β -каротину [Sulaeman et al., 2003]

Умови зберігання	Тривалість зберігання, місяців	Вміст α -каротину, мкг/100 г	Вміст β -каротину, мкг/100 г
Темна камера, $T_p = 0-1^\circ\text{C}$, $W_p = 94-98\%$ (умови А)	0	15844	30420
	1	15200	29275
	2	15178	28743
	3	14894	28717
	4	14877	28621
	5	14723	27980
Темна камера, $T_p = 22-23^\circ\text{C}$, $W_p = 31-45\%$ (умови В)	0	15844	30420
	1	15625	30555
	2	15528	30867
	3	15627	30627
	4	15636	30561
	5	15658	30844
Темна камера, $T_p = 29-31^\circ\text{C}$, $W_p = 89-93\%$ (умови С)	0	15844	30420
	1	15214	30708
	2	15116	30390
	3	14959	30309
	4	14558	29348
	5	13745	28511

Таблиця 3.27 – Вплив умов та тривалості зберігання морквяних чипсів на їх показники (Sulaeman et al., 2003)

Умови зберігання	Тривалість зберігання, місяців	F, г	W, %	a, %	a _w
Умови А (див. табл. 3.26)	0	502,55	3,30	57,25	0,44
	1	553,60	3,23	57,71	0,41
	2	560,70	3,28	57,34	0,43
	3	572,50	3,28	57,50	0,43
	4	575,85	3,24	58,53	0,41
	5	549,90	3,31	57,25	0,41
Умови В (див. табл. 3.26)	0	502,55	3,30	57,25	0,44
	1	506,20	3,14	57,69	0,42
	2	517,05	3,06	57,23	0,42
	3	499,30	3,11	57,17	0,42
	4	505,50	2,98	57,29	0,42
	5	549,90	3,16	57,48	0,43
Умови С (див. табл. 3.26)	0	502,55	3,30	57,25	0,44
	1	597,00	4,22	57,43	0,46
	2	685,85	4,61	56,84	0,47
	3	–	5,10	56,01	0,51
	4	–	5,44	55,90	0,53
	5	–	5,67	55,74	0,58

Вплив різних способів попереднього оброблення (бланшування в 2% киплячому розсолі упродовж 2 хв, конвективне сушіння упродовж 15 хв за температури 105 °С, осмотична дегідратація упродовж 0,5 год у 30% водному розчині солоду і декстрину за температури 40 °С та осмотична дегідратація з подальшим заморожування за температури -20 °С) скибочок моркви на якість морквяних чипсів, що обсмажені у вакуумі (0,01 МПа) за температури олії 100 °С упродовж 20 хв, подано в **таблиці 3.28**. Найбільші втрати вітаміну С та каротиноїдів у чипсах спостерігаються, якщо попереднє оброблення передбачає бланшування та конвективне сушіння скибочок моркви, а найбільше збереження цих речовин у випадку застосування бланшування з осмотичною дегідратацією перед вакуумним обсмажуванням.

Осмотична дегідратація морквяних скибочок перед обсмажуванням сприяє зменшенню активності води у чипсах (Fan et al., 2006).

На поглинання жиру скибочками моркви впливає початковий вміст води, розмір та розподіл пор, що залишаються внаслідок випаровування води. Попереднє оброблення скибочок моркви шляхом бланшування спричиняє більший вміст жиру в морквяних чипсах порівняно з іншими способами попереднього оброблення (**таблиця 3.28**). Заморожування спричиняє руйнування клітин моркви, внаслідок чого жир легше поглинається та утримується під час обсмажування у вакуумі. Також вода в скибочках моркви після заморожування може рівномірно випаровуватися під час обсмажування, збільшуючи пористість скибочок, що спричиняє збільшення поглинання жиру під час обсмажування (*Fan et al., 2006*).

Таблиця 3.28 – Вплив різних способів попереднього оброблення на фізико-хімічні показники морквяних чипсів, що обсмажені у вакуумі (*Fan et al., 2006*)

Показники морквяних чипсів	Спосіб попереднього оброблення*			
	Б	Б + С	Б + О	Б + О + З
Вміст вітаміну С, мг/100 г СР	33,46	24,13	31,24	30,52
Вміст каротиноїдів, мкг/100 г СР	16879,8	16132,1	18183,2	17794,5
Активність води	0,41	0,39	0,35	0,35
Вміст жиру, кг/кг СР	0,43	0,27	0,23	0,32
Сила руйнування, г	396,7	460,7	430,3	404,2
L^*	32,43	34,62	32,76	33,41
a^*	14,51	14,37	21,13	20,89
b^*	21,79	20,53	16,82	16,24

Примітка: *Способи оброблення: Б – бланшування; С – конвективне сушіння; О – осмотична дегідратація; З – заморожування.

Під час обсмажування у вакуумі вільна вода швидко випаровується, що спричиняє збільшення пористості скибочок, і, відповідно, зменшення сили руйнування продукту. Найменше значення сили руйнування мають чипси,

під час виготовлення яких скибочки перед обсмажуванням лише бланшуються (**таблиця 3.28**). Попереднє оброблення скибочок також суттєво впливає на колір морквяних чипсів (**таблиця 3.28**), зокрема конвективне сушіння спричиняє зменшення їх почервоніння, що може бути зумовлено втратою каротину під час сушіння (*Fan et al., 2006*). Вакуумне обсмажування порівняно з обсмажуванням за атмосферного тиску дозволяє зберегти природний колір моркви (**рис. 3.11**).

На **рис. 3.18** продемонстровано вплив температури олії $T_{ol.}$ під час обсмажування скибочок за атмосферного (АТ) та вакуумного тиску (ВТ) на колір морквяних чипсів. Низькі значення L^* вказують на темний колір чипсів, причому більш висока температура обсмажування спричиняє більше потемніння чипсів. Розпад каротиноїдів має значний вплив на значення a^* та b^* , оскільки вони є жовтими та оранжевими пігментами. Чипси, що обсмажені в умовах вакууму за температури олії $T_{ol.} = 98^{\circ}\text{C}$, зберігають оранжево-жовтий колір сировини, демонструючи незначне зменшення колірних показників a^* та b^* порівняно з показниками для сировини (моркви).

Вміст каротиноїдів у моркві й обсмажених морквяних чипсах у вакуумі та за атмосферного тиску подано в **таблиці 3.29**. Вакуумне обсмажування спричиняє зменшення вмісту каротиноїдів у чипсах на 9,4–33,7% від їх початкового вмісту у сировині, а обсмажування за атмосферного тиску – на 51,6–53,8% (*Dueik & Bouchon, 2011*).

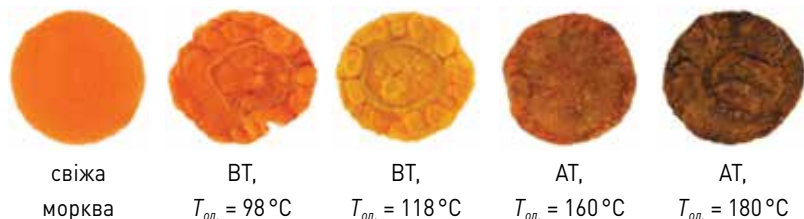
Під час обсмажування морквяних скибочок внаслідок випаровування води спостерігається зменшення площі їх поверхні (**рис. 3.19**). Зі збільшенням тривалості та температури обсмажування спостерігається зростання показника S_n (зменшення площі поверхні чипсів), який обчислюється за виразом:

$$S_n = \frac{S_0 - S}{S_0} \cdot 100\% , \quad (3.5)$$

де S_n – показник, що характеризує зменшення поверхні скибочки внаслідок обсмажування, %;

S_0 – площа поверхні скибочки до обсмажування (початкова), m^2 ;

S – площа поверхні скибочки після обсмажування, m^2 .



Показники кольору морквяних чипсів:

L^*	$65,7 \pm 1,1$	$60,5 \pm 1,3$	$56,1 \pm 2,2$	$44,0 \pm 1,8$	$33,1 \pm 2,3$
a^*	$48,8 \pm 1,2$	$46,8 \pm 0,9$	$34,1 \pm 2,4$	$26,6 \pm 2,7$	$18,1 \pm 2,0$
b^*	$65,2 \pm 1,1$	$65,1 \pm 1,6$	$60,1 \pm 2,7$	$45,5 \pm 3,0$	$25,3 \pm 2,1$

Рисунок 3.18 – Вплив температури обсмажування за атмосферного та вакуумного тиску на колір морквяних чипсів (Dueik & Bouchon, 2011)

Таблиця 3.29 – Вміст каротиноїдів у моркві та обсмажених морквяних чипсах (Dueik & Bouchon, 2011)

Режим обсмажування морквяних чипсів	Загальний вміст каротиноїдів, мкг/г СР
Свіжа морква	$10,26 \pm 0,92$
Чипси; режим: ВТ, $T_{ол.} = 98\text{ }^{\circ}\text{C}$	$9,29 \pm 0,64$
Чипси; режим: ВТ, $T_{ол.} = 118\text{ }^{\circ}\text{C}$	$6,80 \pm 0,69$
Чипси; режим: АТ, $T_{ол.} = 160\text{ }^{\circ}\text{C}$	$4,97 \pm 0,61$
Чипси; режим: АТ, $T_{ол.} = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$	$4,74 \pm 0,70$

Хімічний склад обсмажених морквяних чипсів, за даними виробників (на 100 г чипсів) (Mesias et al., 2019): жири – 25 г; насичені жири – 2,8 г; вуглеводи – 40 г; цукри – 32 г; клітковина – 14 г; білки – 5,4 г; сіль – 0,9 г. Калорійність обсмажених морквяних чипсів – 432 ккал (Mesias et al., 2019). Хімічний склад сушених морквяних чипсів, за даними виробника FRUTEX (на 100 г чипсів): білки – 7,8 г; жири – 0,6 г; вуглеводи – 56,4 г. Калорійність сушених морквяних чипсів – 226 ккал.

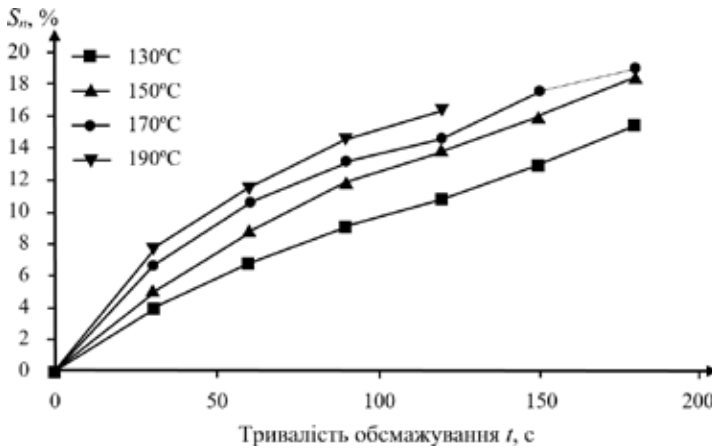


Рисунок 3.19 – Залежність показника S_n від тривалості та температури обсмажування (Salehi, 2018)

Бурякові чипси

Залежність тривалості конвективного сушіння бурякових скибочок від температури сушильного агента подано на **рис. 3.20**. Вологість бурякових скибочок зменшується зі збільшенням тривалості сушіння. Що вища температура сушіння, то коротша тривалість сушіння. Скибочки буряка, висушені за температури 60 °С, мають найменшу різницю в кольорі порівняно із скибочками свіжого буряка (**таблиця 3.30**). Вміст беталаїну (бетацианіну та бетаксантину) у скибочках зменшується із підвищенням температури сушіння (**таблиця 3.31**). Загальний вміст фенолів досягає найбільшого значення за температури сушіння 100 °С (**таблиця 3.31**) (Liu et al., 2020).

У **таблиці 3.32** подано хімічний склад та калорійність сушених за температури 60 °С бурякових чипсів, для виготовлення яких скибочки буряка товщиною 2 мм не оброблялися (НО) перед сушінням та оброблялися ультразвуком (УО) (упродовж 20 хв за температури 30°C, частоти 25 кГц та інтенсивності 4870 Вт/м²) та із використанням способу осмотичної дегідратації (ОД) (занурення скибочок на 2 хв у 5% розчин хлориду натрію (NaCl)). Попереднє оброблення скибочок буряка способом УО зменшує вміст жиру, золи та хлориду натрію в чипсах, а також їх калорійність (Peters et al., 2021).

Оброблення скибочок у спосіб ОД спричиняє збільшення вмісту жиру, золи та хлориду натрію в чипсах.

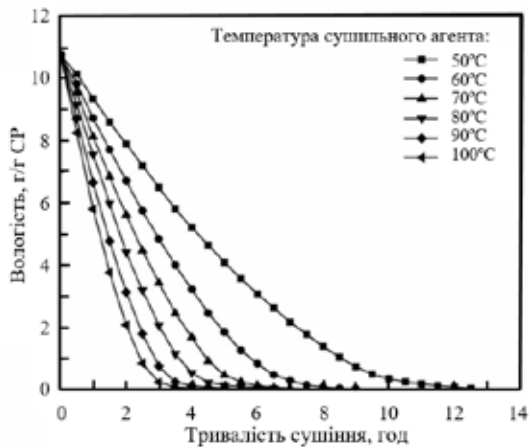


Рисунок 3.20 – Залежність тривалості сушіння бурякових скибочок від температури сушильного агента (Liu et al., 2020)

Таблиця 3.30 – Вплив температури сушильного агента на показники кольору бурякових скибочок (Liu et al., 2020)

Температура сушильного агента, °C	Показники кольору бурякових скибочок			
	L^*	a^*	b^*	ΔE
50	$36,51 \pm 1,18$	$23,29 \pm 0,52$	$1,74 \pm 0,27$	$1,89 \pm 0,09$
60	$37,23 \pm 1,36$	$25,39 \pm 0,98$	$2,78 \pm 0,42$	$1,49 \pm 0,05$
70	$42,09 \pm 0,97$	$22,78 \pm 0,06$	$2,30 \pm 0,08$	$5,58 \pm 0,07$
80	$46,29 \pm 0,70$	$25,09 \pm 0,85$	$6,81 \pm 0,66$	$10,13 \pm 0,08$
90	$49,81 \pm 1,02$	$22,74 \pm 0,11$	$10,48 \pm 0,24$	$14,87 \pm 0,10$
100	$46,63 \pm 1,47$	$19,86 \pm 0,70$	$12,17 \pm 0,30$	$13,84 \pm 0,16$
Свіжий буряк	$36,79 \pm 0,49^a$	$24,12 \pm 0,30^a$	$3,42 \pm 0,59^a$	–

Примітка: ^a – відповідні показники кольору сировини L_0^* , a_0^* , b_0^*

Таблиця 3.31 – Вплив температури сушильного агента на вміст бетаціаніну, бетаксантину та фенолів у скибочках буряка (*Liu et al., 2020*)

Температура сушильного агента, °С	Бетаціанін, мг бетаніну/г СР	Бетаксантин, мг вультгаксантину/г СР	Феноли, мг-екв ГК/г СР
50	284,50 ± 1,47	193,01 ± 0,56	10,52 ± 0,39
60	210,69 ± 1,77	174,67 ± 0,71	9,35 ± 0,07
70	170,11 ± 1,76	137,30 ± 1,06	8,17 ± 0,20
80	136,59 ± 1,95	135,46 ± 0,83	10,74 ± 0,06
90	95,13 ± 1,28	127,85 ± 0,62	11,87 ± 0,14
100	76,63 ± 0,98	146,70 ± 0,53	13,81 ± 0,13

Примітка: ГК – еквівалентна маса галової кислоти.

Таблиця 3.32 – Хімічний склад оброблених та необроблених перед сушінням бурякових чипсів (на 100 г) (*Peters et al., 2021*)

Показник	НО	ОД	УО
Вологість, г	6,04 ± 0,06	5,27 ± 0,14	9,60 ± 0,43
Білки, г	1,88 ± 0,06	1,77 ± 0,05	1,95 ± 0,06
Жири, г	1,14 ± 0,12	1,41 ± 0,09	0,53 ± 0,01
Вуглеводи, г	81,67 ± 0,15	77,75 ± 0,18	79,13 ± 0,46
Калорійність, ккал	344,46 ± 0,48	330,77 ± 0,53	329,09 ± 1,88
Зола, г	9,27 ± 0,02	13,80 ± 0,04	8,79 ± 0,21
Хлорид натрію, г	0,29 ± 0,01	0,71 ± 0,01	0,27 ± 0,01
Нітрати, мг	739,43 ± 5,69	731,85 ± 3,28	858,88 ± 0,01

Осмотична дегідратація у цукрово-сольовому розчині протягом 3 год (температура 50,6 °С) у поєднанні з сушінням гарячим повітрям (температура 55–75 °С) та мікрохвильовим сушінням (потужність 540–1080 Вт) на завершальному етапі дозволяє скоротити тривалість сушіння, зменшити зміни кольору, покращити текстуру та отримати сушені бурякові скибочки високої якості (*Kaur & Singh, 2014*). Для підвищення біоактивного потенціалу бурякових чипсів у науковій праці (*Lech et al., 2015*) запропоновано перед

сушінням проводити попереднє осмотичне оброблення скибочок у концентрованому соку чорноплідної горобини.

Результати дослідження впливу імпульсно-вакуумно-осмотичної дегідратації (упродовж 10 хв осмотична дегідратація в розчині (40% цукрози + 10% хлориду натрію) в умовах вакууму 40–80 кПа та 290 хв – за атмосферного тиску й температури 35 °С) на властивості бурякових скибочок подані в **таблиці 3.33**. Внаслідок застосування вакууму збільшується об'ємна усадка (**рис. 3.21**) бурякових скибочок та спостерігаються відмінності кольору скибочок до та після оброблення (*De Jesus Junqueira et al., 2018*).

Таблиця 3.33 – Вплив способів осмотичної дегідратації на властивості бурякових скибочок (*De Jesus Junqueira et al., 2018*)

Показник	Свіжий буряк	Спосіб оброблення скибочок		
		ОД	ВОД 40 кПа	ВОД 80 кПа
Вологість, кг/кг	0,892 ± 0,008	0,422 ± 0,003	0,442 ± 0,004	0,408 ± 0,013
Активність води a_w	0,981 ± 0,002	0,851 ± 0,005	0,854 ± 0,003	0,852 ± 0,007
Бетаціанін, мг/100 г СР	1,36 ± 0,01	0,82 ± 0,01	0,76 ± 0,02	0,73 ± 0,03
Бетаксантин, мг/100 г СР	0,96 ± 0,01	0,53 ± 0,01	0,53 ± 0,01	0,51 ± 0,02
Катехін, мг/100 г СР	215,48 ± 4,31	90,17 ± 3,93	116,67 ± 4,20	75,17 ± 2,88
Показники кольору				
L^*	32,23 ± 0,56 ^a	28,69 ± 0,64	26,13 ± 1,45	27,22 ± 1,51
a^*	21,85 ± 1,71 ^a	17,09 ± 0,89	17,55 ± 1,87	10,29 ± 0,91
b^*	0,28 ± 0,12 ^a	1,94 ± 0,47	2,25 ± 0,50	-0,56 ± 0,09
ΔE	-	5,46 ± 1,37	7,42 ± 0,77	7,87 ± 0,42
Розривне напруження, кПа	108,48 ± 6,00	2,58 ± 0,36	1,97 ± 0,28	1,51 ± 0,04
Модуль пружності, кПа	10,06 ± 0,78	2,12 ± 0,20	1,65 ± 0,20	1,55 ± 0,02

Примітка: ОД – осмотична дегідратація; ВОД 40 кПа – осмотична дегідратація в умовах вакууму 40 кПа; ВОД 80 кПа – осмотична дегідратація в умовах вакууму 80 кПа; ^a – відповідні показники кольору сировини L_0^* , a_0^* , b_0^* .

Осмотична дегідратація спричиняє зменшення вологості бурякових скибочок та активності води. Також у скибочках буряка після осмотичної дегідратації спостерігається зниження вмісту катехіну, бетаціаніну та бетаксантину, особливо, в умовах вакууму. Втрата пігментів (бетаціаніну, бетаксантину) зумовлена вимиванням, оскільки обидві сполуки водорозчинні (De Jesus Junqueira et al., 2018).

Розривне напруження та модуль пружності бурякових скибочок після осмотичної дегідратації значно зменшується. Однак проведення дегідратації в умовах вакууму суттєво не впливає на ці показники (De Jesus Junqueira et al., 2018).

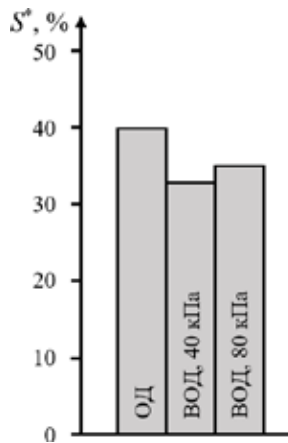


Рисунок 3.21 – Об'ємна усадка S^* бурякових скибочок за різних способів осмотичної дегідратації (De Jesus Junqueira et al., 2018):

ОД – осмотична дегідратація; ВОД 40 кПа – осмотична дегідратація в умовах вакууму 40 кПа; ВОД 80 кПа – осмотична дегідратація в умовах вакууму 80 кПа

Мікроструктура свіжого буряка та оброблених скибочок подана на **рис. 3.22**. Клітини тканини свіжого буряка округлої й довгої форми, вони щільно з'єднані між собою. Осмотична дегідратація спричиняє зміни в структурі рослинної тканини внаслідок масоперенесення води з тканини

в осмотичний розчин і розчиненої речовини з осмотичного розчину в міжклітинні та позаклітинні простори тканини, що зумовлює структурне пошкодження клітин на мікроскопічному рівні. У скибочок буряка, що оброблені шляхом осмотичної дегідратації, клітини мають неправильну форму та помірно зруйновані. Внаслідок оброблення скибочок буряка шляхом осмотичної дегідратації в умовах вакууму також спостерігається пошкодження клітинної тканини (De Jesus Junqueira et al., 2018).

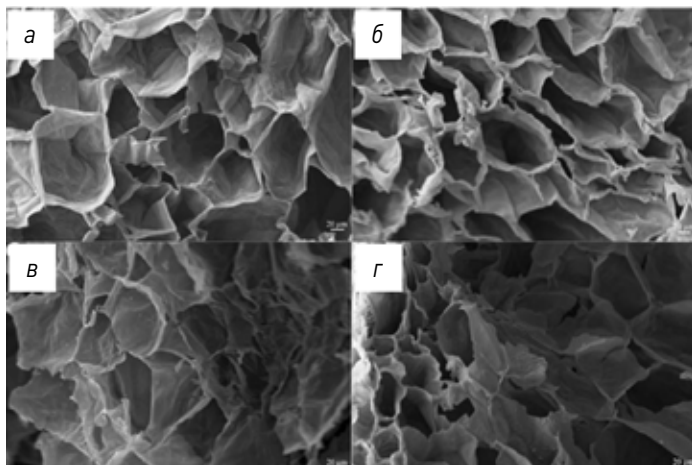


Рисунок 3.22 – Мікроструктура свіжого буряка та оброблених скибочок ($\times 800$) (De Jesus Junqueira et al., 2018):

a – свіжий буряк; *б* – ОД; *в* – ВОД 40 кПа; *г* – ВОД 80 кПа

У науковій праці (Malakar et al., 2022) порівняно вплив сонячного сушіння (СС) скибочок буряка та їх сушіння в сонячній сушарці з вакуумними трубками (ССВТ) на фізико-хімічні та органолептичні властивості продукту. Середній вміст беталаїну становив 4,49 мг/г СР (ССВТ) та 1,61 мг/г СР (СС). Отже, вміст беталаїну в скибочках, які сушені у ССВТ, вищий на 64%, ніж у скибочках, що виготовлені шляхом СС. Це сприяло кращому збереженню кольору скибочок, що отримані в ССВТ. Середній вміст фенолів у скибочках становив

3,02 мг-екв ГК/г СР (ССВТ) та 2,08 мг-екв ГК/г СР (СС) (де ГК – еквівалентна маса галової кислоти). Отже, вміст фенолів у скибочках, що сушені в ССВТ, є вищим на 31% порівняно із скибочками, які сушені на сонці (Malakar et al., 2022). Після 8 год сушіння активність води скибочок зменшилася з початкової 0,98 до 0,34 (ССВТ) та 0,55 (СС) (Malakar et al., 2022).

Бурякові чипси, що виготовлені шляхом сублімаційного сушіння, містять (Vasconcellos et al., 2016): фенолів – $0,75 \pm 0,06$ мг-екв ГК /г СР (де ГК – еквівалентна маса галової кислоти); цукрів – $627,96 \pm 11,39$ мг/г СР (зокрема, фруктози – $13,23 \pm 0,84$ мг/г СР, глюкози – $11,46 \pm 0,25$ мг/г СР, цукрози – $603,27 \pm 10,30$ мг/г СР); органічних кислот – $35,53 \pm 3,97$ мг/г СР (зокрема, лимонної кислоти – $13,34 \pm 3,85$ мг/г СР, аскорбінової кислоти – $5,79 \pm 0,78$ мг/г СР, яблучної кислоти – $16,39 \pm 0,90$ мг/г СР).

У науковій праці (Nistor et al., 2017) запропоновано комбінований спосіб сушіння бурякових скибочок, що поєднує вільну конвекцію за температури 50–70°C, примусову конвекцію за температури 40°C та мікрохвильове сушіння за потужності 315 Вт. Комбіноване сушіння сприяє збереженню фітохімічних речовин у скибочках та скорочує тривалість сушіння на 40–52% порівняно з традиційним конвективним способом (тривалість сушіння скорочується з 270–360 хв до 129–219 хв).

Вплив сонячного (СС), конвективного (КС) та сублімаційного сушіння (СБС) на хімічний склад та колір бурякових скибочок подано в **таблиці 3.34**.

Таблиця 3.34 – Вплив способів сушіння на хімічний склад та показники кольору бурякових скибочок (Hamid & Mohamed Nour, 2018)

Речовина / показник	Свіжий буряк	Спосіб сушіння скибочок		
		СС	КС	СБС
1	2	3	4	5
Сухі речовини, %	$12,32 \pm 0,09$	$75,62 \pm 0,12$	$80,30 \pm 0,72$	$82,84 \pm 0,81$
Зола, %	$2,02 \pm 0,08$	$3,65 \pm 0,42$	$2,96 \pm 0,27$	$3,89 \pm 0,62$
Білки, %	$1,52 \pm 0,13$	$3,53 \pm 0,32$	$3,01 \pm 0,51$	$3,89 \pm 0,46$
Клітковина, %	$2,81 \pm 0,57$	$6,61 \pm 0,19$	$6,73 \pm 0,24$	$5,01 \pm 0,48$
Жири, %	$0,17 \pm 0,03$	$0,30 \pm 0,07$	$0,45 \pm 0,02$	$0,51 \pm 0,09$

Чипси з рослинної сировини

Продовження таблиці 3.34

1	2	3	4	5
Вуглеводи, %	5,80 ± 0,21	61,53 ± 0,78	67,15 ± 0,89	69,54 ± 0,63
Калорійність, ккал/100 г	30,81 ± 1,31	262,94 ± 2,13	284,69 ± 1,81	298,31 ± 2,01
Мінеральні речовини та нітрати, мг/100 г СР				
Калій К	259,91 ± 3,05	291,09 ± 2,89	281,87 ± 1,88	295,97 ± 2,08
Кальцій Са	2,15 ± 0,48	4,13 ± 0,31	4,98 ± 0,71	5,23 ± 0,26
Магній Mg	21,81 ± 0,39	29,67 ± 0,26	31,67 ± 0,57	32,86 ± 0,99
Фосфор Р	7,07 ± 0,59	8,13 ± 0,72	8,67 ± 0,66	8,97 ± 0,75
Залізо Fe	140,11 ± 0,64	152,19 ± 0,88	153,99 ± 0,79	161,89 ± 0,89
Нітрати	197,67 ± 1,23	251,08 ± 0,83	256,87 ± 0,57	261,09 ± 0,38
Біоактивні сполуки, мг/100 г				
Беталаїни	115,34 ± 1,09	113,30 ± 0,89	113,26 ± 1,02	114,51 ± 0,79
β-ціанін	82,67 ± 0,34	69,04 ± 0,74	60,46 ± 0,29	82,19 ± 0,54
Феноли, мг ГК/100 г	29,66 ± 0,83	34,85 ± 0,73	39,56 ± 0,95	30,19 ± 0,79
Флавоноїди, мг РЕ/100 г	36,37 ± 0,87	34,74 ± 0,54	33,28 ± 0,72	36,11 ± 0,95
Показники кольору				
L^*	24,74 ± 0,69 ^a	22,01 ± 0,42	23,11 ± 1,02	23,98 ± 0,87
a^*	22,19 ± 0,38 ^a	18,26 ± 0,61	16,15 ± 0,93	21,27 ± 0,82
b^*	2,32 ± 0,78 ^a	3,09 ± 0,35	3,89 ± 0,19	2,21 ± 0,46
ΔE	-	4,85 ± 0,25	6,45 ± 0,41	1,20 ± 0,17

Примітка: ГК – еквівалентна маса галової кислоти; РЕ – еквівалентна маса рутину; ^a – відповідні показники кольору сировини L_0^* , a_0^* , b_0^* .

Результати дослідження (Hamid & Mohamed Nour, 2018) дозволяють зробити висновок, що вміст поживних та мінеральних речовин у бурякових скибочках, які виготовлені шляхом сублімаційного сушіння, вищий, ніж у скибочках, які виготовлені шляхом сонячного та конвективного сушіння. Також встановлено, що сублімаційне сушіння істотно не впливає на колір скибочок.

У **таблиці 3.35** подано фізико-хімічні показники бурякових чипсів (попереднє оброблення скибочок: бланшування парою упродовж 2 хв; сушіння за температури 25 °С упродовж 3 год), що обсмажені за атмосферного тиску (температура 180 °С, тривалість 5 хв) та вакууму (температура 101–110 °С, тиск 2,9–4,4 кПа, тривалість 6 хв). Вакуумне обсмажування дозволяє зменшити в бурякових чипсах вміст олії до 15,4% та забезпечити більший вміст беталаїну (13,68 мг/л) порівняно з чипсами, що обсмажені за атмосферного тиску (вміст олії 38,4%, вміст беталаїну 2,6 мг/л) (*Juvvi et al., 2016*). Також вакуумне обсмажування, порівняно з обсмажуванням за атмосферного тиску, дозволяє зберегти природний колір бурякових чипсів (**рис. 3.11**).

Таблиця 3.35 – Фізико-хімічні показники обсмажених бурякових чипсів (*Juvvi et al., 2016*)

Показник	Обсмажування за атмосферного тиску	Обсмажування у вакуумі
Вміст олії, %	38,4 ± 0,3	15,4 ± 0,4
Сила руйнування, Н	19,7 ± 0,2	11,4 ± 0,2
Показники кольору:		
L^*	21,1 ± 0,5	28,6 ± 0,5
a^*	15,2 ± 0,2	17,6 ± 0,3
b^*	2,4 ± 0,1	6,7 ± 0,2
Вміст беталаїну, мг/л	2,60 ± 0,10	13,68 ± 0,02

Хімічний склад обсмажених бурякових чипсів, за даними виробників (на 100 г продукту) (*Mesias et al., 2019*): жири – 25 г; насичені жири – 2,8 г; вуглеводи – 40 г; цукри – 32 г; клітковина – 14 г; білки – 5,4 г; сіль – 0,9 г. Вміст акриламід у бурякових чипсах становить 494–2231 мкг/кг (*Elmore et al., 2019; Mesias et al., 2019*). Калорійність обсмажених бурякових чипсів – 432 ккал. Хімічний склад сушених бурякових чипсів, за даними виробника FRUTEX (на 100 г чипсів): білки – 9,0 г; жири – 0,6 г; вуглеводи – 62,0 г. Калорійність сушених бурякових чипсів, за даними виробника FRUTEX, – 257 ккал.

Кабачкові чипси

На **рис. 3.23** зображено зразки кабачкових чипсів, що отримані за різних способів попереднього оброблення (витримування: в 3% розчині хлориду натрію (NaCl); свіжому соку листової капусти (кале) + 3% NaCl; свіжому соку цибулі + 3% NaCl; свіжому соку з листової капусти та цибулі (50:50) + 2% NaCl) та сушіння (сублімаційне, вакуумне, конвективне). Найбільш близькими за зовнішнім виглядом до скибочок свіжих кабачків є зразки кабачків, що попередньо оброблені 3% розчином NaCl та висушені із використанням сублімаційного сушіння, а найбільші зміни зовнішнього вигляду спостерігаються в зразках кабачків, які витримані в соку капусти та висушені конвективним способом за температури 70°C (Krećisz et al., 2021). Також сублімаційне та вакуумне сушіння зумовлює менші зміни кольору порівняно з конвективним сушінням. Показники кольору L^* , a^* , b^* та загальні зміни кольору (ΔE) кабачкових чипсів, що оброблені та висушені у різний спосіб, подані в **таблиці 3.36**. Показник зміни кольору ΔE коливається в межах 2,82–45,90. Найнижче значення показника $\Delta E = 2,82$ (тобто найбільш близький колір до кольору свіжих кабачків) у чипсів, що попередньо оброблені 3% розчином NaCl та висушені сублімаційним сушінням. Порівняно з сировиною, найбільша відмінність кольору ($\Delta E = 45,90$) характерна для чипсів, оброблених соком листової капусти та висушені конвективним способом за температури 70°C. Менші зміни кольору чипсів, порівняно зі свіжими кабачками, спостерігаються, якщо застосовується сублімаційне та вакуумне сушіння (Krećisz et al., 2021).

У **таблиці 3.37** подано вміст сухих речовин та активність води у зразках кабачкових чипсів. Вміст сухих речовин у свіжих кабачках становив 5,68%, а вміст сухих речовин у чипсах коливався в межах 75,49–96,46% (Krećisz et al., 2021). Свіжий кабачок має активність води 0,988, що створює сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів. Активність води сушених кабачкових чипсів коливається в межах 0,218–0,670 (Krećisz et al., 2021). Причому найнижча активність води у випадку сублімаційного сушіння (0,218–0,255), а найвища – під час конвективного сушіння за температури 50°C (0,499–0,670) (Krećisz et al., 2021).

У **таблиці 3.38** подано вміст біоактивних компонентів (каротиноїдів, хлорофілів, лютеїну і зеаксантину) у кабачкових чипсах. Витримування скибочок кабачка в розчині солі спричиняє вимивання цінних компонентів

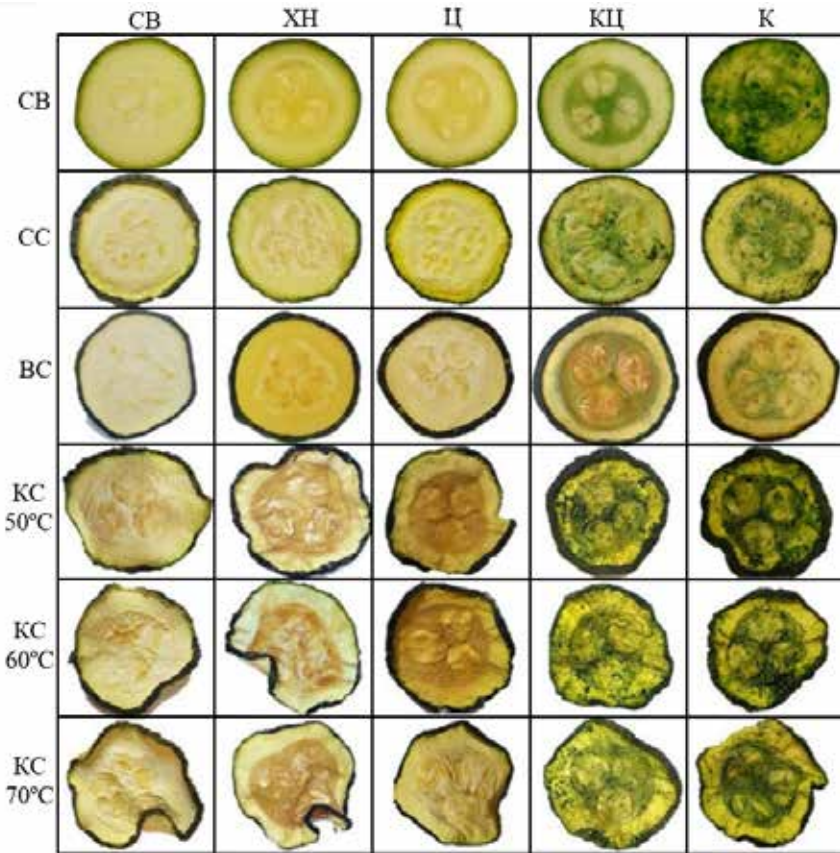


Рис. 3.23 – Зразки кабачкових чипсів, що отримані за різних способів попереднього оброблення та сушіння (Kręcisz et al., 2021):

СВ – свіжі кабачки; СС – сублімаційне сушіння; ВС – вакуумне сушіння;

КС – конвективне сушіння за різних температур;

ХН – витримування в 3% розчині хлориду натрію (NaCl);

К – витримування в свіжому соку листової капусти (кале) + 3% NaCl;

Ц – витримування в свіжому соку цибулі + 3% NaCl; КЦ – витримування в свіжому соку з капусти (кале) та цибулі (50:50) + 2% NaCl

із сировини, тоді як витримування скибочок в соку цибулі та листової капусти спричиняє суттєве підвищення вмісту окремих біоактивних сполук, що містяться в овочах, з яких виготовляється сік (Kręcisz *et al.*, 2021).

У випадку витримування скибочок кабачка у водно-сольовому розчині вміст хлорофілу у них зменшується на 33% порівняно зі свіжими кабачками. Внаслідок витримування скибочок кабачка у соку цибулі вміст хлорофілу зменшується на 12%, тоді як після витримування у соку листової капусти та цибулі вміст хлорофілу зростає на 41%, а у соку листової капусти – зростає на 52% (Kręcisz *et al.*, 2021).

Внаслідок витримування скибочок кабачка у водному розчині солі та соку цибулі спостерігається зменшення вмісту каротиноїдів, відповідно, на 6,5% і 3,5%. У випадку використання соку капусти з соком цибулі та без нього спостерігається збільшення вмісту каротиноїдів на 10–17% (Kręcisz *et al.*, 2021).

Таблиця 3.36 – Показники кольору кабачкових чипсів залежно від способу оброблення та сушіння (Kręcisz *et al.*, 2021)

Спосіб сушіння	Спосіб оброблення	Показники кольору кабачкових чипсів			
		L^*	a^*	b^*	ΔE
1	2	3	4	5	6
КС 50°C	–	87,57 ± 0,82	-3,28 ± 0,11	30,87 ± 0,67	–
	СВ	84,94 ± 0,71	-4,76 ± 0,05	36,95 ± 0,51	6,79
	ХН	77,52 ± 0,82	-2,92 ± 0,04	43,95 ± 0,46	16,50
	Ц	60,53 ± 0,57	-2,69 ± 0,05	38,33 ± 1,01	28,60
	К	52,48 ± 0,48	-15,05 ± 0,32	41,57 ± 0,68	38,53
КС 60°C	КСЦ	62,07 ± 0,70	-12,01 ± 0,31	42,88 ± 0,52	29,51
	СВ	83,24 ± 1,30	-3,80 ± 0,08	34,74 ± 0,68	5,83
	ХН	67,61 ± 0,47	-2,83 ± 0,05	38,01 ± 1,01	21,20
	Ц	60,19 ± 0,36	-2,32 ± 0,04	36,45 ± 0,33	28,02
	К	48,57 ± 0,64	-13,31 ± 0,60	39,09 ± 0,67	41,10
	КСЦ	60,79 ± 1,03	-10,55 ± 0,49	40,89 ± 0,74	29,50

Продовження таблиці 3.36

1	2	3	4	5	6
КС 70°C	СВ	77,47 ± 0,69	-3,14 ± 0,06	31,69 ± 0,48	10,13
	ХН	61,77 ± 0,59	-2,35 ± 0,03	35,90 ± 0,24	26,30
	Ц	59,37 ± 1,09	-1,25 ± 0,03	34,16 ± 0,67	28,46
	К	42,42 ± 1,45	-11,47 ± 0,52	31,89 ± 0,53	45,90
	КЦ	55,51 ± 1,20	-8,65 ± 0,47	38,12 ± 0,42	33,31
ВС	СВ	75,89 ± 0,53	-1,58 ± 0,14	24,56 ± 0,82	13,38
	ХН	71,35 ± 1,00	1,36 ± 0,09	30,68 ± 0,40	13,87
	Ц	81,30 ± 0,50	-1,34 ± 0,06	32,42 ± 0,40	6,74
	К	71,37 ± 2,51	-6,61 ± 0,25	39,08 ± 0,70	18,46
	КЦ	76,95 ± 1,08	-3,55 ± 0,08	37,64 ± 0,64	12,60
СС	СВ	80,83 ± 1,06	-4,45 ± 0,28	33,40 ± 1,60	7,29
	ХН	85,73 ± 0,82	-4,70 ± 0,05	32,47 ± 0,74	2,82
	Ц	75,85 ± 0,70	-3,63 ± 0,04	34,44 ± 0,54	12,26
	К	59,01 ± 1,60	-13,01 ± 0,38	40,32 ± 1,38	31,62
	КЦ	65,32 ± 4,60	-9,85 ± 0,44	38,92 ± 0,59	24,56

Таблиця 3.37 – Вміст сухих речовин та активність води у кабачкових чипсах (Kręcisz et al., 2021)

Спосіб сушіння	Спосіб оброблення	Вміст сухих речовин, %	Активність води а _w в чипсах
1	2	3	4
КС 50°C	СВ	84,92 ± 0,72	0,670 ± 0,037
	ХН	80,37 ± 0,32	0,499 ± 0,008
	Ц	75,49 ± 0,33	0,654 ± 0,039
	К	81,53 ± 0,89	0,644 ± 0,030
	КЦ	80,86 ± 0,61	0,556 ± 0,024
КС 60°C	СВ	90,92 ± 0,59	0,349 ± 0,007
	ХН	94,76 ± 0,80	0,355 ± 0,010

Продовження таблиці 3.37

1	2	3	4	
КС 70 °С	Ц	91,84 ± 0,28	0,402 ± 0,006	
	К	90,50 ± 0,90	0,425 ± 0,005	
	КЦ	93,56 ± 0,37	0,369 ± 0,006	
	СВ	91,68 ± 0,35	0,276 ± 0,006	
	ХН	96,76 ± 0,11	0,297 ± 0,006	
	Ц	92,82 ± 0,18	0,335 ± 0,013	
	К	94,38 ± 0,31	0,303 ± 0,008	
	КЦ	96,10 ± 0,20	0,330 ± 0,016	
	ВС	СВ	94,65 ± 0,12	0,318 ± 0,006
		ХН	95,23 ± 0,04	0,340 ± 0,009
Ц		96,46 ± 0,16	0,348 ± 0,013	
К		96,10 ± 0,05	0,317 ± 0,003	
КЦ		96,33 ± 0,01	0,375 ± 0,002	
СС	СВ	97,08 ± 0,00	0,218 ± 0,006	
	ХН	95,57 ± 0,17	0,255 ± 0,044	
	Ц	98,12 ± 0,11	0,222 ± 0,004	
	К	97,68 ± 0,07	0,239 ± 0,003	
	КЦ	98,47 ± 0,18	0,255 ± 0,009	

Таблиця 3.38 – Біоактивні компоненти в кабачкових чипсах (Krećisz *et al.*, 2021)

Спосіб сушіння	Спосіб оброблення	Біоактивні компоненти, мкг/г СР		
		Каротиноїди	Хлорофіли	Лютеїн та зеаксантин
1	2	3	4	5
-	СВ	298,87 ± 16,01	59,21 ± 4,61	184,91 ± 8,26
	ХН	279,44 ± 9,48	39,02 ± 5,76	166,42 ± 9,11
	Ц	290,99 ± 18,33	52,07 ± 5,25	188,00 ± 10,87

Розділ 3. Фруктові та овочеві чипси

Продовження таблиці 3.38

1	2	3	4	5
КС 50°C	К	349,49 ± 3,51	89,83 ± 7,24	218,44 ± 16,23
	КЦ	329,99 ± 16,95	83,27 ± 7,74	203,11 ± 10,00
	СВ	28,36 ± 6,11	11,30 ± 3,36	12,54 ± 0,74
	ХН	103,73 ± 12,74	25,81 ± 3,64	52,60 ± 12,32
	Ц	110,80 ± 20,61	15,49 ± 2,70	53,49 ± 5,50
	К	140,19 ± 25,14	63,49 ± 12,23	115,54 ± 20,18
КС 60°C	КЦ	97,65 ± 11,76	27,24 ± 2,77	90,20 ± 9,66
	СВ	194,96 ± 34,52	29,56 ± 5,86	165,32 ± 18,86
	ХН	132,61 ± 12,61	18,24 ± 1,77	100,80 ± 6,94
	Ц	124,38 ± 28,91	26,55 ± 4,65	135,06 ± 15,60
	К	346,85 ± 7,65	85,96 ± 18,97	201,82 ± 25,56
	КЦ	184,00 ± 16,46	31,68 ± 3,86	123,95 ± 5,64
КС 70°C	СВ	186,76 ± 36,73	28,51 ± 6,31	125,49 ± 17,90
	ХН	214,09 ± 14,23	30,72 ± 2,91	157,58 ± 6,28
	Ц	152,83 ± 20,46	21,88 ± 3,29	135,31 ± 3,86
	К	289,35 ± 27,42	67,34 ± 11,59	216,42 ± 25,14
	КЦ	157,17 ± 4,05	24,12 ± 0,57	129,17 ± 2,93
	СВ	174,10 ± 13,63	25,84 ± 3,05	138,26 ± 5,81
ВС	ХН	134,15 ± 13,54	29,93 ± 3,97	105,63 ± 14,12
	Ц	151,82 ± 6,11	23,81 ± 0,36	116,69 ± 6,23
	К	161,99 ± 21,90	33,18 ± 2,35	140,61 ± 22,64
	КЦ	266,71 ± 28,81	52,27 ± 6,86	177,99 ± 22,67
	СВ	266,55 ± 48,67	53,84 ± 9,97	180,94 ± 18,50
	ХН	158,66 ± 45,13	34,46 ± 11,12	134,63 ± 39,24
СС	Ц	276,04 ± 43,72	50,43 ± 12,00	162,69 ± 6,32
	К	267,38 ± 12,86	75,34 ± 4,69	185,89 ± 6,39
	КЦ	248,78 ± 18,48	48,53 ± 3,76	161,32 ± 12,68

Витримування у водно-сольовому розчині спричиняє вимивання до 10% лютеїну та зеаксантину, тоді як використання овочевих соків сприяє підвищенню їх вмісту на 2–18% (Krećisz *et al.*, 2021).

Досліджені способи сушіння спричиняють зменшення вмісту біоактивних сполук у кабачкових чипсах. Однак у випадку оброблення скибочок кабачка у соку листової капусти перед конвективним та сублимаційним сушінням спостерігається підвищення вмісту хлорофілів порівняно з їх вмістом у свіжих кабачках. Використання соку кале для оброблення скибочок кабачка перед конвективним (60–70°C) й сублимаційним сушінням також зумовлює зростання вмісту лютеїну та зеаксантину у чипсах порівняно з сировиною. Отже, конвективне сушіння за температури 50°C є найменш сприятливим способом сушіння скибочок кабачка, тоді як сублимаційне та конвективне сушіння за температури 70°C є найбільш сприятливими способами сушіння (Krećisz *et al.*, 2021).

У науковій праці (Ergün, 2022) досліджено вплив попереднього оброблення скибочок кабачка товщиною 3 мм із використанням методів електроплазмолізу (40 В, 60 с) та ультразвукового бланшування (35 кГц, 80°C, 2 хв) на тривалість конвективного (температура та швидкість сушильного агента, відповідно, 70°C та 1,5 м/с) та сублимаційного сушіння (спочатку – заморожування скибочок за температури -40°C упродовж 2 год, далі – сублимаційне сушіння у вакуумі 13,33 Па за температури -48°C), текстуру та колір чипсів. На **рис. 3.24** подано залежності вологості скибочок кабачка від тривалості сушіння та використаних способів їх попереднього оброблення.

Встановлено, що застосування електроплазмолізу та ультразвуку дозволяє скоротити тривалість конвективного сушіння скибочок кабачка порівняно з тривалістю сушіння скибочок, що бланшувалися у традиційний спосіб. Комбінування методів попереднього оброблення дозволяє скоротити тривалість сушіння до 36% та отримати кабачкові чипси із хорошими органолептичними властивостями (Ergün, 2022). Також встановлено, що попереднє оброблення скибочок з використанням електроплазмолізу та ультразвуку дозволяє скоротити тривалість сублимаційного сушіння до 6 год, тоді як для бланшованих у традиційний спосіб скибочок кабачка тривалість сублимаційного сушіння сягає 10 год (Ergün, 2022).

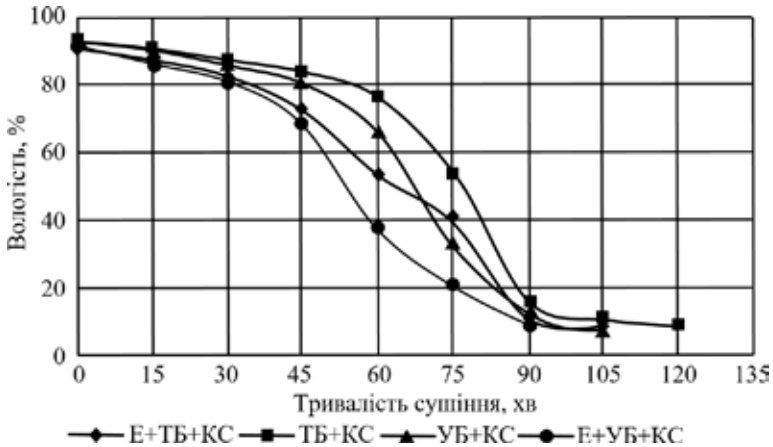


Рисунок 3.24 – Зміна вологості скибочок кабачка залежно від тривалості конвективного сушіння та попереднього оброблення (Ergün, 2022):

Е – електроплазмоліз; *ТБ* – традиційне бланшування (80 °С, 3 хв);

КС – конвективне сушіння; *УБ* – ультразвукове бланшування

Фізико-хімічні показники кабачкових чипсів, що виготовлені за різних способів попереднього оброблення та сушіння скибочок, подані в **таблиці 3.39**, а показники кольору – в **таблиці 3.40**. Вологість (8,11–8,90%) та активність води (0,32–0,38) кабачкових чипсів, оброблених й сушених у різний спосіб, суттєво не відрізняється. Найменша сила руйнування необхідна для кабачкових чипсів сублімаційного сушіння з попереднім обробленням шляхом традиційного бланшування. Синергічний ефект застосування електроплазмолізу та ультразвуку сприяє зменшенню потемніння чипсів (для обчислення показників кольору чипси, виготовлені шляхом традиційного бланшування та конвективного сушіння, приймали за контрольний варіант).

Результати дослідження періодичного мікрохвильового сушіння скибочок кабачка у вакуумі (450 Вт) за різної температури (40–60 °С), тиску (20–60 кПа) та часу експозиції (20–3, 30–4,5 та 40–6 с-хв) представлені у науковій праці (Chaujan et al., 2017). Встановлено, що підвищення температури сушіння та часу витримки разом зі зниженням абсолютного тиску

Таблиця 3.39 – Фізико-хімічні показники кабачкових чипсів залежно від способу попереднього оброблення та сушіння (Ergün, 2022)

Спосіб попереднього оброблення та сушіння	Показники кабачкових чипсів		
	Вологість, %	Активність води a_w	Сила руйнування, Н
ТБ + КС	8,59 ± 0,05	0,35 ± 0,01	4656,46 ± 330,160
ТБ + СС	8,79 ± 0,50	0,38 ± 0,05	2687,37 ± 232,240
УБ + КС	8,62 ± 0,55	0,34 ± 0,01	2896,79 ± 220,120
УБ + СС	8,42 ± 0,40	0,32 ± 0,03	2745,33 ± 189,140
Е + ТБ + КС	8,67 ± 0,50	0,36 ± 0,03	2800,70 ± 165,150
Е + ТБ + СС	8,11 ± 0,33	0,36 ± 0,08	4331,05 ± 140,150
Е + УБ + КС	8,90 ± 0,48	0,34 ± 0,02	5951,75 ± 136,240
Е + УБ + СС	8,31 ± 0,25	0,35 ± 0,01	3965,00 ± 140,154

Примітка: ТБ – традиційне бланшування; Е – електроплазмоліз; УБ – ультразвукове бланшування; КС – конвективне сушіння; СС – сублімаційне сушіння.

Таблиця 3.40 – Фізико-хімічні показники кабачкових чипсів залежно від способу попереднього оброблення та сушіння (Ergün, 2022)

Спосіб попереднього оброблення та сушіння	Показники кольору кабачкових чипсів			
	L^*	a^*	b^*	ΔE
ТБ + КС	59,51 ± 0,01	-4,51 ± 0,01	25,70 ± 0,01	-
ТБ + СС	77,19 ± 0,02	-6,12 ± 0,06	31,82 ± 0,06	18,00 ± 0,02
УБ + КС	64,18 ± 0,01	-4,62 ± 0,02	37,95 ± 0,50	4,76 ± 0,05
УБ + СС	86,04 ± 0,03	-5,96 ± 0,01	37,02 ± 0,01	28,68 ± 0,01
Е + ТБ + КС	61,17 ± 0,04	-0,38 ± 0,03	38,01 ± 0,40	4,55 ± 0,03
Е + ТБ + СС	81,48 ± 0,04	-6,85 ± 0,04	37,79 ± 0,20	22,74 ± 0,10
Е + УБ + КС	64,28 ± 0,02	-4,10 ± 0,02	38,85 ± 0,02	5,12 ± 0,01
Е + УБ + СС	74,97 ± 0,01	-9,31 ± 0,05	45,34 ± 0,01	18,34 ± 0,00

Примітка: ТБ – традиційне бланшування; Е – електроплазмоліз; УБ – ультразвукове бланшування; КС – конвективне сушіння; СС – сублімаційне сушіння.

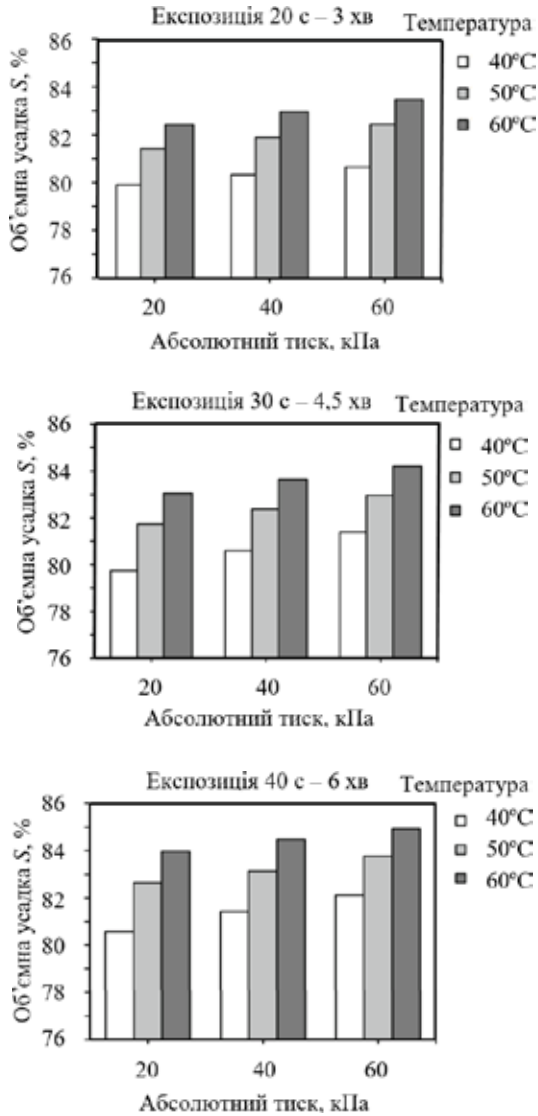


Рисунок 3.25 – Вплив режимів періодичного мікрохвильового сушіння у вакуумі на об'ємну усадку S кабачкових чипсів (Chayjan et al., 2017) об'ємна усадка обчислювалася за виразом (2.4))

хоча і зумовлює скорочення тривалості сушіння, однак негативно впливає на колір та текстуру чипсів. Значення показника кольору кабачкових чипсів ΔE коливалися в межах 15,53–17,13%. Найнижче значення $\Delta E = 15,53\%$ спостерігалось за температури сушіння 40°C, абсолютного тиску 20 кПа та часу експозиції 20 с – 3 хв, а найвище $\Delta E = 17,13\%$ – за температури 60°C, абсолютного тиску 60 кПа та часу експозиції 40 с – 6 хв (Chayjan et al., 2017). Отже, тривалий вплив високої температури та нижчого вакуумного тиску викликає значні зміни кольору чипсів порівняно з сировиною.

Зменшення вологості скибочок кабачків під час сушіння спричиняє їх деформування та усадку (див. **рис. 3.25**), а також утворення внутрішніх пор, затвердіння та розтріскування. Найменше значення об'ємної усадки $S = 79,91\%$ кабачкових чипсів спостерігалось за температури 40°C, тиску 20 кПа та експозиції 20 с – 3 хв, а найбільше $S = 84,92\%$ – за температури 60°C, тиску 60 кПа та експозиції 40 с – 6 хв (Chayjan et al., 2017).

Хімічний склад сушених кабачкових чипсів, за даними виробника FRUTEX (на 100 г чипсів): білки – 0,6 г; жири – 0,3 г; вуглеводи – 19,6 г. Калорійність кабачкових чипсів, за даними виробника FRUTEX, – 84 ккал/100 г.

Розділ 4

ЗЕРНОВІ ЧИПСИ



4.1 СИРОВИНА ДЛЯ ЗЕРНОВИХ ЧИПСІВ

Поміж зернових чипсів найбільш популярними є кукурудзяні чипси, зокрема чипси тортілья, основною сировиною для яких є зерно кукурудзи (Saldívar, 2016). Кукурудза (*Zea mays L.*) є однією з найбільш поширених зернових культур у світі. Зерно кукурудзи є найбільшим поміж злакових культур із середньою масою 300 мг. Воно може значно відрізнятися за кольором від білого до жовтого, оранжевого, червоного, фіолетового або коричневого. Відмінності у формі та розмірі зернівок кукурудзи залежать від сортових особливостей та позиції, яку вони займають у качані (Arendt & Zannini, 2013). Будова зернівки кукурудзи зображена на **рис. 4.1**, вона містить три основні частини (Eckhoff & Paulsen, 1996): перикарпій, ендосперм (борошнистий та склоподібний) та зародок. Хімічний склад зернівки кукурудзи подано в **таблиці 4.1**, а її частин – у **таблиці 4.2**. У зерні кукурудзи 61–78% крохмалю, який міститься переважно в ендоспермі. Білків у зерні кукурудзи 6–12%, а жирів – 3,1–5,7%. Амінокислотний склад зерна кукурудзи подано в **таблиці 4.3**. Вміст мінеральних речовин та вітамінів у зерні кукурудзи подано в **таблиці 4.4**. Кукурудза багата на вітаміни групи В (тіамін, рибофлавін, ніацин, фолієву кислоту, пантотенову кислоту) та мінеральні речовини (кальцій, магній, фосфор, залізо). Зернівки кукурудзи містять каротиноїди (0,5–4,0 мг/100 г), які надають їм жовтого кольору.

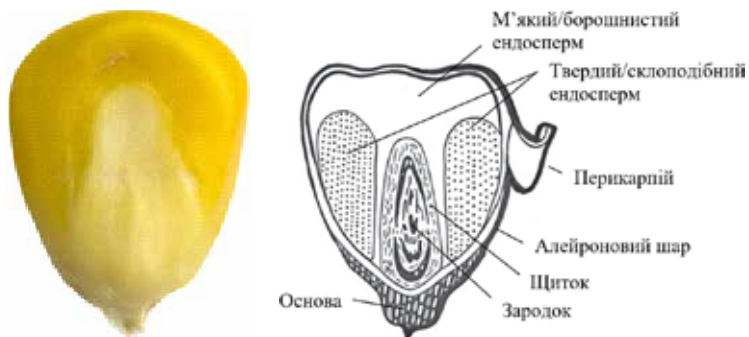


Рисунок 4.1 – Зернівка кукурудзи та її будова (Arendt & Zannini, 2013)

Таблиця 4.1 – Хімічний склад зерна кукурудзи (на 100 г) (Arendt & Zannini, 2013)

Нутрієнти	Значення	Нутрієнти	Значення
Вода, г	7–23	Клітковина, г	8,3–11,9
Крохмаль, г	61–78	Пентозани, г	5,8–6,6
Білки, г	6–12	Целюлоза + лігнін, г	3,3–4,3
Жири, г	3,1–5,7	Цукри, г	1,0–3,0
Зола, г	1,1–3,9	Каротиноїди, мг	0,5–4,0

Таблиця 4.2 – Хімічний склад частин зернівки кукурудзи (% СР) (Eckhoff & Paulsen, 1996)

Показник	Вміст у частині зернівки кукурудзи, % СР			
	ендосперм	зародок	перикарпій	основа
Відсоток від маси усієї зернівки	80,3–83,5	10,5–13,1	4,4–6,2	0,8–1,1
Крохмаль	83,9–88,9	5,1–10,0	3,5–10,4	5,3
Білки	6,7–11,0	17,3–20,0	2,9–3,9	9,1–11,0
Жири	0,7–1,1	31,0–39,0	0,7–1,2	3,7–3,8
Зола	0,2–0,5	9,4–11,3	0,3–1,0	1,4–2,0
Цукри	0,5–0,8	10–12,5	0,2–0,5	1,6

Таблиця 4.3 – Амінокислотний склад зерна кукурудзи (г/100 г СР) (Arendt & Zannini, 2013)

Амінокислота	Значення	Амінокислота	Значення
Лізин	0,23–0,34	Сірковмісні амінокислоти	0,35–0,50
Треонін	0,27–0,37	Ізолейцин	0,25–0,36
Метіонін	0,14–0,23	Аргінін	0,36–0,54
Валін	0,33–0,45	Триптофан	0,05–0,08

Таблиця 4.4 – Вміст мінеральних речовин та вітамінів у зерні кукурудзи (Gwirtz & Garcia-Casal, 2013)

Амінокислота	Значення	Амінокислота	Значення
Мінеральні речовини (на 100 г)		Манган Mn, мг	0,49
Кальцій Ca, мг	7,0	Селен Se, мкг	15,5
Залізо Fe, мг	2,71	Вітаміни (на 100 г)	
Магній Mg, мг	127,0	Пантотенова кислота, мг	0,42
Фосфор P, мг	210,0	Тіамін, мг	0,39
Калій K, мг	287,0	Рибофлавін, мг	0,20
Натрій Na, мг	35,0	Ніацин, мг	3,63
Цинк Zn, мг	2,21	Вітамін B6, мг	0,62
Мідь Cu, мг	0,31	Фолієва кислота, мкг	19,0

4.2 ТЕХНОЛОГІЯ ЧИПСІВ ІЗ КУКУРУДЗИ

Для виготовлення кукурудзяних чипсів, зокрема чипсів тортилья (англ. *Tortilla chip*), використовують нікстамалізоване м'яке вологе тісто, яке має назву «маса» (Matiacevich et al., 2011). Нікстамалізація – це процес приготування зерна кукурудзи, що передбачає варіння зерна у лужному розчині, зазвичай, у вапняній воді, промивання та подрібнення. Для приготування «маси» кукурудзу варять до 3 год у воді (співвідношення кукурудза : вода

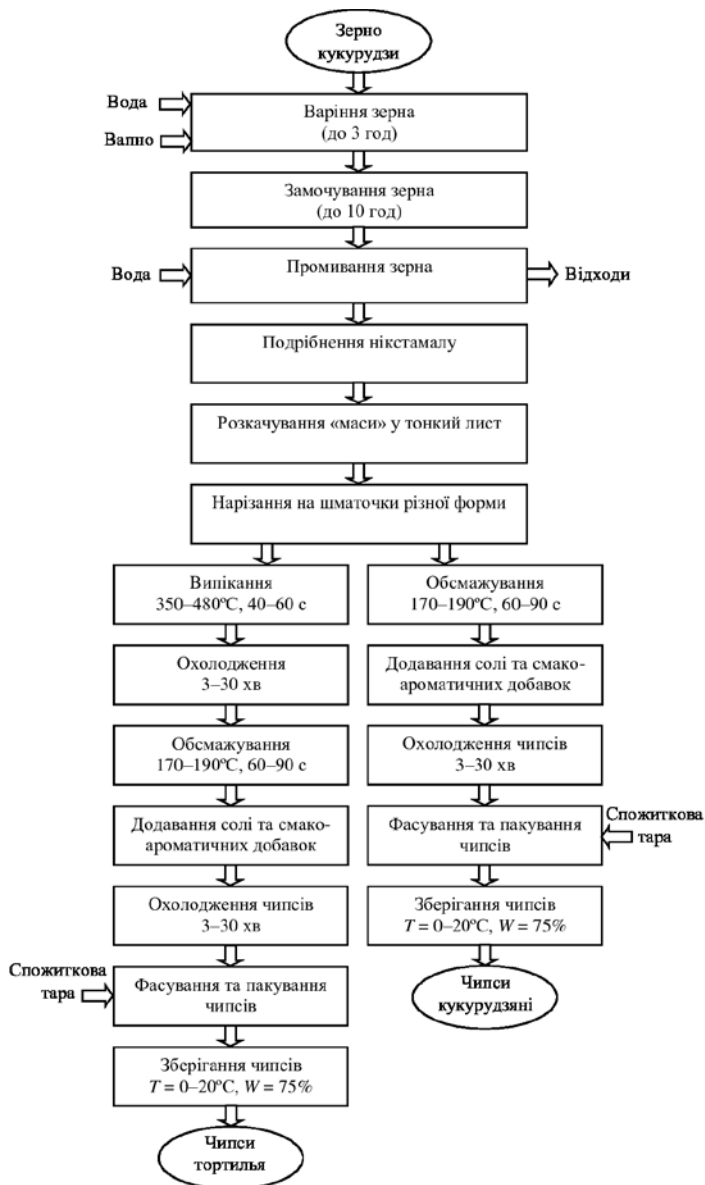


Рисунок 4.2 – Технологія кукурудзяних чипсів та чипсів тортілья (Riaz, 2004)

1:1,2–3,0), що містить 0,1–2,0% гашеного вапна (Riaz, 2004). Варену кукурудзу (нікстамал) витримують замоченою до 10 год та промивають у воді, щоб змити вапно та відокремлений перикарпій (захисну оболонку). Етапи варіння та замочування сприяють гідратації та розм'якшенню ендосперму, що спричиняє часткову желатинізацію крохмалю та розчинення перикарпію. Промитий нікстамал подрібнюють до помірно дрібної консистенції (Eckhoff & Paulsen, 1996).

Чипси тортілья виготовляють з «маси» грубого помелу, яку розкачують у тонкий лист та нарізають на шматочки, зазвичай, трикутної форми, після чого випікають, обсмажують й додають сіль, ароматизатори та/або спеції (рис. 4.2). Напівфабрикати чипсів випікають за температури 350–480 °C протягом 40–60 с. Запечені напівфабрикати охолоджують упродовж 3–30 хв та обсмажують в олії протягом 60–90 с.

Під час обсмажування чипсів проходить подальша клейстеризація крохмалю та утворення жовтої скоринки та характерного аромату внаслідок реакцій Майяра. Після обсмажування гарячі чипси солять та додають спеції. Готові чипси тортілья охолоджують та відразу упаковують у вологостійкі пакети, щоб уникнути втрати хрусткості (Saldivar, 2016). За подібною технологією також виготовляють кукурудзяні чипси, але без стадії випікання (рис. 4.2).

4.3 ХАРАКТЕРИСТИКА ЧИПСІВ ІЗ КУКУРУДЗИ ТА ВПЛИВ РЕЖИМІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА НА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ

Продукти з кукурудзи є джерелом енергії, білків, харчових волокон і кальцію. Однак під час перероблення зерна кукурудзи на чипси (рис. 4.3) відбуваються втрати поживних речовин. Зокрема, чипси тортілья містять менше харчових волокон (12,4 г/100 г), ніж зернівки кукурудзи (Serna-Saldivar, 2015). Це спричинено втратою перикарпію та зародкових тканин під час нікстамалізації. Однак вміст вуглеводів (крохмалю), білків та мінеральних речовин залишається високим (таблиця 4.5). Кукурудзяні чипси є джерелом фосфору та кальцію, але вміст заліза й цинку у них низький та їх біодоступність обмежена через наявність фітинової кислоти. Кукурудзяні чипси містять значну кількість деяких вітамінів групи В, незважаючи на втрати,

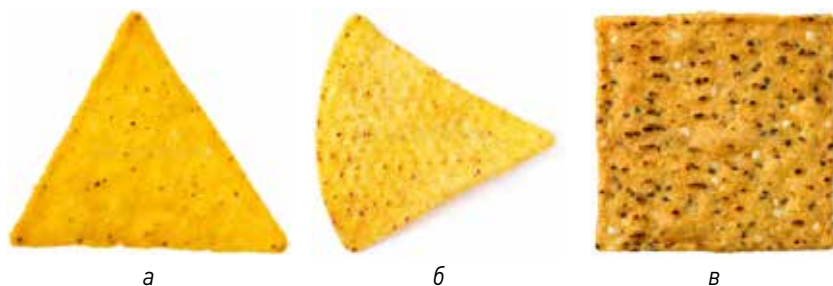


Рисунок 4.3 – Чипси тортилья різної форми:
а – трикутної; б – секторної; в – квадратної

Таблиця 4.5 – Хімічний склад та калорійність чипсів тортилья (^aNuss & Tanumihardjo, 2010; ^bSuri & Tanumihardjo, 2016)

Нутрієнти, показник	Вміст у 100 г	Нутрієнти, показник	Вміст у 100 г
Вода, %	2,3 ^a	Манган Mn, мг	0,357 ^b
Білки, г	7,2 ^a	Калій K, мг	206,0 ^b
Жири, г	21,6 ^a	Селен Se, мг	8,4 ^b
Вуглеводи, г	67,3 ^a	Натрій Na, мг	310,0 ^b
Харчові волокна, г	4,7 ^a	Тіамін, мг	0,13 ^b
Зола, г	1,7 ^a	Рибофлавін, мг	0,04 ^b
Кальцій Ca, мг	104,0 ^b	Ніацин, мг	1,50 ^b
Фосфор P, мг	234,0 ^b	Вітамін B5, мг	0,41 ^b
Залізо Fe, мг	1,32 ^b	Вітамін B6, мг	0,20 ^b
Цинк Zn, мг	1,46 ^b	Вітамін B9, мкг	22,0 ^b
Мідь Cu, мг	0,105 ^b	Вітамін E, мг	2,97 ^b
Магній Mg, мг	84,0 ^b	Вітамін K, мкг	0,6 ^b
Калорійність 100 г, ккал	492,0 ^a	Вітамін A, мкг-екв ретинолу	8,0 ^b

які відбуваються під час нікстамалізації (Serna-Saldivar, 2015). У науковій праці (De la Parra et al., 2007) досліджено фітохімічні профілі (загальний вміст фенолів, антоціанів, ферулової кислоти, каротиноїдів) п'яти видів кукурудзи (білої, жовтої, з високим вмістом каротиноїдів, синьої та червоної), а також продуктів з неї, зокрема «маси» та чипсів тортилья (режим приготування: випікання протягом 60 с за температури 280 °С; охолодження 30 хв; обсмажування 60 с за температури 175 °С; охолодження 20 хв) (таблиці 4.6–4.8).

Загальний вміст фенолів у зерні кукурудзи коливається в межах 243,8–320,1 мг-екв ГК/100 г СР, в «масі» – 125,3–198,3 мг-екв ГК/100 г СР, у чипсах тортилья – 111,7–155,0 мг-екв ГК/100 г СР (De la Parra et al., 2007). Отже, у продуктах із кукурудзи вміст фенолів менший, ніж у зерні кукурудзи. Найбільшу кількість фенолів (320,1 ± 7,6 мг-екв ГК/100 г СР) виявлено у зерні кукурудзи з високим вмістом каротиноїдів, тоді як зерно білої (260,7 ± 6,1 мг-екв ГК/100 г СР) та червоної (243,8 ± 4,6 мг-екв ГК/100 г СР) кукурудзи має найменший вміст фенолів (таблиця 4.6). Найменший вміст фенолів у чипсах із червоної кукурудзи (111,7 ± 1,9 мг-екв ГК/100 г СР), а найбільший – у чипсах із зерна кукурудзи з високим вмістом каротиноїдів (155,0 ± 1,9 мг-екв ГК/100 г СР). Внаслідок перероблення зерна кукурудзи спостерігається більш значне зменшення вмісту зв'язаних фенолів порівняно із вільними.

Вміст ферулової кислоти у зерні кукурудзи коливається в межах 102968–153012 мкг/100 г СР, причому найбільший вміст кислоти у зерні кукурудзи з високим вмістом каротиноїдів (таблиця 4.7). У «масі» вміст ферулової кислоти коливається в межах 42229–77870 мкг/100 г СР, а в чипсах тортилья – в межах 60702–106608 мкг/100 г СР (De la Parra et al., 2007). Найменший вміст ферулової кислоти в чипсах із білої кукурудзи.

Вміст антоціанів у продуктах із зерна кукурудзи значно менший, ніж у зерні (таблиця 4.7). У зерні вміст антоціанів коливається в широких межах залежно від виду кукурудзи: синя – 36,87 ± 0,71 мг-екв ЦГ/100 г СР; червона – 9,75 ± 0,44 мг-екв ЦГ/100 г СР; з високим вмістом каротиноїдів – 4,63 ± 0,06 мг-екв ЦГ/100 г СР; біла – 1,33 ± 0,02 мг-екв ЦГ/100 г СР; жовта – 0,57 ± 0,01 мг-екв ЦГ/100 г СР (De la Parra et al., 2007). У «масі» із зерна вміст антоціанів коливається в межах 0,28–2,63 мг-екв ЦГ/100 г СР, а в чипсах тортилья – в межах 0,36–3,29 мг-екв ЦГ/100 г СР (De la Parra et al., 2007).

Таблиця 4.6 – Вміст фенолів у зерні кукурудзи та продуктах з неї (De la Parra et al., 2007)

Вид кукурудзи	Зерно, продукт	Вміст фенолі, мг-екв ГК/100 г СР		
		вільних	зв'язаних	загальний
Біла	зерно	34,7 ± 0,4	226,0 ± 6,3	260,7 ± 6,1
	«маса»	39,1 ± 0,9	126,1 ± 3,1	165,2 ± 4,0
	чипси	46,3 ± 2,7	97,3 ± 3,3	143,6 ± 2,1
Жовта	зерно	43,6 ± 1,8	242,2 ± 13,1	285,8 ± 14,0
	«маса»	41,5 ± 0,6	140,7 ± 2,6	182,2 ± 2,4
	чипси	43,1 ± 0,9	102,1 ± 2,0	145,2 ± 1,2
Червона	зерно	38,2 ± 0,4	205,6 ± 4,5	243,8 ± 4,6
	«маса»	28,0 ± 0,8	97,2 ± 3,6	125,3 ± 2,8
	чипси	26,4 ± 0,8	85,3 ± 1,8	111,7 ± 1,9
Синя	зерно	45,5 ± 0,5	220,7 ± 0,5	266,2 ± 0,7
	«маса»	30,3 ± 1,1	128,2 ± 1,7	158,5 ± 1,2
	чипси	41,4 ± 1,6	95,5 ± 1,1	136,9 ± 1,2
З високим вмістом каротиноїдів	зерно	50,0 ± 2,5	270,1 ± 9,4	320,1 ± 7,6
	«маса»	40,3 ± 1,0	158,0 ± 0,8	198,3 ± 1,4
	чипси	46,4 ± 0,7	108,6 ± 2,2	155,0 ± 1,9

Примітка: ГК – еквівалентна маса галової кислоти; «маса» – нікстамалізоване м'яке вологе тісто.

Таблиця 4.7 – Вміст ферулової кислоти та антоціанів у зерні кукурудзи та продуктах з неї (De la Parra et al., 2007)

Вид кукурудзи	Зерно, продукт	Вміст ферулової	Вміст антоціанів,
		кислоти, мкг/100 г СР	мг-екв ЦГ/100 г СР
1	2	3	4
Біла	зерно	120453	1,33 ± 0,02
	«маса»	42229	0,28 ± 0,01
	чипси	60702	0,51 ± 0,01
Жовта	зерно	102968	0,57 ± 0,01
	«маса»	77870	0,31 ± 0,01
	чипси	90239	0,36 ± 0,01

Продовження таблиці 4.7

1	2	3	4
Червона	зерно	130297	9,75 ± 0,44
	«маса»	49836	2,21 ± 0,07
	чипси	75364	2,41 ± 0,04
Синя	зерно	129985	36,87 ± 0,71
	«маса»	53310	2,63 ± 0,12
	чипси	85652	3,29 ± 0,10
З високим вмістом каротиноїдів	зерно	153012	4,63 ± 0,06
	«маса»	76230	0,56 ± 0,01
	чипси	106608	0,97 ± 0,02

Примітка: ЦГ – еквівалентна маса ціанідин-3-глюкозиду.

Таблиця 4.8 – Вміст каротиноїдів у зерні кукурудзи та продуктах з неї
[De la Parra et al., 2007]

Вид кукурудзи	Зерно, продукт	Вміст каротиноїдів, мкг/100 г СР			
		лютеїн	зеаксантин	β-крипто- ксантин	β-каротин
Біла	зерно	5,73 ± 0,18	6,01 ± 0,06	1,27 ± 0,06	4,92 ± 0,1
	«маса»	8,16 ± 0,15	7,76 ± 0,23	1,48 ± 0,01	нв
	чипси	0,82 ± 0,07	9,80 ± 0,31	0,08 ± 0,00	нв
Жовта	зерно	406,2 ± 4,9	353,2 ± 23,1	19,1 ± 1,2	33,6 ± 1,2
	«маса»	129,2 ± 14,3	132,4 ± 11,3	3,00 ± 0,18	20,7 ± 0,9
	чипси	77,3 ± 7,2	64,9 ± 5,5	0,11 ± 0,01	нв
Червона	зерно	121,7 ± 12,1	111,9 ± 9,2	13,1 ± 1,8	20,2 ± 1,9
	«маса»	42,6 ± 3,2	44,9 ± 3,9	1,42 ± 0,14	7,02 ± 0,91
	чипси	40,9 ± 2,5	30,2 ± 2,1	1,78 ± 0,09	нв
Синя	зерно	5,17 ± 0,49	14,3 ± 1,0	3,41 ± 0,39	23,1 ± 2,1
	«маса»	4,71 ± 0,35	8,71 ± 0,10	1,00 ± 0,06	12,5 ± 1,2
	чипси	4,48 ± 0,28	8,78 ± 0,71	0,96 ± 0,08	нв
З високим вміс- том каротиноїдів	зерно	245,6 ± 9,4	322,3 ± 10,7	23,1 ± 1,0	45,8 ± 3,9
	«маса»	74,9 ± 7,2	112,6 ± 14,4	11,5 ± 1,0	25,9 ± 1,7
	чипси	61,1 ± 3,4	92,5 ± 1,4	4,71 ± 0,20	8,39 ± 0,21

Примітка: нв – не визначено.

Відповідно до даних **таблиці 4.8**, найбільший вміст лютеїну в жовтій кукурудзі $406,2 \pm 4,9$ мкг/100 г СР, а найнижчий – в синій кукурудзі $5,17 \pm 0,49$ мкг/100 г СР. У «масі» та чипсах із зерна жовтої кукурудзи виявлено найбільший вміст лютеїну, відповідно, $129,2 \pm 14,3$ мкг/100 г СР та $77,3 \pm 7,2$ мкг/100 г СР. Найменший вміст лютеїну в «масі» із зерна синьої кукурудзи ($4,71 \pm 0,35$ мкг/100 г СР) та в чипсах із зерна білої кукурудзи ($0,82 \pm 0,07$ мкг/100 г СР) (De la Parra et al., 2007).

Відповідно до даних **таблиці 4.8**, найбільший вміст зеаксантину в зерні жовтої кукурудзи ($353,2 \pm 23,1$ мкг/100 г СР), найменший – в зерні білої кукурудзи ($6,01 \pm 0,06$ мкг/100 г СР). Аналогічна тенденція спостерігається щодо вмісту зеаксантину в «масі», зокрема, в «масі» із жовтої кукурудзи вміст зеаксантину $132,4 \pm 11,3$ мкг/100 г СР, а в «масі» із білої кукурудзи – $7,76 \pm 0,23$ мкг/100 г СР. Найбільший вміст зеаксантину ($92,5 \pm 1,4$ мкг/100 г СР) у чипсах, що виготовлені із зерна кукурудзи з високим вмістом каротиноїдів, а найменший вміст ($8,78 \pm 0,71$ мкг/100 г СР) – у чипсах тортілья, що виготовлені із зерна синьої кукурудзи (De la Parra et al., 2007).

Найбільший вміст β -криптоксантину ($23,1 \pm 1,0$ мкг/100 г СР) виявлено в зерні кукурудзи з високим вмістом каротиноїдів. У продуктах із зерна кукурудзи з високим вмістом каротиноїдів також виявлено найбільший вміст β -криптоксантину: у «масі» – $11,5 \pm 1,0$ мкг/100 г СР; у чипсах тортілья – $4,71 \pm 0,20$ мкг/100 г СР (De la Parra et al., 2007).

Внаслідок варіння зерна кукурудзи відбуваються значні втрати β -каротину. Поміж досліджених у науковій праці (De la Parra et al., 2007) зразків чипсів тортілья лише чипси, що виготовлені із зерна кукурудзи з високим вмістом каротиноїдів, містять β -каротин ($8,39 \pm 0,21$ мкг/100 г СР). Зерно білої кукурудзи містить найменшу кількість β -каротин ($4,92 \pm 0,1$ мкг/100 г СР) (**таблиця 4.8**).

У науковій праці (Salazar et al., 2014) проаналізовано вплив концентрації гідроксиду кальцію (гашеного вапна) $\text{Ca}(\text{OH})_2$, що використовується під час процесу нікстамалізації, на фізико-хімічні властивості нікстамалізованого кукурудзяного борошна (**таблиця 4.9**). Визначено, що зміна концентрації гідроксиду кальцію суттєво не впливає на вміст білків та жирів у борошні. Збільшення концентрації $\text{Ca}(\text{OH})_2$ спричиняє збільшення вмісту золи в борошні. Також додавання $\text{Ca}(\text{OH})_2$ під час нікстамалізації

кукурудзяного зерна збільшує вміст кальцію в нікстамалізованому кукурудзяному борошні порівняно з тим, що є в зерні кукурудзи. Найбільший вміст харчових волокон ($175,8 \pm 2,6$ г/кг) має борошно, що отримане з нікстамалізованої кукурудзи з концентрацією $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0,5 г/100 г. Показник рН нікстамалізованого кукурудзяного борошна коливається в межах 6,39–8,71.

Вплив вмісту кальцію та тривалості обсмажування на вміст акриламід у чипсах тортилья подано на **рис. 4.4**. Встановлено, що незалежно від вмісту кальцію, що більша тривалість обсмажування, то вищий вміст акриламід у чипсах (Salazar et al., 2014).

Таблиця 4.9 – Хімічний склад борошна з нікстамалізованої кукурудзи, що приготовлена за різної концентрації $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Salazar et al., 2014)

Нутрієнти / показники	Вміст нутрієнта за різної концентрації $\text{Ca}(\text{OH})_2$, г/кг			
	0,5 г/100 г	1,0 г/100 г	1,5 г/100 г	2,0 г/100 г
Зола	$15,98 \pm 0,12$	$17,82 \pm 0,11$	$20,09 \pm 0,15$	$21,35 \pm 0,01$
Жири	$41,42 \pm 1,17$	$44,97 \pm 2,34$	$43,67 \pm 2,46$	$43,78 \pm 1,43$
Білки	$84,44 \pm 1,20$	$83,15 \pm 1,44$	$80,86 \pm 3,62$	$83,14 \pm 0,77$
Усього харчових волокон	$175,8 \pm 2,6$	$128,0 \pm 4,1$	$116,0 \pm 1,9$	$122,0 \pm 1,9$
Нерозчинні харчові волокна	$135,59 \pm 1,55$	$97,11 \pm 1,03$	$71,62 \pm 3,85$	$71,92 \pm 6,12$
Розчинні харчові волокна	$40,23 \pm 4,19$	$30,91 \pm 3,10$	$45,03 \pm 2,38$	$50,11 \pm 4,21$
Кальцій	$0,87 \pm 0,01$	$1,55 \pm 0,02$	$2,67 \pm 0,04$	$3,18 \pm 0,03$
рН	$6,39 \pm 0,01$	$7,18 \pm 0,06$	$8,50 \pm 0,05$	$8,71 \pm 0,01$

Текстура є однією з найважливіших характеристик якості чипсів із кукурудзи, оскільки характеризує їх якість для споживачів. Консистенція чипсів тортилья залежить від сировини, умов випікання, пакування та умов зберігання (Kayacier & Singh, 2003).

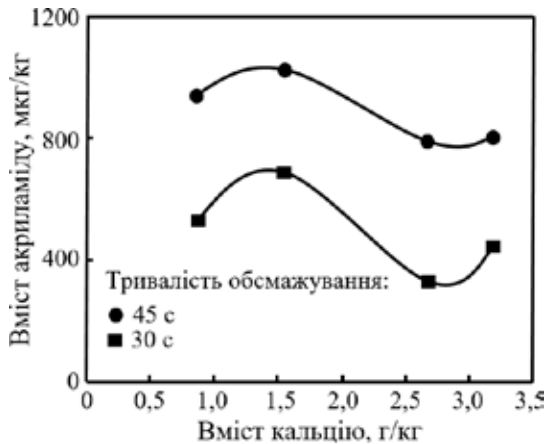
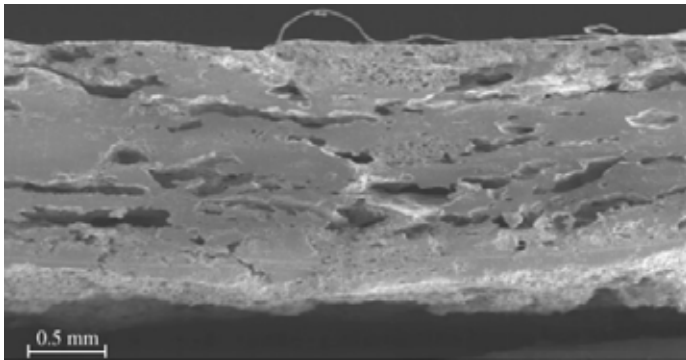


Рисунок 4.4 – Вплив вмісту кальцію та тривалості обсмажування на вміст акриламідів у чипсах тортилья (Salazar et al., 2014)

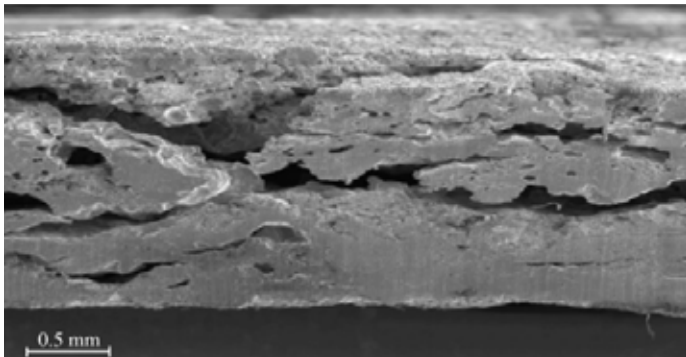
На **рис. 4.5** зображено поперечну структуру чипсів тортилья, що випечені за різних умов. Чипси, випечені за температури 260 °C протягом 3 хв, мають невелику кількість тріщин. Натомість чипси, які випечені за температури 290 °C упродовж 5 хв, мають великі тріщини у структурі (Kaacier & Singh, 2003). Більші тріщини є наслідком швидкого випаровування та дифузії вологи через пори за вищої температури випікання чипсів.

Сила руйнування чипсів тортилья, які випечені за температури 232 °C, та робота, що необхідна для їх руйнування, збільшуються із збільшенням тривалості їх випікання (**рис. 4.6, а**). Сила руйнування чипсів збільшується з 730 Н після 200 с випікання до 1200 Н після 300 с випікання, тоді як робота збільшується з 0,84 Н·м до 1,97 Н·м за той самий проміжок часу (Kaacier & Singh, 2003). Текстурні характеристики чипсів тортилья, що випечені за температур 260 °C, 288 °C та 315 °C, мають іншу тенденцію (**рис. 4.6, б, в, г**). Значення сили руйнування та роботи руйнування чипсів збільшується зі збільшенням тривалості випікання, досягаючи максимального значення, після чого зменшується. Зокрема, сила руйнування чипсів, випечених за температури 260 °C, після 180 с випікання становить 751 Н і досягає максимального значення 1328 Н після 260 с випікання. Після випікання чипсів

протягом 300 с сила руйнування зменшується до 945 Н (рис. 4.6, б). Робота руйнування чипсів після 180 с випікання становить 1,27 Н·м та досягає максимального значення 2,60 Н·м після 260 с випікання, а далі зменшується до 1,75 Н·м після 300 с випікання (рис. 4.6, б). Подібні тенденції характерні і для чипсів, що випечені за температур 288 °С та 315 °С (рис. 4.6, в, г).



а



б

Рисунок 4.5 – Зображення поперечного розрізу чипсів тортілья (Kayacier & Singh, 2003):

а – випікання за температури 260 °С упродовж 3 хв;

б – випікання за температури 290 °С упродовж 5 хв

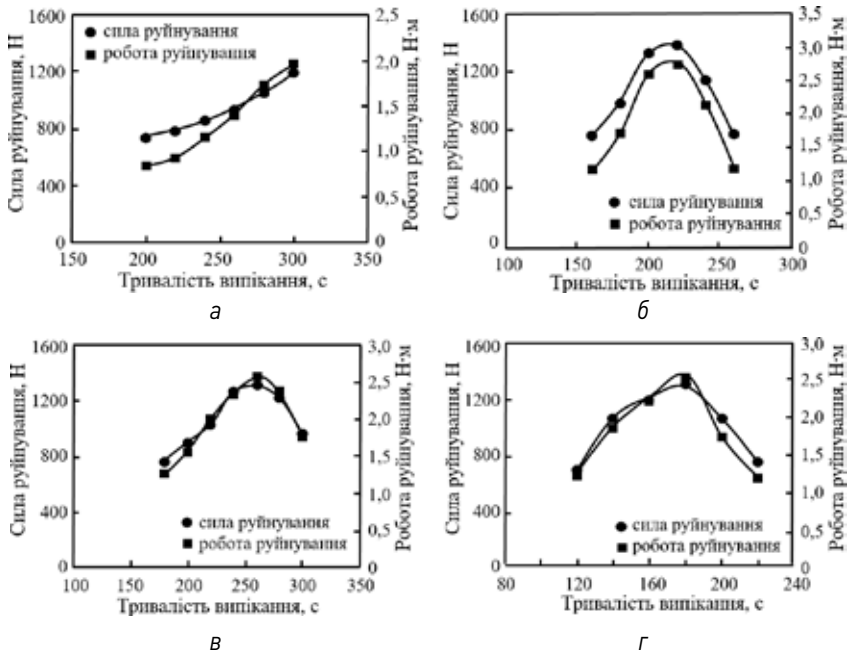


Рисунок 4.6 – Графічні залежності сили та роботи руйнування чипсів від тривалості випікання за різних температур (Kawacier & Singh, 2003): а – 232 °С; б – 260 °С; в – 288 °С; г – 315 °С

Внаслідок обсмажування діаметр чипсів тортилья (початкова вологість 42%, кінцева вологість 2%, вміст олії 23,6%) зменшується на 9%, а їх товщина збільшується на 10% (Kawas & Moreira, 2001). Чипси стають більш пористими внаслідок втрати води під час обсмажування (таблиця 4.10). Об'ємна пористість чипсів збільшується з 0,32 до 0,55. Причому із збільшенням тривалості обсмажування чипсів кількість великих пор збільшується (Kawas & Moreira, 2001). Розподіл розмірів пор у чипсах після випікання та обсмажування подано на **рис. 4.7**.

Випечені чипси тортилья мають більше 50% пор з діаметром 38 мкм та 22% пор з діаметром 63 мкм, а решта – в інтервалі 88–138 мкм. Після 60 с обсмажування більшість пор чипсів мають розмір 88–113 мкм.

Таблиця 4.10 – Густина, об'ємна густина та пористість чипсів тортилья (Kawas & Moreira, 2001)

Тривалість обсмажування, с	Об'ємна густина, кг/м ³	Густина, кг/м ³	Об'ємна пористість
0	880 ± 70	1300 ± 20	0,32 ± 0,01
5	870 ± 70	1270 ± 30	0,30 ± 0,02
10	790 ± 90	1280 ± 20	0,37 ± 0,02
20	650 ± 50	1290 ± 20	0,49 ± 0,02
30	540 ± 70	1310 ± 20	0,58 ± 0,02
40	520 ± 90	1280 ± 10	0,59 ± 0,01
50	540 ± 70	1300 ± 10	0,58 ± 0,03
60	580 ± 60	1300 ± 20	0,55 ± 0,03

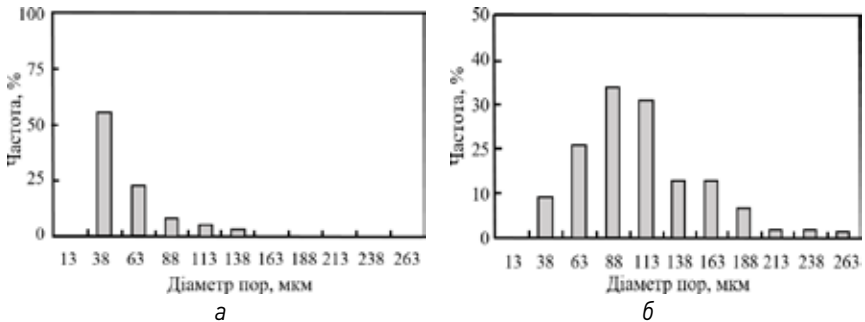


Рисунок 4.7 – Розподіл розмірів пор у чипсах тортилья після випікання (а) та обсмажування упродовж 60 с (б) (Kawas & Moreira, 2001)

Густина чипсів суттєво не змінюється під час обсмажування та коливається в межах 1270–1310 кг/м³. Об'ємна густина чипсів тортилья упродовж обсмажування зменшується з 880 кг/м до 580 кг/м³ (після 60 с обсмажування). Об'ємна густина чипсів тортилья зменшується внаслідок збільшення їх об'єму під час обсмажування (Kawas & Moreira, 2001).

На етапі обсмажування більша частка води, що міститься в чипсах, випаровується протягом перших 15 с процесу з подальшим зменшенням

вмісту води до кінця обсмажування (60 с) (таблиця 4.11). Більша частка олії, від її вмісту в готовому продукті, вбирається чипсами протягом перших 15 с обсмажування (таблиця 4.11) (Moreira et al., 1995).

Таблиця 4.11 – Залежність вмісту води та олії в чипсах тортілья від тривалості обсмажування (Moreira et al., 1995)

Тривалість обсмажування, с	Вологість, %	Вміст олії, %
0	35,6	0,0
5	16,4	20,7
10	11,2	21,7
15	8,1	22,8
20	4,6	23,1
25	3,7	25,3
30	2,8	25,7
45	2,0	26,6
60	1,4	28,9

Обсмажування чипсів тортілья характеризується клейстеризацією крохмалю та утворенням темно-жовтої скоринки. У чипсах тортілья основна частина клейстеризації крохмалю відбувається під час випікання та на ранніх стадіях обсмажування (перші 10–15 с) (Moreira et al., 1995). Показники кольору чипсів тортілья подані в таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Показники кольору чипсів тортілья

Джерело	L^*	a^*	b^*	ΔE
(Serna-Saldivar et al., 1988)	64,6 ± 0,23	0,42 ± 0,03	20,8 ± 0,09	67,9 ± 0,14
(Al-Okbi et al., 2012)	69,33	0,41	19,82	72,10

Розділ 5

БАГАТОШАРОВІ ЧИПСИ



5.1 СИРОВИНА ДЛЯ БАГАТОШАРОВИХ ЧИПСІВ

Для виробництва багатошарових чипсів можуть використовуватися різноманітні овочі та фрукти, зокрема кабачки, морква, яблука, груші тощо. Характеристика фруктово-овочевої сировини подана у попередніх розділах. Як сировина для багатошарових чипсів використовується також насіння льону (льону-довгунця чи льону олійного) (рис. 5.1). Розміри насіння льону коливаються в межах (Yilmaz & Altuntas, 2020): довжина – $4,13 \pm 0,18$ мм; ширина – $2,28 \pm 0,11$ мм; товщина – $0,87 \pm 0,09$ мм. Фізико-механічні параметри насіння льону (Yilmaz & Altuntas, 2020): маса 1000 насінин – $4,97 \pm 0,09$ г; густина – $1256,5 \pm 24,4$ кг/м³; насипна густина – $384,3 \pm 0,01$ кг/м³; об'ємна пористість – $68,53 \pm 6,11$ %. Статичний та динамічний коефіцієнти тертя насіння льону подані в таблиці 5.1.



Рисунок 5.1 – Насіння льону

Таблиця 5.1 – Статичний та динамічний коефіцієнт тертя насіння льону (*Yilmaz & Altuntas, 2020*)

Коефіцієнт тертя	Поверхня тертя			
	фанера	ДСП	гума	сталь
Статичний	0,33 ± 0,02	0,39 ± 0,04	0,66 ± 0,06	0,28 ± 0,03
Динамічний	0,46 ± 0,03	0,51 ± 0,02	0,80 ± 0,06	0,42 ± 0,03

Хімічний склад насіння льону олійного (*Singh et al., 2012*): вода – 6,99 ± 0,24%; білки – 21,76 ± 0,58%; жири – 42,41 ± 1,01%; вуглеводи – 26,11 ± 0,80%; зола – 4,00 ± 0,25%. Склад насіння може змінюватися залежно від особливостей сорту та умов вирощування. Коричневі та жовті сорти насіння льону практично ідентичні за вмістом поживних речовин. Колір оболонки насіння льону залежить від вмісту пігменту (*Ganorkar & Jain, 2013*). Насіння льону багате на поліненасичені жирні кислоти, зокрема альфа-ліноленову кислоту (незамінна ω -3 жирна кислота) та лінолеву кислоту (поліненасичена ω -6 жирна кислота). Альфа-ліноленова та ліолева кислоти становлять, відповідно, 57% та 16,0% від загальної кількості жирних кислот в насінні. Амінокислотний склад насіння льону подано в **таблиці 5.2**. Насіння льону є також джерелом харчових волокон (40 г/100 г), з яких розчинних – 10 г/100 г, а нерозчинних – 30 г/100 г (*Ganorkar & Jain, 2013*).

Таблиця 5.2 – Амінокислотний склад насіння льону (*Singh et al., 2011*)

Амінокислота	Вміст амінокислот у насінні льону, г/100 г білка	
	коричневе насіння	жовте насіння
1	2	3
Аланін	4,5	4,5
Аргінін	9,2	9,4
Аспарагінова кислота	9,3	9,7
Цистин	1,1	1,1
Гліцин	5,8	5,8
Гістидин	2,2	2,3

Продовження таблиці 5.2

1	2	3
Ізолейцин	4,0	4,0
Лейцин	5,8	5,9
Лізин	4,0	3,9
Метіонін	1,5	1,4
Фенілаланін	4,6	4,7
Пролін	3,5	3,5
Серин	4,5	4,6
Треонін	3,6	3,7
Триптофан	1,8	-
Тирозин	2,3	2,3
Валін	4,6	4,7

Хімічний склад подрібненого насіння льону (на 100 г) (Katare et al., 2012): вода – 7,7%; білки – 20 г; жири – 40,7 г; вуглеводи – 29,2 г; харчові волокна – 27,7 г. Калорійність подрібненого насіння льону становить 450 ккал. У подрібненому насінні льону міститься (Katare et al., 2012): розчинних харчових волокон – 5,0–11,3 г/100 г; нерозчинних харчових волокон – 16,3–22,5 г/100 г. Насіння льону містить водо- та жиророзчинні вітаміни, мінеральні речовини, фенольні та жирні кислоти (таблиця 5.3). Насіння льону містить флавоноїди С- та О-глікозиди (Kajla et al., 2014). Отже, насіння льону містить речовини (поліненасичені жирні кислоти сімейства ω -3, розчинні харчові волокна, лігнани, білки та вуглеводи) зі специфічною біологічною активністю та функціональними властивостями. Тому завдяки своєму складу насіння льону є важливим функціональним харчовим інгредієнтом. Споживання лляного насіння дозволяє запобігти багатьом захворюванням, зокрема серцево-судинним, ожирінню та раку (Bernacchia et al., 2014).

Для глазурування чипсів використовують різні види шоколаду. Шоколад – це продукт, який виготовлений із какао-бобів, що багатий флавоноїдами, антиоксидантними сполуками та біологічно активними інгредієнтами, які визначають його корисні й органолептичні властивості. До 70% фенольних сполук, що містяться в сирих какао-бобах, втрачається

Таблиця 5.3 – Хімічний склад насіння льону (^a*Singh et al., 2011*; ^b*Katara et al., 2012*; ^c*Bernacchia et al., 2014*)

Нутрієнти	Вміст	Нутрієнти	Вміст
Вітаміни, мг/100 г		Мінеральні речовини, мг/100 г	
Аскорбінова кислота	0,50 ^b	Кальцій Ca	236,0 ^b
Тіамін	0,53 ^b	Мідь Cu	1,0 ^b
Рибофлавін	0,23 ^b	Залізо Fe	5,0 ^b
Ніацин	3,21 ^b	Магній Mg	431,0 ^b
Піридоксин	0,61 ^b	Манган Mn	3,0 ^b
Пантотенова кислота	0,57 ^b	Фосфор P	622,0 ^b
Фолієва кислота	0,112 ^b	Калій K	831,0 ^b
Біотин	0,006 ^b	Натрій Na	27,0 ^b
α-токоферол	0,88 ^a	Цинк Zn	4,0 ^b
β-токоферол	2,42 ^a	Жирні кислоти, г/100 г	
γ-токоферол	9,2 ^a	α-ліноленова кислота	22,8 ^c
δ-токоферол	0,24 ^a	Лінолева кислота	5,9 ^c
Фенольні кислоти, мг/г знежиреного порошку насіння		Олеїнова кислота	7,3 ^c
Ферулова кислота	10,9 ^c	Стеаринова кислота	1,3 ^c
Хлорогенова кислота	2,8 ^c	Пальмітинова кислота	2,1 ^c
Галова кислота	2,8 ^c		

під час виробництва шоколаду (*Di Mattia et al., 2017*). Щоб мінімізувати ці втрати, до білого, молочного або чорного шоколаду додають різні рослинні екстракти, трави, спеції або сушені фрукти, що багаті фенольними сполуками (*Muhammad et al., 2018*).

Для покращення кольору, смаку та поживної цінності різних харчових продуктів до них як інгредієнти додають рослинні порошки (*Saifullah et al., 2016*; *Dudarev & Kuzmin, 2023*). Запропоновано для глазурування багат шарових чипсів використовувати шоколад з додаванням сублимованих фруктових, овочевих чи ягідних порошків (**рис. 5.2**). Фрукти, овочі та ягоди

є сезонними продуктами, які не можуть зберігати свої властивості протягом року, оскільки містять близько 90% води [Gaudel et al., 2022], що спричиняє їх швидке псування. Одним із способів їх перероблення є сублимаційне сушіння, що забезпечує збереження їхнього оригінального кольору, аромату та смаку, а також фізико-хімічних властивостей [Athmaselvi et al., 2014; Liu et al., 2022]. Отже, отримані в такий спосіб сублимовані рослинні порошки є хорошою альтернативою свіжим фруктам, овочам та ягодам [Harnkarnsujarit & Charoenrein, 2011].



Рисунок 5.2 – Сублимовані рослинні порошки (Demina et al., 2021b):

а – буряковий; б – абрикосовий; в – гарбузовий; г – полуничний;
д – яблучний; е – малиновий; є – морквяний; ж – журавлиний

Додавання до різних видів шоколаду рослинних порошоків дозволяє покращити його органолептичні, функціональні та оздоровчі властивості [Żyżelewicz et al., 2021]. Вміст мінеральних речовин у сублимованих рослинних порошках подано в **таблиці 5.4**, фенольних сполук – у **таблиці 5.5**, а вміст вітамінів, поживна й енергетична цінність порошоків – у **таблиці 5.6**. Для забезпечення необхідних реологічних властивостей шоколадної глазури фракційний склад сипких рецептурних компонентів має бути

в межах 30–75 мкм. Аналіз гранулометричного складу фруктово-овочевих порошків дозволив встановити, що 55,6–64,9% частинок порошків мають рекомендовані розміри 30–75 мкм, 1,6–7,4% частинок мають розмір понад 75 мкм та 27,7–38,7% частинок мають розмір менший ніж 30 мкм (Linovskaya et al., 2019).

Таблиця 5.4 – Вміст мінеральних речовин у сублімованих рослинних порошках (Demina et al., 2021a)

Макро- та мікроелементи	Вміст у 100 г сублімованого рослинного порошку				
	ПП	МП	АП	ЧП	ГП
Калій К, мг	703,6	866,4	1051,5	923,9	1610,7
Кальцій Са, мг	124,3	163,8	174,2	223,3	216,2
Магній Mg, мг	73,1	117,5	156,4	149,3	170,4
Натрій Na, мг	62,7	131,2	132,7	152,2	90,7
Фосфор P, мг	115,7	136,7	174,4	128,6	340,1
Сірка S, мг	9,4	81,6	27,4	15,5	124,4
Залізо Fe, мг	9,9	3,8	8,5	9,7	11,6
Цинк Zn, мг	2,4	2,8	5,3	3,1	3,6
Манган Mn, мг	0,7	0,3	0,8	1,1	1,4
Кремній Si, мг	18,3	6,4	19,1	17,8	22,8
Молібден Mo, мкг	51,6	68,6	25,5	72,3	53,7
Мідь Cu, мкг	226,1	381,0	464,1	252,4	34,0
Кобальт Co, мкг	6,6	11,8	8,8	13,8	8,1
Селен Se, мкг	4,8	16,1	7,5	7,8	6,1
Нікель Ni, мкг	24,5	34,6	26,7	22,7	42,4

Примітка: ПП – полуничний порошок; МП – малиновий порошок; АП – абрикосовий порошок; ЧП – чорносмородиновий порошок; ГП – гарбузовий порошок.

Фізико-хімічні й органолептичні властивості різних видів шоколаду, збагаченого чорничним (ЧП), малиновим (МП), ожиноним (ОП), гранатовим (ГП) та буряковим (БП) сублімованими порошками, подано в **таблицях 5.7–5.9**.

Таблиця 5.5 – Вміст фенольних сполук у сублімованих рослинних порошках (*Żyżelewicz et al., 2021*)

Рослинний порошок	Вміст фенольних сполук у сублімованих рослинних порошках, мг/100 г СР			
	катехін	епікатехін	антоціани	галова кислота
ЧП	35,41 ± 0,12	57,45 ± 0,24	32933,63 ± 61,89	9,36 ± 0,09
МП	30,70 ± 0,14	52,23 ± 0,19	3730,65 ± 10,87	-
ОП	10,09 ± 0,09	48,34 ± 0,18	4910,17 ± 13,70	2,57 ± 0,05
ГП	11,56 ± 0,11	55,34 ± 0,26	138,74 ± 0,39	-
БП	21,87 ± 0,15	58,50 ± 0,31	-	-

Примітка: ЧП – чорничний порошок; МП – малиновий порошок; ОП – ожиний порошок; ГП – гранатовий порошок; БП – буряковий порошок.

Таблиця 5.6 – Вміст вітамінів, поживна та енергетична цінність сублімованих рослинних порошків (*Linovskaya et al., 2019*)

Нутрієнти	Вміст поживних речовин та вітамінів у сублімованих рослинних порошках					
	МоП	БП	ГП	ЯП	МП	АП
Вміст поживних речовин (%) та калорійність (ккал/100 г)						
Білки	9,0	7,7	9,2	8,0	5,0	3,2
Жири	1,0	0,9	0,3	0,0	0,2	0,2
Вуглеводи	62,0	54,6	66,0	68,0	52,3	73,0
Калорійність	293,0	257,0	304,0	304,0	258,0	307,0
Вміст вітамінів, мг %						
Вітамін В1	0,60	0,30	0,50	0,10	0,22	0,70
Вітамін В2	0,20	0,40	0,30	0,30	0,14	0,60
Вітамін С	65,0	110,0	85,0	120,0	120,0	426,0
Вітамін РР	10,0	26,0	5,0	3,0	0,9	4,0

Примітка: МоП – морквяний порошок; БП – буряковий порошок; ГП – гарбузовий порошок; ЯП – яблучний порошок; МП – малиновий порошок; АП – абрикосовий порошок.

Таблиця 5.7 – Фізико-хімічні та органолептичні показники шоколаду з сублімованими рослинними порошками (*Żyżelewicz et al., 2021*)

Вид шоколаду	Рослинний порошок	Вологість, %	Активність води a_w	Сенсорна оцінка, бали
ЧШ53	-	1,15 ± 0,04	0,408 ± 0,003	4,8 ± 0,2
	ЧП	1,63 ± 0,02	0,426 ± 0,002	4,9 ± 0,1
	МП	2,19 ± 0,09	0,446 ± 0,005	4,8 ± 0,2
	ОП	1,73 ± 0,08	0,490 ± 0,002	4,8 ± 0,2
	ГП	1,83 ± 0,05	0,400 ± 0,007	4,7 ± 0,2
	БП	0,93 ± 0,04	0,455 ± 0,003	4,3 ± 0,3
ЧШ98	-	1,63 ± 0,02	0,409 ± 0,001	4,5 ± 0,1
	ЧП	1,97 ± 0,01	0,378 ± 0,002	4,6 ± 0,1
	МП	1,69 ± 0,04	0,447 ± 0,003	4,6 ± 0,2
	ОП	1,74 ± 0,07	0,433 ± 0,006	4,5 ± 0,2
	ГП	1,26 ± 0,02	0,408 ± 0,003	4,5 ± 0,2
	БП	1,86 ± 0,08	0,445 ± 0,005	4,1 ± 0,3
МШ36	-	1,22 ± 0,06	0,449 ± 0,004	4,8 ± 0,2
	ЧП	1,24 ± 0,03	0,393 ± 0,003	4,9 ± 0,1
	МП	1,17 ± 0,04	0,441 ± 0,002	4,8 ± 0,2
	ОП	1,19 ± 0,05	0,475 ± 0,001	4,8 ± 0,2
	ГП	0,94 ± 0,04	0,396 ± 0,002	4,6 ± 0,1
	БП	1,24 ± 0,07	0,446 ± 0,003	3,8 ± 0,3

Примітка: ЧШ53 – чорний шоколад з вмістом какао 53% і загальною жирністю 35% (мас.); ЧШ98 – чорний шоколад з вмістом какао 98% і загальною жирністю 51% (мас.); МШ36 – молочний шоколад з загальною жирністю 36% (мас.).

Вологість шоколаду має бути якомога меншою, оскільки вона впливає на його властивості, зокрема збільшення вологості спричиняє погіршення реологічних властивостей шоколаду. Вологість чорного шоколаду – 1,1%, молочного – 1,8%, білого – 1,6%, шоколаду з рослинними добавками (ягоди, мигдаль тощо) – 8,7–16,6% (*Żyżelewicz et al., 2021*). Для мікробіологічної стійкості шоколаду активність води не має перевищувати 0,50.

Рекомендований рівень у шоколаді з сублімованими рослинними порошками не перевищено (**таблиця 5.7**), оскільки активність води в ньому 0,378–0,490 (*Żyżelewicz et al., 2021*).

Органолептичні показники чорного та молочного шоколаду з чорничним порошком оцінено найвищими балами (**таблиця 5.7**), а найменшими – молочний шоколад з буряковим порошком (*Żyżelewicz et al., 2021*).

Таблиця 5.8 – Показники кольору шоколаду з сублімованими рослинними порошками (*Żyżelewicz et al., 2021*)

Вид шоколаду	Рослинний порошок	Показники кольору		
		L^*	a^*	b^*
ЧШ53	–	27,79 ± 0,12	5,30 ± 0,10	1,15 ± 0,09
	ЧП	29,88 ± 0,11	5,33 ± 0,09	1,63 ± 0,02
	МП	29,17 ± 0,11	5,54 ± 0,05	2,19 ± 0,06
	ОП	29,78 ± 0,12	5,39 ± 0,09	1,73 ± 0,02
	ГП	29,58 ± 0,13	5,50 ± 0,11	1,83 ± 0,03
	БП	31,69 ± 0,10	5,39 ± 0,08	0,93 ± 0,04
ЧШ98	–	27,70 ± 0,11	3,75 ± 0,09	1,63 ± 0,08
	ЧП	27,74 ± 0,12	3,51 ± 0,10	1,97 ± 0,07
	МП	28,79 ± 0,14	3,34 ± 0,12	1,69 ± 0,02
	ОП	27,82 ± 0,11	3,60 ± 0,03	1,74 ± 0,06
	ГП	27,98 ± 0,13	3,53 ± 0,07	1,26 ± 0,04
	БП	27,57 ± 0,12	3,40 ± 0,09	1,86 ± 0,02
МШ36	–	32,99 ± 0,10	7,54 ± 0,06	1,22 ± 0,05
	ЧП	34,01 ± 0,15	7,25 ± 0,08	1,24 ± 0,03
	МП	33,16 ± 0,12	7,60 ± 0,11	1,17 ± 0,02
	ОП	32,29 ± 0,11	7,55 ± 0,06	1,19 ± 0,05
	ГП	33,37 ± 0,11	7,99 ± 0,07	0,94 ± 0,02
	БП	33,08 ± 0,12	7,70 ± 0,09	1,24 ± 0,08

Примітка: Позначення шоколаду дивитися в таблиці 5.7.

Таблиця 5.9 – Вміст фенольних сполук у різних видах шоколаду з сублімованими рослинними порошками [Żyżelewicz et al., 2021]

Рослинний порошок	Вміст фенольних сполук, мг/100 г СР			
	катехін	епікатехін	антоціани	галова кислота
ЧШ53				
-	14,15 ± 0,09	77,23 ± 0,48	-	7,23 ± 0,09
ЧП	18,66 ± 0,08	97,32 ± 0,43	32,93 ± 0,31	8,77 ± 0,11
МП	16,60 ± 0,07	85,24 ± 0,47	3,73 ± 0,05	7,42 ± 0,10
ОП	14,18 ± 0,11	80,68 ± 0,38	4,91 ± 0,15	7,12 ± 0,12
ГП	15,16 ± 0,12	88,67 ± 0,34	0,14 ± 0,09	9,25 ± 0,10
БП	17,89 ± 0,09	96,54 ± 0,51	-	8,88 ± 0,11
ЧШ98				
-	28,48 ± 0,10	152,29 ± 0,51	-	11,29 ± 0,11
ЧП	31,73 ± 0,08	165,44 ± 0,45	32,94 ± 0,34	14,91 ± 0,09
МП	28,21 ± 0,14	164,91 ± 0,31	3,73 ± 0,06	12,61 ± 0,10
ОП	23,14 ± 0,12	154,30 ± 0,39	4,91 ± 0,14	13,53 ± 0,12
ГП	25,77 ± 0,09	155,17 ± 0,43	0,14 ± 0,04	16,28 ± 0,11
БП	33,00 ± 0,14	173,70 ± 0,23	-	12,95 ± 0,08
МШ36				
-	4,44 ± 0,03	45,58 ± 0,16	-	6,08 ± 0,10
ЧП	5,54 ± 0,04	60,00 ± 0,17	32,47 ± 0,24	7,18 ± 0,11
МП	11,83 ± 0,03	58,72 ± 0,18	3,77 ± 0,03	7,56 ± 0,12
ОП	11,35 ± 0,04	56,92 ± 0,18	5,49 ± 0,11	7,99 ± 0,09
ГП	12,01 ± 0,05	58,21 ± 0,21	0,14 ± 0,04	7,34 ± 0,13
БП	14,65 ± 0,11	64,64 ± 0,16	-	8,09 ± 0,05

Найбільший приріст вмісту фенольних сполук спостерігається у випадку додавання до різних видів шоколаду чорничного порошку (**таблиця 5.9**). Високий вміст катехіну та епікатехіну характерний для шоколаду, в який

додано чорничний та буряковий порошки. Найвищий вміст фенольних кислот, зокрема галової, виявлено в чорному шоколаді ЧШ98, що збагачений чорничним та гранатовим порошками. Також у шоколаді, що збагачений ягідними порошками, виявлено значну кількість антоціанів. Отже, використання рослинних порошоків у рецептурі шоколадної глазури дозволяє у ній підвищити вміст фенольних сполук, зокрема антоціанів, які не містяться в окремих видах какао-бобів або втрачаються під час їх оброблення [Żyżelewicz et al., 2021].

Рослинні матеріали, оброблені методом сублимаційного сушіння, також можна використовувати як натуральні харчові барвники, оскільки вони містять пігменти [Różyto, 2020]:

- антоціани – дають червоний, фіолетовий, темно-рожевий та синій кольори; містяться в малині, полуниці, вишні, червоній смородині, чорниці, чорній смородині, чорній моркві;
- беталаїни (бетаніни або бетаціаніни) – дають червоно-фіолетовий колір; містяться в буряку;
- каротиноїди – дають жовтий, червоний, оранжевий, жовтувато-зелений кольори; містяться в бурих водоростях, кавуні, червоному перці, апельсиновій шкірці, моркві, папаї;
- хлорофіли – дають зелений колір; містяться в листі шпинату.

У науковій праці [Linovskaya et al., 2019] запропоновано у рецептурі шоколадної глазури замінювати 12% цукру на фруктово-овочеві порошки, що містять велику кількість харчових волокон (7,9–23,3%) та порівняно з какао-продуктами містять більше калію в 1,6–2,7 раза, кальцію в 1,3–6,8 раза та вітаміну РР в 1,6–14 раза. Використання сухих плодоовочевих інгредієнтів не тільки сприяє зменшенню вмісту цукру в глазури, але й надає їй мульти-сенсорних властивостей (гармонійні фруктово-овочеві нотки поєднуються з терпкістю какао-продуктів).

5.2 ТЕХНОЛОГІЯ БАГАТОШАРОВИХ ЧИПСІВ

Технологія багатошарових чипсів з овочів та/або фруктів й насіння льону подана на **рис. 5.3**. Відповідно до технології, овочі та/або фрукти миють та очищають за потреби від шкірки. Насіння льону просіюють

для відокремлення домішок та подрібнюють до розміру фракції менше 2 мм. Для першого шару чипсів (основи чипсів) (рис. 5.4) овочі або фрукти нарізають пластинками завтовшки 3 мм та проводять їх бланшування за температури 85–95 °С упродовж 120–180 с (Дударєв та ін., 2021).

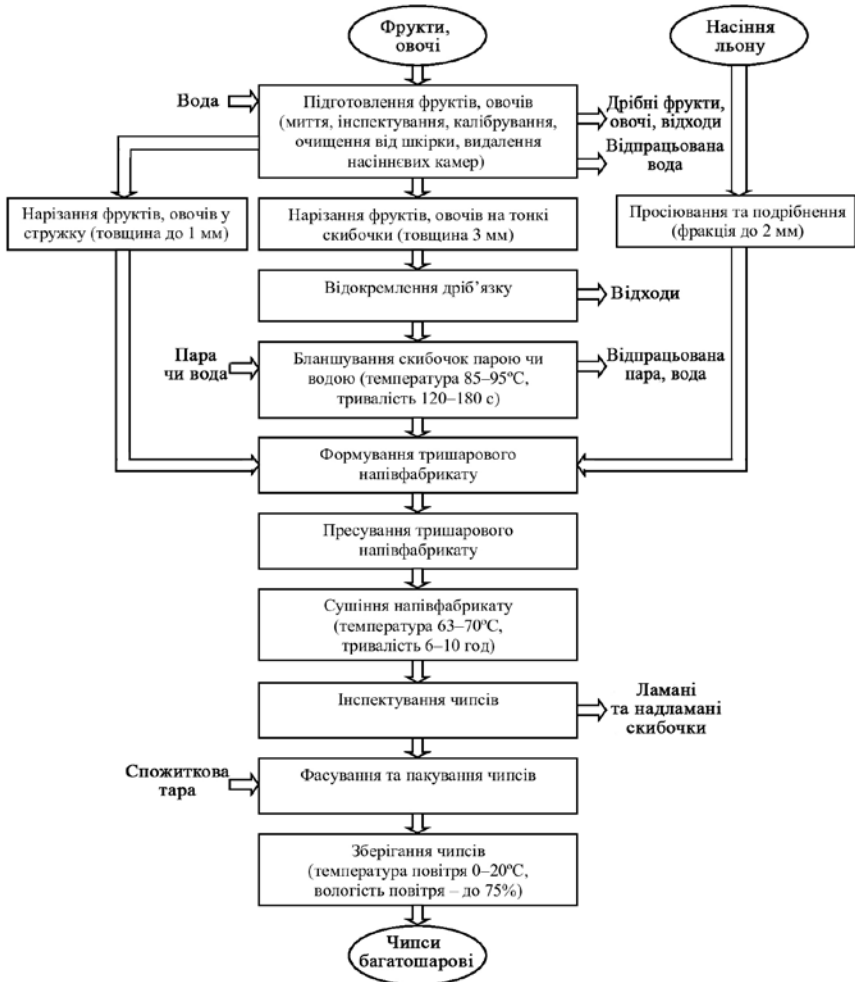


Рисунок 5.3 – Технологія багатшарових чипсів (Дударєв та ін., 2021)

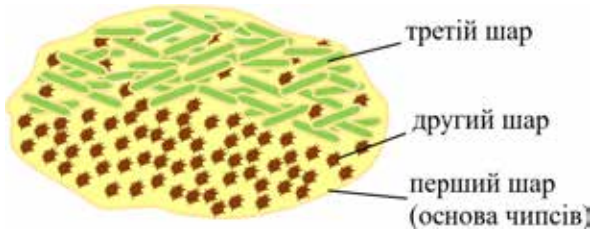


Рисунок 5.4 – Схематичне зображення багатошарових чипсів



а



б



в



г

Рисунок 5.5 – Напівфабрикати багатошарових чипсів (Дударев та ін., 2022):
а – кабачок (основа) + насіння льону + яблуко; б – кабачок (основа) + насіння
льону + морква; в – яблуко (основа) + насіння льону + морква;
г – яблуко (основа) + насіння льону + яблуко

Після підготовки сировини проводять формування тришарового напівфабрикату чипсів (див. **рис. 5.5**). Для цього скибочки сировини (основу) панірують з одного боку в подрібненому насінні льону (формування другого шару чипсів). Нарізають овочі або фрукти (або їх комбінація) у стружку та формують із них третій шар товщиною 2–3 мм над шаром подрібненого насіння льону. Сформований тришаровий напівфабрикат чипсів спресовують та сушать конвективним способом за температури 63–70 °С до вологості 5–8% (тривалість сушіння залежно від сировини та її початкової вологості – 6–10 год). Багатошарові чипси інспектують, відокремлюючи ламані та надламані скибочки, фасують та пакують. Багатошарові чипси зберігають у герметичному пакуванні за температури повітря 0–20 °С та вологості не більше 75% (*Дударєв та ін., 2021*).

5.3 ХАРАКТЕРИСТИКА БАГАТОШАРОВИХ ЧИПСІВ

Характеристика органолептичних показників (зовнішній вигляд, колір, смак, запах та консистенція) багатошарових чипсів з овочево-фруктової сировини та насіння льону подана у **таблиці 5.10**.

Вміст поживних речовин та енергетична цінність багатошарових чипсів, де сировиною є кабачок, морква, яблуко та насіння льону, подана в **таблиці 5.11**. Калорійність багатошарових чипсів залежить від їх складу та змінюється в межах 214,5–240,1 ккал/100 г, а вміст поживних речовин (на 100 г чипсів): білки – 6,1–9,5 г; жири – 5,6–7,1 г; вуглеводи – 32,5–41,3 г (*Дударєв та ін., 2022*). Найменше значення енергетичної цінності (214,5 ккал) мають багатошарові чипси із комбінацією сировини: яблуко (основа) + насіння льону + морква, а найбільше (240,1 ккал) – з комбінацією сировини: кабачок (основа) + насіння льону + яблуко. Найбільший вміст вуглеводів (41,3%) мають чипси із комбінацією сировини: яблуко (основа) + насіння льону + яблуко.

Використання різних комбінацій овочів, фруктів та ягід дозволяє створювати нові композиції багатошарових чипсів у широкому асортименті, що, у свою чергу, дозволяє задовольнити смакові уподобання різних категорій споживачів.

Таблиця 5.10 – Характеристика органолептичних показників багатошарових чипсів із овочево-фруктової сировини та насіння льону

Показник	Характеристика показника
Зовнішній вигляд	Скибочки різної форми (рис. 5.6) залежно від овочево-фруктової сировини, яка використовується для основи, вигнуті. Контури країв чипсів нечіткі бахромчасті, що зумовлено виступами за межі основи чипсів стружки сировини третього шару. Поверхня чипсів з боку основи – характерна для сушених скибочок овочево-фруктової сировини. Поверхня чипсів з боку третього шару – горбиста у вигляді сушеної овочево-фруктової стружки.
Колір	Відповідає кольору сушеної овочево-фруктової сировини (світло-зелений, золотистий, оранжевий, коричневий), що використовуються для формування першого й третього шару чипсів, та подрібненого насіння льону.
Смак і запах	Смак характерний для комбінації сировини, яка використовується, в міру солодкий або кислий. Аромат сушених фруктів та овочів. Не дозволені сторонній присмак та запах.
Консистенція	Хрустка, ламка, крихка.

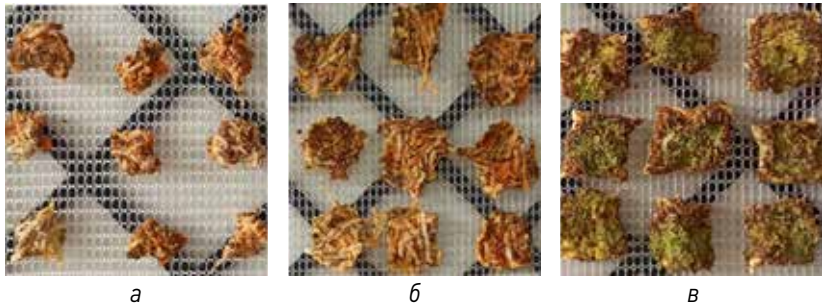


Рисунок 5.6 – Багатошарові чипси (Dudarev et al., 2021):

а – морква (основа) + насіння льону + яблуко;

б – кабачок (основа) + насіння льону + яблуко;

в – яблуко (основа) + насіння льону + кабачок

Таблиця 5.11 – Поживна та енергетична цінність багат шарових чипсів (Дударев та ін., 2022)

Склад чипсів	Вміст у 100 г чипсів, г			Калорійність, ккал/100 г
	білки	жири	вуглеводи	
КЛЯ	8,0	7,0	38,7	240,1
КЛМ	9,5	7,1	32,5	223,8
ЯЛМ	7,5	5,9	35,1	214,5
ЯЛЯ	6,1	5,6	41,3	230,9

Примітка: КЛЯ – кабачок (основа) + насіння льону + яблуко; КЛМ – кабачок (основа) + насіння льону + морква; ЯЛМ – яблуко (основа) + насіння льону + морква; ЯЛЯ – яблуко (основа) + насіння льону + яблуко.

5.4 ВПЛИВ РЕЖИМІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА БАГАТОШАРОВИХ ЧИПСІВ НА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ

У науковій роботі (Dudarev et al., 2021) досліджувався вплив тривалості бланшування овочів й фруктів на показник липкості сировини та вплив тиску спресовування напівфабрикатів багат шарових чипсів на втрати готового продукту у вигляді крихт. Під час дослідження необхідно було визначити липкість сировини та здатність шарів чипсів бути з'єднаними та не розсипатися на крихти після сушіння.

Показник липкості основного шару чипсів обчислюється за виразом:

$$\lambda = \frac{m_2 - m_1}{s}, \quad (5.1)$$

де λ – показник липкості сировини основи багат шарових чипсів, г/см²;

m_1 – маса зразка сировини основи чипсів, г;

m_2 – маса зразка сировини (основи чипсів) після його панірування з одного боку насінням льону, г;

s – площа поверхні основи чипсів, см².

Тиск на напівфабрикат чипсів обчислюється за виразом:

$$P = \frac{F}{s}, \quad (5.2)$$

де P – тиск на напівфабрикат, Па;

F – зусилля спресовування, Н;

s – площа поверхні основи напівфабрикату, м².

Під час дослідження напівфабрикати чипсів спресовувалися за значень тиску 4,0 кПа, 4,9 кПа та 5,5 кПа.

На **рис. 5.7** подані результати дослідження впливу тривалості бланшування скибочок кабачка на прилипання до них подрібненого насіння льону (льону-довгунця). Незалежно від товщини h нарізаня кабачка, показник липкості λ бланшованих кабачків був більшим за значення цього показника для небланшованих кабачків. Тривалість бланшування суттєво впливає на показник липкості. Найбільші значення показника липкості для бланшованих скибочок кабачка були [Dudarev et al., 2021]: у випадку товщини скибочок кабачка $h = 3$ мм – $\lambda = 0,047$ г/см² (тривалість бланшування 2 хв); у випадку товщини скибочок $h = 5$ мм – $\lambda = 0,054$ г/см² (тривалість бланшування 2 хв); у випадку товщини скибочок $h = 7$ мм – $\lambda = 0,056$ г/см² (тривалість бланшування 5 хв).

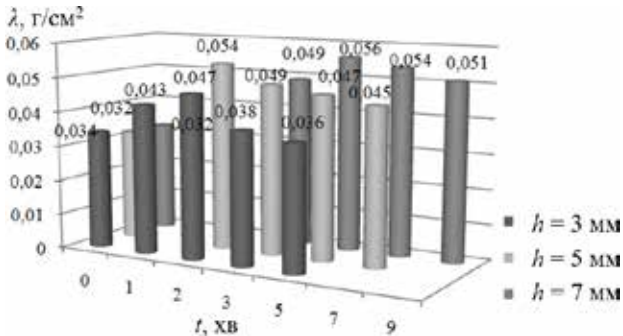


Рисунок 5.7 – Вплив тривалості t бланшування скибочок кабачка на показник липкості λ [Dudarev et al., 2021]

Бланшування скибочок сировини сприяє збільшенню їх липкості, що дозволяє «склеїти» шари чипсів. Однак тривале бланшування зумовлює

втрата поживних речовин та вітамінів у сировині, тому тривалість бланшування має бути якомога коротшою. Отже, для формування напівфабрикатів багат шарових чипсів з основним шаром із кабачка, доцільно нарізати кабачок на шматочки товщиною 3 мм та бланшувати їх упродовж 2 хв.

На **рис. 5.8** подані результати дослідження впливу тривалості бланшування скибочок моркви на показник їх липкості λ . Показник липкості бланшованої моркви вищий за показник липкості небланшованої моркви. Найбільші значення показника липкості для бланшованих скибочок моркви були [Dudarev et al., 2021]: у випадку товщини скибочок $h = 1$ мм – $\lambda = 0,033$ г/см² (тривалість бланшування 3 хв); у випадку товщини скибочок $h = 2$ мм – $\lambda = 0,036$ г/см² (тривалість бланшування 3 хв); у випадку товщини $h = 3$ мм – $\lambda = 0,062$ г/см² (тривалість бланшування 3 хв). Збільшення тривалості бланшування скибочок моркви спричиняє зменшення показника липкості.

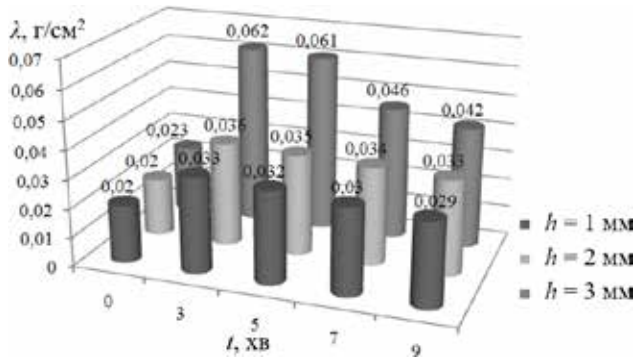


Рисунок 5.8 – Вплив тривалості t бланшування скибочок моркви на показник липкості λ [Dudarev et al., 2021]

На **рис. 5.9** подані результати дослідження впливу тривалості бланшування скибочок яблук на показник їх липкості λ . За тривалості бланшування яблук 1 хв значення показника липкості були найбільшими [Dudarev et al., 2021]: у випадку товщини $h = 2$ мм – $\lambda = 0,026$ г/см²; у випадку товщини

$h = 3$ мм – $\lambda = 0,043$ г/см²; у випадку товщини $h = 5$ мм – $\lambda = 0,056$ г/см². За тривалості бланшування скибочок яблук понад 1 хв спостерігається зменшення показника липкості до рівня показника липкості небланшованих яблук та нижче.

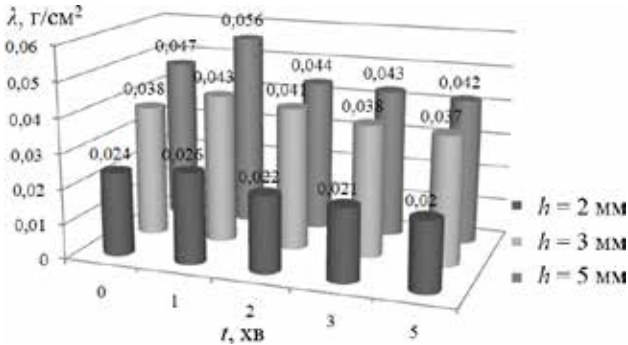


Рисунок 5.9 – Вплив тривалості t бланшування скибочок яблук на показник липкості λ (Dudarev et al., 2021)

Втрати багатошарових чипсів обчислюються за виразом:

$$\eta = \frac{m_k}{m_u + m_k} \cdot 100\%, \quad (5.3)$$

де η – втрати чипсів, %;

m_u – маса непошкоджених чипсів, г;

m_k – маса крихт чипсів, г.

На **рис. 5.10** подані результати визначення втрат η багатошарових чипсів (КЛК – кабачок (основа) + насіння льону + кабачок); КЛМ – кабачок (основа) + насіння льону + морква; КЛЯ – кабачок (основа) + насіння льону + яблуко) за різного тиску P спресовування напівфабрикатів чипсів. Сушіння напівфабрикатів чипсів відбувалося конвективним способом упродовж 6,5 год за температура +63 °С до вологості 6,3–6,5%. У цих багатошарових чипсах скибочки кабачка товщиною 3 мм, що бланшовані протягом 2 хв,

були основним шаром. Встановлено, що шари сировини краще «склеюються» за більшого тиску спресовування. Збільшення тиску P від 4,0 кПа до 5,5 кПа спричиняло зменшення втрат η багатoshарових чипсів: для чипсів КЛК – з 13,2% до 7,8%; для чипсів КЛМ – з 12,6% до 10,8%; для чипсів КЛЯ – з 8,7% до 7,3% [Dudarev et al., 2021].

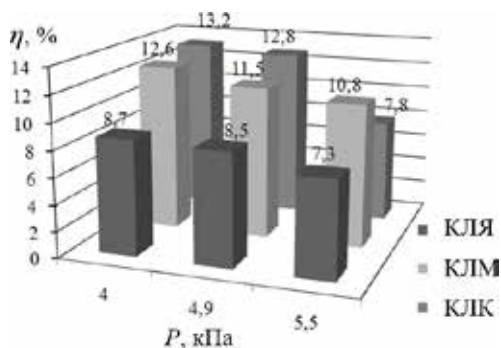


Рисунок 5.10 – Втрати η багатoshарових чипсів КЛК, КЛМ та КЛЯ залежно від тиску P спресовування напівфабрикатів [Dudarev et al., 2021]

На **рис. 5.11** подані результати визначення втрат η багатoshарових чипсів (ЯЛЯ – яблуко (основа) + насіння льону + яблуко; ЯЛК – яблуко (основа) + насіння льону + кабачок; ЯЛМ – яблуко (основа) + насіння льону + морква) за різного тиску P спресовування напівфабрикатів чипсів. У цих багатoshарових чипсах скибочки яблук товщиною 3 мм, що бланшовані протягом 2 хв, були основним шаром. Умови сушіння аналогічні до умов сушіння попередніх комбінацій чипсів. Для цих варіантів багатoshарових чипсів збільшення тиску P спресовування спричиняло зменшення втрат η чипсів: для чипсів ЯЛЯ – з 5,8% до 4,0%; для чипсів ЯЛМ – з 7,6% до 6,2%; для чипсів ЯЛК – з 7,5% до 6,5% [Dudarev et al., 2021].

На **рис. 5.12** подані результати визначення втрат η багатoshарових чипсів (МЛМ – морква (основа) + насіння льону + морква; МЛК – морква (основа) + насіння льону + кабачок; МЛЯ – морква (основа) + насіння

льону + яблуко) за різного тиску P спресовування напівфабрикатів чипсів. У цих багатошарових чипсах скибочки моркви товщиною 1 мм, що бланшовані протягом 3 хв, були основним шаром. Умови сушіння аналогічні до умов сушіння попередніх комбінацій чипсів. Збільшення тиску P спресовування також спричиняло зменшення втрат η чипсів: для чипсів МЛМ – з 23,6% до 14,1%; для чипсів МЛЯ – з 14,6% до 10,1%; для чипсів МЛК – з 14,5% до 8,9% [Dudarev et al., 2021].

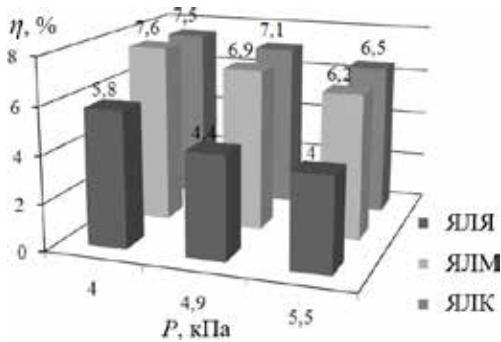


Рисунок 5.11 – Втрати η багатошарових чипсів ЯЛЯ, ЯЛК та ЯЛМ залежно від тиску P спресовування напівфабрикатів (Dudarev et al., 2021)

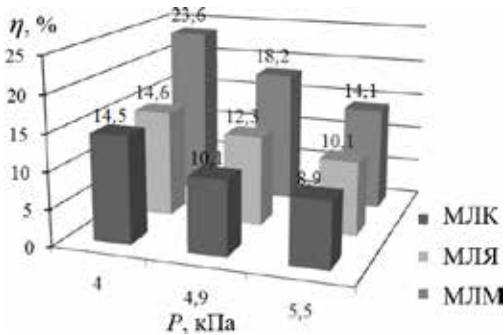


Рисунок 5.12 – Втрати η багатошарових чипсів МЛМ, МЛК та МЛЯ залежно від тиску P спресовування напівфабрикатів (Dudarev et al., 2021)

Отже, рекомендована товщина нарізання скибочок сировини для формування багат шарових чипсів та тривалість їх бланшування залежать від виду сировини [Dudarev et al., 2021]:

- якщо основою багат шарових чипсів є скибочки кабачків чи яблук, то їх рекомендується нарізати товщиною 3 мм та бланшувати 2 хв;
- якщо основою багат шарових чипсів є скибочки моркви, то їх рекомендується нарізати товщиною 1 мм та бланшувати упродовж 3 хв.

Для кращого склеювання шарів сировини багат шарових чипсів рекомендований тиск їх спресовування становить 5,5 кПа. За вказаних параметрів нарізання скибочок сировини та її термічного оброблення й тиску спресовування напівфабрикатів втрати багат шарових чипсів будуть мінімальними [Dudarev et al., 2021].

5.5 ТЕХНОЛОГІЯ ГЛАЗУРОВАНИХ ШОКОЛАДОМ БАГАТОШАРОВИХ ЧИПСІВ

Технологія глазуrowаних шоколадом з сублімованими рослинними порошками багат шарових чипсів подана на **рис. 5.13**. Підготовлення сировини для виробництва глазуrowаних багат шарових чипсів залежить від її виду. Відповідно до технології, сировину (овочі, фрукти) миють та очищають за потреби від шкірки, а насіння льону подрібнюють у крупку. Для основи чипсів (перший шар чипсів) овочі або фрукти нарізають скибочками завтовшки 1–3 мм та проводять їх бланшування за температури 85–95 °C упродовж 120–180 с. Після цього скибочки сировини панірують з одного боку в подрібненому насінні льону (другий шару чипсів). Нарізають овочі чи фрукти у стружку завтовшки до 1 мм та формують із них третій шар чипсів товщиною 2–3 мм над подрібненим насінням льону. Тришаровий напівфабрикат спресовують під тиском 2,0–5,5 кПа та сушать конвективним способом за температури 63–70 °C до вологості 5–8%.

Шоколад (білий, чорний чи молочний) подрібнюють та розігрівають на водяній бані до температури 33–34 °C. Просіюють овочевий, фруктовий чи ягідний сублімований порошок та з'єднують із підігрітим шоколадом (вміст порошку у шоколадній глазури не більше 10%). Чипси після охолодження з обох боків глазурують у суміші шоколаду з різноманітними

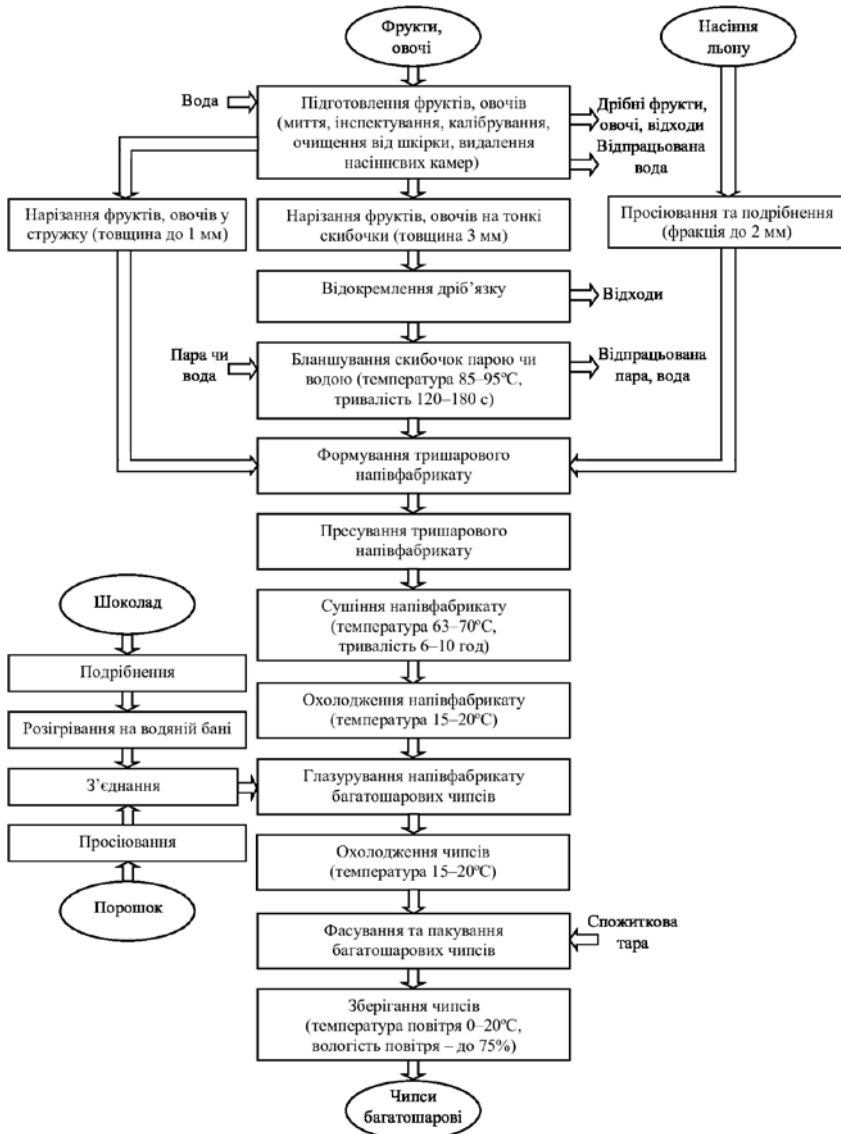


Рисунок 5.13 – Технологія глазурованих шоколадом багатошарових чипсів
(Дударев, 2022; Дударев та ін., 2022)

сублімованими порошками або їх різними комбінаціями. Також глазуrowані багат шарові чипси можуть обсипати з обох боків подрібненими горіхами різних видів чи їх сумішшю. Готовий продукт охолоджують до температури 15–20 °С та фасують в герметичні пакети чи тару (Дударєв, 2022; Дударєв та ін., 2022).

Під час вибирання комбінацій овочево-фруктової сировини та рецептурних складових шоколадної глазури й виду горіхів для обсипання багат шарових чипсів необхідно враховувати поживну цінність кожного виду сировини, щоб забезпечити необхідне співвідношення білків, жирів та вуглеводів у готовому продукті.

Запропоновані технологічні режими виробництва глазуrowаних шоколадом багат шарових чипсів сприяють збереженню корисних речовин, які містяться в сировині.

5.6 ХАРАКТЕРИСТИКА ГЛАЗУROWАНИХ ШОКОЛАДОМ БАГАТОШАРОВИХ ЧИПСІВ

Характеристика органолептичних показників (зовнішній вигляд, колір, смак, запах й консистенція) глазуrowаних шоколадом багат шарових чипсів із овочево-фруктової сировини та насіння льону подана у **таблиці 5.12**.

Глазуrowані багат шарові чипси мають різну форму та розміри залежно від сировини, яка використовується для першого шару (основи) чипсів (**рис. 5.14**) (Дударєв та ін., 2022). Контури країв чипсів багаторчасті внаслідок виступів за межі основи стружки (третього шару). З боку основи глазуrowані чипси мають гладку хвилясту поверхню. Хвилястість поверхні є наслідком деформації скибочок під час сушіння, а гладкість – нанесенням шару глазури. З боку стружки чипси мають горбкувату поверхню внаслідок нанесення шару глазури на хаотично укладену стружку (третій шар чипсів). Також спостерігаються окремі точкові прогалини у глазури та тріщини. Шоколадна глазури кришиться при розрізуванні чипсів. У розломі багат шарових чипсів видно їх багат шарову структуру, колір шарів залежить від кольору сушеної сировини. Колір поверхні, смак та запах глазуrowаних багат шарових чипсів залежить від сировини, що використовується для їх формування.

Таблиця 5.12 – Характеристика органолептичних показників глазуrowаних шоколадом багатошарових чипсів (Дударєв та ін., 2022)

Показник	Характеристика показника
Зовнішній вигляд	Скибочки різної форми (залежно від сировини, яка використовується для основи), рівномірно покриті по всій поверхні глазурю, допускаються окремі тріщини глазури.
Колір	Темно-коричневий, світло-коричневий, білий, білий з різними відтінками або інший залежно від кольору шоколадної глазури. У розломі відповідає кольору сушеної сировини, яка використовується (світло-зелений, золотистий, оранжевий, коричневий).
Смак і запах	Характерний для сировини, яка використовується, в міру солодкий або кислий. Не дозволені сторонній присмак та запахи.
Консистенція	Хрустка, ламка, крихка.

Органолептичні показники багатошарових чипсів (рис. 5.15), що глазуrowані білим шоколадом із сублімованим смородиновим порошком (КЛЯ(БС), КЛМ(БС), ЯЛМ(БС), ЯЛЯ(БС)), за результатами експертного оцінювання отримали вищі бали, ніж показники чипсів, глазури яких не містить ягідного порошку (КЛЯ(Б), КЛМ(Б), ЯЛМ(Б), ЯЛЯ(Б)). Усі чипси, що покриті глазурю із білого шоколаду з сублімованим смородиновим порошком, мають червонувато-коричневий колір поверхні з фіолетовим відтінком (рис. 5.14). Багатошарові чипси, глазури яких містила смородиновий порошок, мають більш привабливий зовнішній вигляд, оскільки колір сировини, що використовувалася для формування третього шару чипсів, проявляється локально (Дударєв та ін., 2022).

Багатошарові чипси, що глазуrowані білим шоколадом із додаванням сублімованого смородинового порошку, мають солодкувато-кислий смак, що зумовлено наявністю порошку смородини. Причому, спочатку відчувається смак шоколаду з кислинкою, а після цього – овочево-фруктової сировини, з якої сформовані шари чипсів. Багатошарові чипси, глазури яких не містила смородиновий порошок, мали лише солодкуватий смак шоколаду



КЛЯ(Б)



КЛЯ(М)



КЛЯ(Ч)



КЛЯ(БС)



КЛЯ(МС)



КЛЯ(ЧС)



КЛМ(Б)



КЛМ(М)



КЛМ(Ч)



КЛМ(БС)



КЛМ(МС)



КЛМ(ЧС)

Рисунок 5.14 – Глазуровані шоколадом багатощарові чипси
(Дударєв та ін., 2022)



ЯЛМ(Б)



ЯЛМ(М)



ЯЛМ(Ч)



ЯЛМ(БС)



ЯЛМ(МС)



ЯЛМ(ЧС)



ЯЛЯ(Б)



ЯЛЯ(М)



ЯЛЯ(Ч)



ЯЛЯ(БС)



ЯЛЯ(МС)



ЯЛЯ(ЧС)

Рисунок 5.14 – Глазуровані шоколадом багатошарові чипси (продовження):
позначення: К – кабачок; Л – насіння льону; Я – яблуко; М – морква;
позначення в дужках: Б – білий шоколад; М – молочний шоколад;
Ч – чорний шоколад; С – сублимований смородиновий порошок

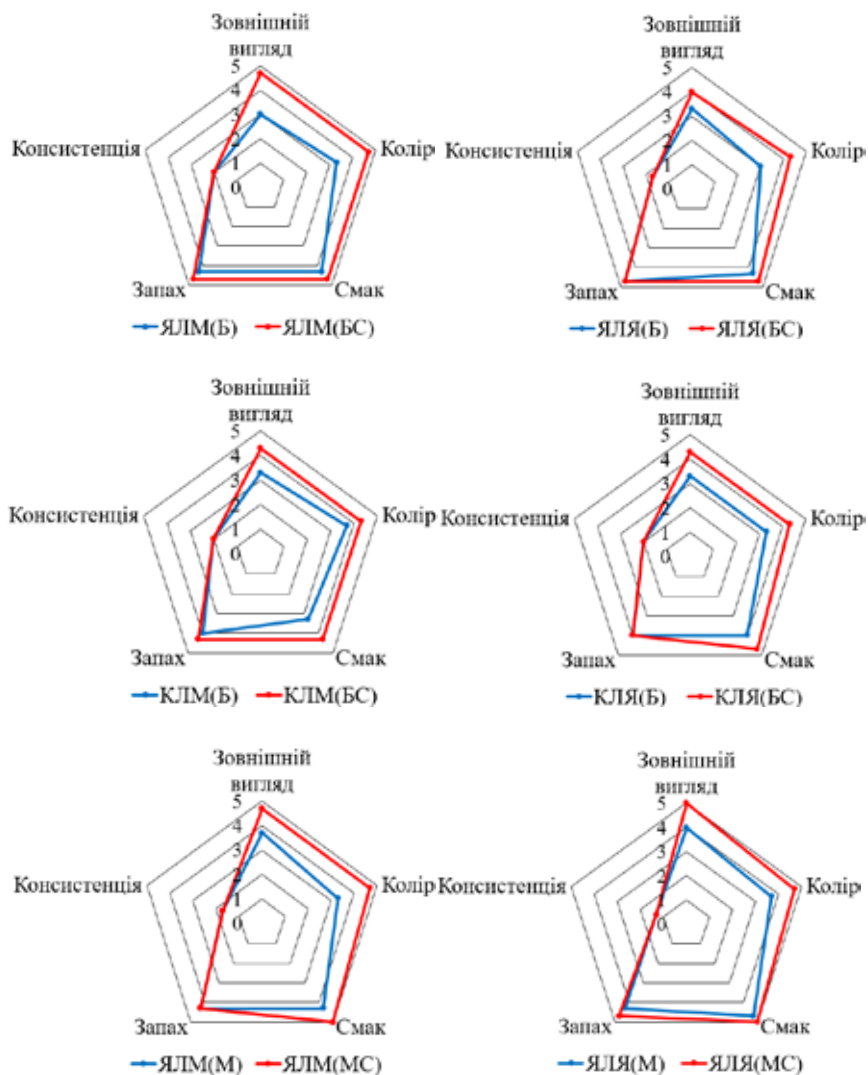


Рисунок 5.15 – Сенсорні профілограми глазуrowаних шоколадом багатшарових чипсів (Дударев та ін., 2022)

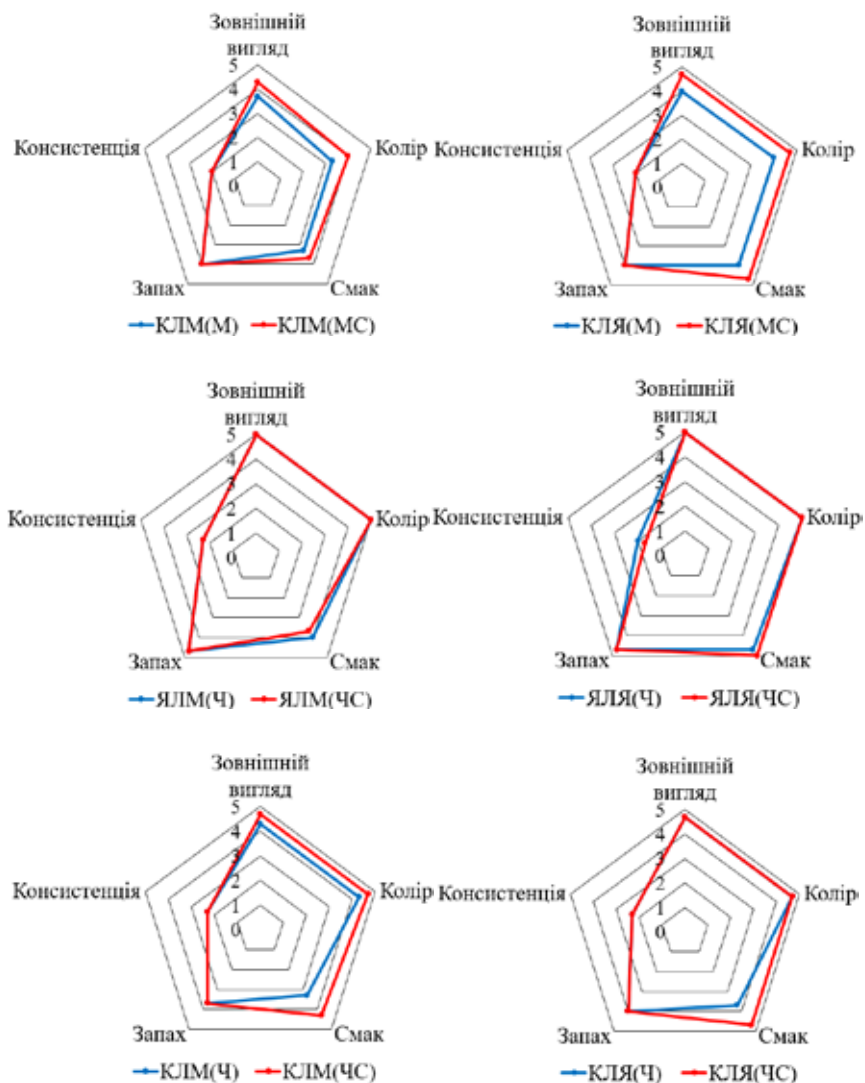


Рисунок 5.15 – Сенсорні профілограми глазуrowаних шоколадом багатошарових чипсів (продовження)

та легкий післясмак овочево-фруктової сировини. Вищі бали за показником «смак» мають багатшарові чипси, що містять яблуко (КЛЯ(БС), ЯЛМ(БС), ЯЛЯ(БС)), оскільки яблучний смак відчувався більш «яскраво» порівняно зі смаком кабачка чи моркви. Усі глазуровані білим шоколадом чипси з ягідним порошком та без нього мають ледь відчутний запах шоколаду (Дударєв та ін., 2022).

Багатшарові чипси, що покриті глазур'ю з молочного шоколаду без ягідного порошку (КЛЯ(М), КЛМ(М), ЯЛМ(М), ЯЛЯ(М)), мають світло-коричневий колір поверхні з проявами кольору сировини третього шару (рис. 5.14). Чипси, глазуровані білим шоколадом із сублімованим смородиновим порошком (КЛЯ(МС), КЛМ(МС), ЯЛМ(МС), ЯЛЯ(МС)), мають темно-коричневий колір із локальними проявами кольору сировини третього шару, особливо, моркви (рис. 5.14).

Глазуровані молочним шоколадом зі смородиновим порошком багатшарові чипси мають вищі бали за показником «смак», ніж чипси, глазур яких без додавання ягідного порошку. Причому чипси з яблучною основою (ЯЛМ(МС), ЯЛЯ(МС)) за цим показником мають найвищі бали. Ці чипси мають солодкувато-кислий смак із переважним смаком шоколаду та післясмаком овочево-фруктової сировини. Усі чипси, що глазуровані молочним шоколадом, мають ледь відчутний запах шоколаду (Дударєв та ін., 2022).

Багатшарові чипси, що покриті глазур'ю з чорного шоколаду без смородинового порошку (КЛЯ(Ч), КЛМ(Ч), ЯЛМ(Ч), ЯЛЯ(Ч)), мають темно-коричневий колір з ледь помітними локальними проявами кольору сировини третього шару (рис. 5.14). Багатшарові чипси, глазур яких містить смородиновий порошок (КЛЯ(ЧС), КЛМ(ЧС), ЯЛМ(ЧС), ЯЛЯ(ЧС)), мають темно-коричневий колір поверхні з чорним відтінком.

Найвищий бал за показником «смак» мають багатшарові чипси ЯЛЯ(ЧС) завдяки поєднанню солодкувато-кислого смаку яблука, кислого смаку смородинового порошку та гіркого смаку шоколаду. Інші композиції глазурованих чорним шоколадом багатшарових чипсів мають смак гіркого шоколаду. Запах чипсів, що глазуровані чорним шоколадом із додаванням та без додавання сублімованого смородинового порошку, властивий запаху чорного шоколаду (Дударєв та ін., 2022).

Комплексний показник якості багатошарових чипсів обчислюється за виразом (Дударєв & Кузьмін, 2023):

$$Q = \sum_{i=1}^n m_i P_i, \quad (5.4)$$

де Q – комплексний показник якості чипсів;

m_i – ваговий коефіцієнт i -го органолептичного показника;

P_i – середнє значення i -го органолептичного показника у балах;

n – кількість органолептичних показників чипсів.

Вагові коефіцієнти органолептичних показників глазурованих шоколадом багатошарових чипсів (Дударєв та ін., 2022): зовнішній вигляд – $m_1 = 0,25$; колір – $m_2 = 0,15$; смак – $m_3 = 0,33$; запах – $m_4 = 0,11$; консистенція – $m_5 = 0,16$.

Результати обчислення комплексного показника якості глазурованих шоколадом багатошарових чипсів подані в **таблиці 5.13**. Поміж чипсів, які глазуровані білим шоколадом, найбільше значення комплексного показника якості мають чипси ЯЛМ(БС) – $Q = 4,27$, а найменше – багатошарові чипси КЛМ(Б) – $Q = 3,23$. Чипси ЯЛЯ(МС), що глазуровані молочним шоколадом з ягідним порошком, мають найбільше значення комплексного показника якості – $Q = 4,33$, а найменше значення показника мають чипси КЛМ(М) – $Q = 3,27$. Поміж багатошарових чипсів, які глазуровані чорним шоколадом, найбільше значення комплексного показника якості мають чипси ЯЛЯ(ЧС) – $Q = 4,44$, а найменше значення – багатошарові чипси КЛМ(Ч) – $Q = 3,58$. Багатошарові чипси, в яких шоколадна глазур містить смородиновий порошок, мають більше значення комплексного показника якості. Виняток становить лише композиція ЯЛМ(Ч), для якої показник якості ($Q = 4,21$) має більше значення, ніж для чипсів ЯЛМ(ЧС) – $Q = 4,11$. Найменші значення комплексного показника якості мають чипси, що містять комбінацію кабачка та моркви.

У **таблиці 5.14** подана поживна й енергетична цінність глазурованих шоколадом багатошарових чипсів. Глазурування багатошарових чипсів дозволило підвищити їх енергетичну цінність в 1,6–1,8 раза порівняно з неглазуrowаними чипсами. Збільшення калорійності глазурованих чипсів відбулося насамперед за рахунок збільшення кількості жирів у 2,4–3,0 рази (Дударєв та ін., 2022).

Таблиця 5.13 – Комплексний показник якості глазурованих шоколадом багатшарових чипсів (Дударєв та ін., 2022)

Багатшарові чипси	Комплексний показник якості	Багатшарові чипси	Комплексний показник якості
КЛЯ(Б)	3,40	ЯЛМ(Б)	3,46
КЛЯ(М)	3,68	ЯЛМ(М)	3,58
КЛЯ(Ч)	3,91	ЯЛМ(Ч)	4,21
КЛЯ(БС)	4,03	ЯЛМ(БС)	4,27
КЛЯ(МС)	4,19	ЯЛМ(МС)	4,28
КЛЯ(ЧС)	4,24	ЯЛМ(ЧС)	4,11
КЛМ(Б)	3,23	ЯЛЯ(Б)	3,48
КЛМ(М)	3,27	ЯЛЯ(М)	3,79
КЛМ(Ч)	3,58	ЯЛЯ(Ч)	4,39
КЛМ(БС)	3,93	ЯЛЯ(БС)	3,99
КЛМ(МС)	3,66	ЯЛЯ(МС)	4,33
КЛМ(ЧС)	4,07	ЯЛЯ(ЧС)	4,44

Отже, встановлено, що додавання сублімованого ягідного порошку до шоколадної глазури покращує смакові властивості багатшарових чипсів, колір їхньої поверхні та зовнішній вигляд. Крім того, глазурування чипсів дозволяє підвищити їх енергетичну цінність. Найбільші значення показника якості в багатшарових чипсів, які містять яблуко та ягідний порошок, а найменші – моркву та кабачок.

Також важливо, що під час виробництва глазурованих шоколадом багатшарових чипсів не використовуються штучні ароматизатори, барвники, консерванти та смакові добавки. Також корисність такого продукту підвищується внаслідок використання насіння льону, що є джерелом харчових волокон та незамінних поліненасичених жирних кислот. Використання для глазурування багатшарових чипсів шоколаду, що має унікальний хімічний склад, дозволяє збалансувати хімічний склад та оптимізувати органолептичні показники чипсів (Дударєв та ін., 2022).

Таблиця 5.14 – Поживна та енергетична цінність глазуrowаних шоколадом багатошарових чипсів (Дударєв та ін., 2022)

Чипси	Вміст у 100 г продукту, г			Калорійність, ккал/100 г
	білки	жири	вуглеводи	
КЛЯ(Б)	10,4	17,9	54,3	406,0
КЛЯ(М)	9,9	16,6	55,5	397,6
КЛЯ(Ч)	10,0	17,4	53,7	398,3
КЛЯ(БС)	10,4	17,9	54,5	406,9
КЛЯ(МС)	9,9	16,7	55,9	398,0
КЛЯ(ЧС)	10,0	17,4	53,8	398,8
КЛМ(Б)	11,9	18,0	48,2	390,1
КЛМ(М)	11,4	16,8	49,3	381,2
КЛМ(Ч)	11,5	17,6	47,5	382,0
КЛМ(БС)	11,9	18,0	48,3	390,5
КЛМ(МС)	11,4	16,8	49,4	381,7
КЛМ(ЧС)	11,5	17,6	47,6	382,5
ЯЛМ(Б)	9,9	16,7	50,8	380,8
ЯЛМ(М)	9,4	15,5	51,9	372,0
ЯЛМ(Ч)	9,5	16,3	50,2	372,8
ЯЛМ(БС)	9,9	16,7	50,9	381,3
ЯЛМ(МС)	9,4	15,5	52,0	372,5
ЯЛМ(ЧС)	9,5	16,3	50,3	373,2
ЯЛЯ(Б)	8,5	16,6	57,0	397,2
ЯЛЯ(М)	8,0	15,4	58,1	388,3
ЯЛЯ(Ч)	8,1	16,2	56,4	389,1
ЯЛЯ(БС)	8,5	16,6	57,1	397,6
ЯЛЯ(МС)	8,0	15,4	58,2	388,8
ЯЛЯ(ЧС)	8,1	16,2	56,5	389,5

ВИСНОВКИ



Снеки, зокрема чипси з рослинної сировини, можуть бути корисним перекусом між основними прийомами їжі, що дозволяє отримати організму людини необхідні вітаміни, макро- та мікроелементи. Правильно спланований снєкінг (1–2 додаткові прийоми їжі калорійністю до 10–15% від добової енергетичної потреби людини) позитивно впливає на обмін речовин в організмі людини, запобігає надмірному споживанню їжі та забезпечує різноманітну й збалансовану дієту.

Картопляні чипси поділяються на натуральні, формовані та з пеллет. Вид чипсів визначає особливості технології їх виробництва та вимоги до сировини. Для виробництва високоякісних натуральних картопляних чипсів бульби картоплі повинні мати білу чи ясно-жовту м'якоть, округлу або округло-овальну форму та діаметр в межах 40–60 мм. При цьому вміст сухих речовин у бульбах має бути 20,6–24,5 %, а крохмалю – 16–18 %. Як основну сировину для формованих чипсів та пеллет використовують натуральне чи сухе картопляне пюре. Для обсмажування картопляних чипсів рекомендується використовувати купажі рослинних олій зі збалансованим співвідношення ПНЖК ω -6 та ω -3. Для надання смаку та аромату чипсам доцільно використовувати натуральну рослинну сировину, зокрема цибулю, часник, петрушку, селеру, кріп, гриби, а також пряно-ароматичну сировину: насіння, коріння, листя, квіти тощо.

Основною тенденцією у виробництві картопляних чипсів є пошук технологічних рішень, які б дозволили зменшити вміст олії та акриламід у готовому продукті з одночасним забезпеченням традиційних для чипсів органолептичних властивостей, зокрема крихкої та хрусткої текстури. Поміж способів оброблення картопляної сировини, що дозволяють досягнути

бажаного ефекту зі зменшення вмісту олії, є обсмажування скибочок у вакуумі, бланшування, сушіння та мікрохвильове оброблення сировини, нанесення покриттів із гідроколідів, а також вакуумне та комбіноване випікання чипсів. Способи термічного оброблення картоплі повинні забезпечувати максимальне збереження у чипсах вітамінів, макро- і мікроелементів, що містяться в сировині. Важливо забезпечувати належні умови зберігання картоплі та не перевищувати рекомендовані терміни її зберігання, оскільки ці фактори також впливають на вміст акриламідів та вітамінів у чипсах.

На світовому ринку снєків зростає сегмент овочево-фруктових чипсів, що є альтернативою висококалорійним картопляним чипсам. Овочево-фруктові чипси виготовляють сушеними та обсмаженими. Для сушіння скибочок сировини використовують вакуумне, сублімаційне, мікрохвильове сушіння або комбінацію різних способів сушіння. Але найбільш поширений спосіб виробництва овочево-фруктових чипсів – це конвективне сушіння скибочок сировини в тонкому шарі за температури сушильного агента до 80°C. Зменшення втрат нутрієнтів під час виготовлення цих чипсів, а також збереження смаку, запаху та кольору сировини у готовому продукті досягається шляхом бланшування, занурення у різні розчини, осмотичною дегідратацією сировини перед сушінням. Оскільки овочі та фрукти впродовж зберігання втрачають корисні речовини, то для виробництва високоякісних овочево-фруктових чипсів їх необхідно переробляти упродовж двох місяців після збирання.

Найбільш поширеними у світі зерновими чипсами є чипси тортилья, які виготовляють із зерна кукурудзи. Поживна цінність цих чипсів, а також вміст у них вітамінів, макро- та мікроелементів, антоціанів, фенолів, каротиноїдів залежать від виду кукурудзи та технології виготовлення чипсів, зокрема процесів нікстамалізації, випікання та обсмажування. Кукурудзяні чипси є джерелом білків, харчових волокон, кальцію, фосфору та вітамінів групи В.

Розроблена технологія неглазурованих та глазурованих шоколадом з сублімованими рослинними порошками багат шарових чипсів з овочево-фруктової сировини та насіння льону дозволяє отримати інноваційний продукт з оригінальними смаковими властивостями і складом нутрієнтів. Можливість комбінування різних видів рослинної сировини (овочів, фруктів, насіння) дозволяє отримати широкий асортимент багат шарових чипсів

зі смаковими властивостями, що задовільнять уподобання різних категорій споживачів. Також комбінування рослинної сировини дозволяє збалансувати вміст поживних речовин у чипсах або ж отримати функціональний продукт для певних цільових груп споживачів.

Актуальними є подальші дослідження з визначення фізико-хімічних та органолептичних показників багат шарових чипсів із різними комбінаціями рослинної сировини (натуральних овочів, фруктів, ягід, насіння, а також сублімованих порошків із них), зокрема органічної.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ



- Akçay, M. E., Büyükyılmaz, M., & Burak, M. (2009). Marmara bölgesi için ümitvar armut Çesitleri-IV. *Bahçe*, 38(1), 1–10.
- Akkurt, K., Mogol, B. A., & Gökmen, V. (2021). Mitigation of acrylamide in baked potato chips by vacuum baking and combined conventional and vacuum baking processes. *LWT*, 144, 111211. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111211>
- Al Faruq, A., Zhang, M., & Adhikari, B. (2019). A novel vacuum frying technology of apple slices combined with ultrasound and microwave. *Ultrasonics Sonochemistry*, 52, 522–529. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.12.033>
- Al-Okbi, S. Y., Hussein, A. M. S., Hamed, I. M., Mohamed, D. A., & Helal, A. M. (2012). Chemical, rheological, sensorial and functional properties of gelatinized corn- rice bran flour composite corn flakes and tortilla chips. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(1), 83–89. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2012.00747.x>
- Aminlari, M., Ramezani, R., & Khalili, M. H. (2005). Production of protein-coated low-fat potato chips. *Food Science and Technology International*, 11(3), 177–181. <https://doi.org/10.1177/1082013205054785>
- Angor, M. M., Ajo, R., Al-Rousan, W., & Al-Abdullah, B. (2013). Effect of starchy coating films on the reduction of fat uptake in deep-fat fried potato pellet chips. *Italian Journal of Food Science*, 25(1), 45–50.
- Angor, M. M. (2014). Application of whey protein and whey protein isolate as edible coating films on potato pellets chips to reduce oil uptake during deep frying. *Contemporizing Engineering Science*, 7(34), 1839–1851. <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2014.410194>

- Angor, M. M. (2016). Reducing fat content of fried potato pellet chips using carboxymethyl cellulose and soy protein isolate solutions as coating films. *Journal of Agricultural Science*, 8(3), 162–168. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v8n3p162>
- Arendt, E. K., & Zannini, E. (2013). Maizes. In E. K. Arendt, E. Zannini (Eds.), *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries*, 67–115. <https://doi.org/10.1533/9780857098924.67>.
- Arslan, M., Xiaobo, Z., Shi, J., Rakha, A., Hu, X., Zareef, M., Zhai, X., & Basheer, S. (2018). Oil uptake by potato chips or French fries: A review. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 1800058. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201800058>
- Askari, G. R., Emam-Djomeh, Z., & Mousavi, S. M. A. (2004). Effect of drying method on microstructural changes of apple slices. In *Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004)* (pp. 1435–1441), Vol. B. São Paulo, Brazil.
- Athmaselvi, K. A., Kumar, C., Balasubramanian, M., & Ishita Roy. (2014). Thermal, structural, and physical properties of freeze dried tropical fruit powder. *Journal of Food Processing*, 2014, 524705. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/524705>
- Bai, J.-W., Zhang, L., Aheto, J. H., Cai, J.-R., Wang, Y.-C., Sun, L., & Tian, X.-Y. (2023). Effects of different pretreatment methods on drying kinetics, three-dimensional deformation, quality characteristics and microstructure of dried apple slices. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 83, e103216. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103216>
- Bavec, M., Turinek, M., Grobelnik-Mlakar, S., Slatnar, A., & Bavec, F. (2010). Influence of industrial and alternative farming systems on contents of sugars, organic acids, total phenolic content, and the antioxidant activity of red beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* Rote Kugel). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(22), 11825–11831. <https://doi.org/10.1021/jf103085p>
- Becalski, A., Lau, B. P.-Y., Lewis, D., & Seaman, S. W. (2003). Acrylamide in foods: occurrence, sources, and modeling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(3), 802–808. <https://doi.org/10.1021/jf020889y>
- Ben-Nun, L. (2019). *Characteristics of Zucchini*. B. N. Publication House. Israel.

- Bernacchia, R., Preti, R., & Vinci, G. (2014). Chemical composition and health benefits of flaxseed. *Austin Journal of Nutrition and Food Sciences*, 2(8), 1045.
- Bouaziz, F., Koubaa, M., Neifar, M., Zouari-Ellouzi, S., Besbes, S., Chaari, F., Kamoun, A., Chaabouni, M., Chaabouni, S. E., & Ghorbel, R. E. (2016). Feasibility of using almond gum as coating agent to improve the quality of fried potato chips: Evaluation of sensorial properties. *LWT – Food Science and Technology*, 65, 800–807. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.009>
- Bouchon, P., & Dueik, V. (2018). Frying of foods. In Rosenthal, A., Deliza, R., Welti-Chanes, J., Barbosa-Cánovas, G. (eds), *Fruit Preservation. Food Engineering Series* (pp. 275–309). Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3311-2_10
- Bradeen, J. M., & Simon, P. W. (2007). Carrot. In Kole, C. (eds), *Vegetables. Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants* (pp. 161–184). Vol. 5. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-34536-7_4
- Caixeta, A. T., Moreira, R., & Castell-Perez, M. E. (2002). Impingement drying of potato chips. *Journal of Food Process Engineering*, 25(1), 63–90. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2002.tb00556.x>
- Campeanu, G., Neata, G., & Darjanschi, G. (2009). Chemical composition of the fruits of several apple cultivars growth as biological crop. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37(2), 161–164. <https://doi.org/10.15835/nbha3723465>
- Ceclu, L., & Oana-Viorela, N. (2020). Red beetroot: composition and health effects – A review. *Journal of Open Access Nutritional Medicine and Diet Care*, 6:043. <https://doi.org/10.23937/2572-3278.1510043>
- Chayjan, R. A., Dibagar, N., & Alaei, B. (2017). Drying characteristics of zucchini slices under periodic infrared-microwave vacuum conditions. *Heat and Mass Transfer*, 53(12), 3473–3485. <https://doi.org/10.1007/s00231-017-2081-9>
- Ciurzyńska, A., Cieśluk, P., Barwińska, M., Marczak, W., Ordyniak, A., Lenart, A., & Janowicz, M. (2019). Eating habits and sustainable food production in the development of innovative «healthy» snacks. *Sustainability*, 11(10), 2800. <https://doi.org/10.3390/su11102800>

- Costa, R. M., Oliveira, F. A. R., & Boutcheva, G. (2001). Structural changes and shrinkage of potato during frying. *International Journal of Food Science and Technology*, 36(1), 11–23. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00413.x>
- Chen, J., Karlsson, C., & Povey, M. (2005). Acoustic envelope detector for crispness assessment of biscuits. *Journal of Texture Studies*, 36(2), 139–156. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2005.00008.x>
- Cruz, G., Cruz-Tirado, J. P., Delgado, K., Guzman, Y., Castro, F., Rojas, M. L., & Linares, G. (2017). Impact of pre-drying and frying time on physical properties and sensorial acceptability of fried potato chips. *Journal of Food Science and Technology*, 55(1), 138–144. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2866-3>
- Cui, Z.-W., Li, C.-Y., Song, C.-F., & Song, Y. (2008). Combined microwave-vacuum and freeze drying of carrot and apple chips. *Drying Technology*, 26(12), 1517–1523. <https://doi.org/10.1080/07373930802463960>
- De Jesus Junqueira, J. R., Corrêa, J. L. G., de Mendonça, K. S., de Mello Júnior, R. E., & de Souza, A. U. (2018). Pulsed vacuum osmotic dehydration of beetroot, carrot and eggplant slices: effect of vacuum pressure on the quality parameters. *Food and Bioprocess Technology*, 11(10), 1863–1875. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2147-9>
- De la Parra, C., Serna Saldivar, S. O., & Liu, R. H. (2007). Effect of processing on the phytochemical profiles and antioxidant activity of corn for production of masa, tortillas, and tortilla chips. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(10), 4177–4183. <https://doi.org/10.1021/jf063487p>
- De Oliveira, M. C., Sichieri, R., & Venturim Mozzer, R. (2008). A low-energy-dense diet adding fruit reduces weight and energy intake in women. *Appetite*, 51(2), 291–295. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2008.03.001>
- Del Nobile, M. (2001). Packaging design for potato chips. *Journal of Food Engineering*, 47(3), 211–215. [https://doi.org/10.1016/s0260-8774\(00\)00118-7](https://doi.org/10.1016/s0260-8774(00)00118-7)
- Demina, E. N., Safronova, O. V., Kuprina, I. K., Kochieva, I. V., & Abaeva, S. K. (2021a). Research of the mineral composition of freeze-dried plant powders. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 848(1), 012040. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/848/1/012040>
- Demina, E., Simonenkova, A., Luneva, O., Bychkova, T., & Zaugolnikova, E. (2021b). Usage of freeze-dried vegetable and fruit-berry powders

- in milkshake technology. In *E3S Web of Conferences: III International Conference «Energy Efficiency and Energy Saving in Technical Systems»*, 279, 03022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127903022>
- Deribew, H. A., & Woldegiorgis, A. Z. (2021). Acrylamide levels in coffee powder, potato chips and French fries in Addis Ababa city of Ethiopia. *Food Control*, 123, 107727. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107727>
- Dhital, S., Baier, S. K., Gidley, M. J., & Stokes, J. R. (2018). Microstructural properties of potato chips. *Food Structure*, 16, 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2018.03.001>
- Di Mattia, C. D., Sacchetti, G., Mastrocola, D., & Serafini, M. (2017). From cocoa to chocolate: the impact of processing on in vitro antioxidant activity and the effects of chocolate on antioxidant markers in vivo. *Frontiers in Immunology*, 8, 1207. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2017.01207>
- Donno, D., Mellano, M. G., Riionato, I., De Biaggi, M., Andriamaniraka, H., Gamba, G., & Beccaro, G. L. (2019). Traditional and unconventional dried fruit snacks as a source of health-promoting compounds. *Antioxidants*, 8(9), 396. <https://doi.org/10.3390/antiox8090396>
- Duarte-Correa, Y., Díaz-Osorio, A., Osorio-Arias, J., Sobral, P. J. A., & Vega-Castro, O. (2020). Development of fortified low-fat potato chips through vacuum impregnation and microwave vacuum drying. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 102437. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102437>
- Dudarev, I., & Kuzmin, O. (2023). Influence of plant-based ingredients on the sensory and physicochemical indicators of salad dressing. *Scientific Works of NUFT*, 29(2), 124–138. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2023-29-2-12>
- Dudarev, I., Panasyuk, S., Taraymovich, I., & Say, V. (2021). Effect of fruit and vegetable blanching and compression on the loss of multilayer chips. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 64(2), 247–256. <https://doi.org/10.35633/inmateh-64-24>
- Dueik, V., & Bouchon, P. (2011). Vacuum frying as a route to produce novel snacks with desired quality attributes according to new health trends. *Journal of Food Science*, 76(2), E188–E195. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01976.x>
- Dueik, V., Moreno, M. C., & Bouchon, P. (2012). Microstructural approach to understand oil absorption during vacuum and atmospheric frying.

- Journal of Food Engineering*, 111(3), 528-536. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.02.027>
- Eccher Zerbini, P. (2002). The quality of pear fruit. *Acta Horticulturae*, 596, 805–810. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2002.596.139>
- Eckhoff, S. R., & Paulsen, M. R. (1996). Maize. In Henry, R. J., Kettlewell, P. S. (eds), *Cereal Grain Quality*, 77–112. https://doi.org/10.1007/978-94-009-1513-8_3
- Edreschi, F. P., Mery, D., Mendoza, F., & Aguilera, J. M. (2006). Classification of potato chips using pattern recognition. *Journal of Food Science*, 69(6), E264–E270. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb10996.x>
- Ekholm, P., Reinivuo, H., Mattila, P., Pakkala, H., Koponen, J., Happonen, A., Hellstrom, J., & Ovaskainen, M.-L. (2007). Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(6), 487–495. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.02.007>
- Elmore, J. S., Xu, F., Maveddat, A., Kapetanou, R., Qi, H., & Oruna-Concha, M.-J. (2019). Acrylamide content of vegetable chips. *Food-Borne Toxicants: Formation, Analysis, and Toxicology*, 15–26. <https://doi.org/10.1021/bk-2019-1306.ch002>
- Ergün, A. R. (2022). The effects of electric field and ultrasound pretreatments on the drying time and physicochemical characteristics of the zucchini chips. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 94(3), e20210349. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202220210349>
- Erken, O., Kızılkaya, B., Altın, A., & Ayyıldız, H. (2020). Determination of protein and fat amounts in dried apple and pear chips. *Acta Natura et Scientia*, 1(1), 6–11.
- Ertekin Filiz, B., & Seydim, A. C. (2018). Kinetic changes of antioxidant parameters, ascorbic acid loss, and hydroxymethyl furfural formation during apple chips production. *Journal of Food Biochemistry*, e12676. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12676>
- Fan, L., Zhang, M., & Mujumdar, A. S. (2006). Effect of various pretreatments on the quality of vacuum-fried carrot chips. *Drying Technology*, 24(11), 1481–1486. <https://doi.org/10.1080/07373930600952826>
- Feng, X., Sun, G., & Fang, Z. (2022). Effect of hempseed cake (*Cannabissativa L.*) incorporation on the physicochemical and antioxidant properties of

- reconstructed potato chips. *Foods*, 11, 211. <https://doi.org/10.3390/foods11020211>
- Feng, S., Yi, J., Li, X., Wu, X., Zhao, Y., Ma, Y., & Bi, J. (2021). Systematic review of phenolic compounds in apple fruits: compositions, distribution, absorption, metabolism, and processing stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(1), 7–27. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c05481>
- Fernandes, F. A. N., Rodrigues, S., Law, C. L., & Mujumdar, A. S. (2010). Drying of exotic tropical fruits: A comprehensive review. *Food and Bioprocess Technology*, 4(2), 163–185. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0323-7>
- Finglas, P. M., & Faulks, R. M. (1984). Nutritional composition of UK retail potatoes, both raw and cooked. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35(12), 1347–1356. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740351212>
- Flood-Obbagg, J. E., & Rolls, B. J. (2009). The effect of fruit in different forms on energy intake and satiety at a meal. *Appetite*, 52(2), 416–422. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2008.12.001>
- Ganorkar, P. M., & Jain, R. K. (2013). Flaxseed – a nutritional punch. *International Food Research Journal*, 20(2), 519–525.
- Gao, J., Su, Y., Zhu, C., Li, J., Zheng, T., & Chitrakar, B. (2021). Reduction of oil uptake in deep-fried apple slices by the combined ultrasonic and ethanol pre-treatment. *LWT – Food Science and Technology*, 152, 112274. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112274>
- Garayo, J., & Moreira, R. (2002). Vacuum frying of potato chips. *Journal of Food Engineering*, 55(2), 181–191. [https://doi.org/10.1016/s0260-8774\(02\)00062-6](https://doi.org/10.1016/s0260-8774(02)00062-6)
- García-Alonso, A., & Goñi, I. (2000). Effect of processing on potato starch: *In vitro* availability and glycaemic index. *Nahrung/Food*, 44(1), 19–22. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1521-3803\(20000101\)44:1<19::aid-food19>3.0.co;2-e](https://doi.org/10.1002/(sici)1521-3803(20000101)44:1<19::aid-food19>3.0.co;2-e)
- Gaudel, N., Gaiani, C., Harshe, Y. M., Kammerhofer, J., Pouzot, M., Desobry, S., & Burgain, J. (2022). Reconstitution of fruit powders: A process – structure – function approach. *Journal of Food Engineering*, 315, 110800. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110800>
- Goldman, I. L., & Navazio, J. P. (2008). Table beet. In Prohens, J., Nuez, F. (eds), *Vegetables I. Handbook of Plant Breeding* (pp. 219–238). Vol 1. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-0-387-30443-4_7

- Goyal, B., & Goyal, P. (2018). Manufacturing of potato chips and its quality improvement. *Journal of Food Processing & Technology*, 9(12). <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000765>
- Grasso, S. (2020). Extruded snacks from industrial by-products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 284–294. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.012>
- Guadagni, D. G., Buttery, R. G., & Turnbaugh, J. G. (1972). Odour thresholds and similarity ratings of some potato chip components. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 23(12), 1435–1444. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740231207>
- Gwartz, J. A., & Garcia-Casal, M. N. (2013). Processing maize flour and corn meal food products. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312(1), 66–75. <https://doi.org/10.1111/nyas.1229>
- Gyurova, D. K., & Enikova, R. K. (2014). Dried fruits – brief characteristics of their nutritional values. Author's own data for dietary fibers content. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2(4), 105–109. <https://doi.org/10.11648/j.jfns.20140204.12>
- Haase, N. U., & Weber, L. (2003). Ascorbic acid losses during processing of French fries and potato chips. *Journal of Food Engineering*, 56(2–3), 207–209. [https://doi.org/10.1016/s0260-8774\(02\)00252-2](https://doi.org/10.1016/s0260-8774(02)00252-2)
- Hamid, M. G., & Mohamed Nour, A. A. A. (2018). Effect of different drying methods on quality attributes of beetroot (*Beta vulgaris*) slices. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 15(3), 287–298. <https://doi.org/10.1108/wjstsd-11-2017-0043>
- Han, J.-S., Kozukue, N., Young, K.-S., Lee, K.-R., & Friedman, M. (2004). Distribution of ascorbic acid in potato tubers and in home-processed and commercial potato foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(21), 6516–6521. <https://doi.org/10.1021/jf0493270>
- Harmankaya, M., Özcan, M. M., & Endes, Z. (2013). Mineral contents of several corn and potato chips. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 19(2), 222–227.
- Harnkarnsujarit, N., & Charoenrein, S. (2011). Effect of water activity on sugar crystallization and β -carotene stability of freeze-dried mango powder. *Journal of Food Engineering*, 105(4), 592–598. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.03.026>

- Hua, X., Wang, K., Yang, R., Kang, J., & Yang, H. (2015). Edible coatings from sunflower head pectin to reduce lipid uptake in fried potato chips. *LWT – Food Science and Technology*, 62(2), 1220–1225. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.02.010>
- Ingle, M., Thorat, S. S., Kotecha, P. M., & Nimbalkar, C. A. (2017). Nutritional assessment of beetroot (*Beta vulgaris* L.) powder cookies. *Asian Journal of Dairy & Food Research*, 36(3), 222–228. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.v36i03.8963>
- Itai, A. (2007). Pear. In: Kole, C. (eds), *Fruits and Nuts. Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants* (pp. 157–170), Vol. 4. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-34533-6_6
- Jane, J.-L., Kasemsuwan, T., Leas, S., Zobel, H., & Robyt, J. F. (1994). Anthology of starch granule morphology by scanning electron microscopy. *Starch – Stärke*, 46(4), 121–129. <https://doi.org/10.1002/star.19940460402>
- Jayanty, S. S., Diganta, K., & Raven, B. (2019). Effects of cooking methods on nutritional content in potato tubers. *American Journal of Potato Research*. <https://doi.org/10.1007/s12230-018-09704-5>
- Joshi, A., Rudra, S. G., Sagar, V. R., Raigond, P., Dutt, S., Singh, B., & Singh, B. P. (2016). Development of low fat potato chips through microwave processing. *Journal of Food Science and Technology*, 53(8), 3296–3303. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2304-y>
- Joshi, A. P. K., Rupasinghe, H. P. V., & Pitts, N. L. (2011). Comparison of nonfried apple snacks with commercially available fried snacks. *Food Science and Technology International*, 17(3), 249–255. <https://doi.org/10.1177/1082013210382337>
- Juvi, P., Chakkaravarthi, A., & Debnath, S. (2016). Emerging technique for healthier frying for production of reduced-fat beetroot (*Beta vulgaris*) chips. *Journal of Food Science and Technology*, 53(9), 3502–3511. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2326-5>
- Juvi, P., Selvi, M. K., & Debnath, S. (2020). Effect of vacuum frying on quality attributes of pear (*Pyrus communis* L) chips and blended oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, e14488. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14488>
- Kajla, P., Sharma, A., & Sood, D. R. (2014). Flaxseed – a potential functional food source. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 1857–1871. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1293-y>

- Kale, R. G., Sawate, A. R., Kshirsagar, R. B., Patil, B. M., & Mane, R. P. (2018). Studies on evaluation of physical and chemical composition of beetroot (*Beta vulgaris* L.). *International Journal of Chemical Studies*, 6(2), 2977–2979.
- Kalkisim, O., Okcu, Z., Karabulut, B., Ozdes, D., & Duran, C. (2017). Evaluation of pomological and morphological characteristics and chemical compositions of local pear varieties (*Pyrus communis* L.) grown in Gumushane, Turkey. *Erwerbs-Obstbau*, 60(2), 173–181. <https://doi.org/10.1007/s10341-017-0354-6>
- Katare, C., Saxena, S., Agrawal, S., Prasad, G. B. K. S., & Bisen, P. S. (2012). Flax seed: a potential medicinal food. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 2(1), 1000120. <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9600.1000120>
- Kaur, K., & Singh, A. K. (2014). Drying kinetics and quality characteristics of beetroot slices under hot air followed by microwave finish drying. *African Journal of Agricultural Research*, 9(12), 1036–1044. <https://doi.org/10.5897/AJAR2013.7759>
- Kawas, M. L., & Moreira, R. G. (2001). Characterization of product quality attributes of tortilla chips during the frying process. *Journal of Food Engineering*, 47(2), 97–107. [https://doi.org/10.1016/s0260-8774\(00\)00104-7](https://doi.org/10.1016/s0260-8774(00)00104-7)
- Kayacier, A., & Singh, R. K. (2003). Textural properties of baked tortilla chips. *LWT – Food Science and Technology*, 36(5), 463–466. [https://doi.org/10.1016/s0023-6438\(02\)00222-0](https://doi.org/10.1016/s0023-6438(02)00222-0)
- Khan Khayru, R., Darmawan, D., & Munir, M. (2021). Analysis of product preference of Chitato and Lays potato chips. *Journal of Management, Accounting, General Finance and International Economic Issues*, 1(1), 10–15. <https://doi.org/10.55047/marginal.v1i1.7>
- Knuthsen, P., Jensen, U., Schmidt, B., & Larsen, I. K. (2009). Glycoalkaloids in potatoes: content of glycoalkaloids in potatoes for consumption. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(6), 577–581. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.003>
- Kochar, G. K., & Sharma, K. K. (1992). Fiber content and its composition in commonly consumed Indian vegetables and fruits. *Journal of Food Science and Technology*, 29, 187–190.
- Konopacka, D., & Markowski, J. (2004). Retention of ascorbic acid during apple chips production and storage. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 54(3), 237–241.

- Konopacka, D., & Plocharski, W. J. (2001). Effect of raw material storage time on the quality of apple chips. *Drying Technology*, 19(3-4), 559–570. <https://doi.org/10.1081/drt-100103934>
- Kopczyńska, K., Średnicka-Tober, D., Hallmann, E., Wilczak, J., Wasiak-Zys, G., Wyszyński, Z., Kucińska, K., Perzanowska, A., Szacki, P., Barański, M., Gawron, P., Górska-Walczak, R., Rembiatowska, E., & Kazimierczak, R. (2021). Bioactive compounds, sugars, and sensory attributes of organic and conventionally produced courgette [*Cucurbita pepo*]. *Foods*, 10(10), 2475. <https://doi.org/10.3390/foods10102475>
- Kowalska, H., Marzec, A., Kowalska, J., Samborska, K., Tywonek, M., & Lenart, A. (2018). Development of apple chips technology. *Heat and Mass Transfer*, 54, 3573–3586. <http://doi.org/10.1007/s00231-018-2346-y>
- Kręcisz, M., Stępień, B., Pastawska, M., Poptoński, J., & Dulak, K. (2021). Physicochemical and quality properties of dried courgette slices: impact of vacuum impregnation and drying methods. *Molecules*, 26(15), 4597. <https://doi.org/10.3390/molecules26154597>
- Kumar, P., Sethi, S., Sharma, R. R., Singh, S., Saha, S., Sharma, V. K., Verma, M. K., & Sharma, S. K. (2018). Nutritional characterization of apple as a function of genotype. *Journal of Food Science and Technology*, 55(7), 2729–2738. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3195-x>
- Kurek, M., Ščetar, M., & Galić, K. (2017). Edible coatings minimize fat uptake in deep fat fried products: A review. *Food Hydrocolloids*, 71, 225–235. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.05.006>
- Kwak, H. S., Chang, Y. H., & Lee, Y. (2014). Estimation of crispness and consumer acceptance of fried potato chips by mechanical and acoustic measurements. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(2), 500–506. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12696>
- Kwak, H. S., Kim, S. S., Chang, Y. H., Saleh, M., & Lee, Y. (2019). Prediction of sensory crispness of potato chips using a reference-calibration method. *Journal of Food Quality*, 2019, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2019/5462751>
- Lech, K., Figiel, A., Wojdyto, A., Korzeniowska, M., Serowik, M., & Szarycz, M. (2015). Drying kinetics and bioactivity of beetroot slices pretreated in concentrated chokeberry juice and dried with vacuum microwaves. *Drying Technology*, 33(13), 1644–1653. <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1075209>

- Leeratanarak, N., Devahastin, S., & Chiewchan, N. (2006). Drying kinetics and quality of potato chips undergoing different drying techniques. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 635–643. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.07.022>
- Lenart, A. (1996). Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application. *Drying Technology*, 14(2), 391–413. <https://doi.org/10.1080/07373939608917104>
- Linovskaya, N. V., Mazukabzova, E. V., Kondratyev, N. B., & Krylova, E. N. (2019). The study of technological adequacy of raw materials used in the production of chocolate semi-finished product. *Vestnik of MSTU*, 22(3), 404–412. <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2019-22-3-404-412>
- Lisiecka, K., & Wójtowicz, A. (2020). Possibility to save water and energy by application of fresh vegetables to produce supplemented potato-based snack pellets. *Processes*, 8(2), 153. <https://doi.org/10.3390/pr8020153>
- Lisiecka, K., Wójtowicz, A., Samborska, K., Mitrus, M., Oniszczyk, T., Combrzynski, M., Soja, J., Lewko, P., Kasprzak Drozd, K., & Oniszczyk, A. (2023). Structure and texture characteristics of novel snacks expanded by various methods. *Materials*, 16, 1541. <https://doi.org/10.3390/ma16041541>
- Liu, Q., Donner, E., Tarn, R., Singh, J., & Chung, H.-J. (2009). Chapter 8 – Advanced analytical techniques to evaluate the quality of potato and potato starch. In Jaspreet Singh, Lovedeep Kaur (Eds), *Advances in Potato Chemistry and Technology* (pp. 221–248). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374349-7.00008-8>
- Liu, Y., Duan, Z., & Sabadash, S. (2020). Effect of hot air drying temperatures on drying characteristics and physicochemical properties of beetroot (*Beta vulgaris*) slices. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 615, 012099. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/615/1/012099>
- Liu, Y., Tian, J., Zhang, T., & Fan, L. (2021). Effects of frying temperature and pore profile on the oil absorption behavior of fried potato chips. *Food Chemistry*, 345, 128832. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128832>
- Liu, Y., Zhang, Z., & Hu, L. (2022). High efficient freeze-drying technology in food industry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(12), 3370–3388. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1865261>
- Ma, Q., Ma, Z., Wang, W., Mu, J., Liu, Y., Wang, J., Stipkovits, L., Hui, X., Wu, G., & Sun, J. (2022). The effects of enzymatic modification on the functional

- ingredient – Dietary fiber extracted from potato residue. *LWT – Food Science and Technology*, 153, 112511. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112511>
- Malakar, S., Alam, M., & Arora, V. K. (2022). Evacuated tube solar and sun drying of beetroot slices: Comparative assessment of thermal performance, drying kinetics, and quality analysis. *Solar Energy*, 233, 246–258. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.01.029>
- Marangoni, F., Martini, D., Scaglioni, S., Sculati, M., Donini, L. M., Leonardi, F., Agostoni, C., Castelnuovo, G., Ferrara, N., Ghiselli, A., Giampietro, M., Maffei, C., Porrini, M., Barbi, B., & Poli, A. (2019). Snacking in nutrition and health. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 70(8), 909–923. <https://doi.org/10.1080/09637486.2019.1595543>
- Mariscal, M., & Bouchon, P. (2008). Comparison between atmospheric and vacuum frying of apple slices. *Food Chemistry*, 107(4), 1561–1569. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.09.031>
- Martínez-Valdivieso, D., Gómez, P., Font, R., & Río-Celestino, M. D. (2014). Mineral composition and potential nutritional contribution of 34 genotypes from different summer squash morphotypes. *European Food Research and Technology*, 240(1), 71–81. <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2308-7>
- Matiacevich, S. B., Mery, D., & Pedreschi, F. (2011). Prediction of mechanical properties of corn and tortilla chips by using computer vision. *Food and Bioprocess Technology*, 5(5), 2025–2030. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0662-z>
- Mellema, M. (2003). Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Science & Technology*, 14(9), 364–373. [https://doi.org/10.1016/s0924-2244\(03\)00050-5](https://doi.org/10.1016/s0924-2244(03)00050-5)
- Mendoza, F., Dejmek, P., & Aguilera, J. M. (2007). Colour and image texture analysis in classification of commercial potato chips. *Food Research International*, 40(9), 1146–1154. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.06.014>
- Mesias, M., Delgado-Andrade, C., & Morales, F. J. (2019). Risk/benefit evaluation of traditional and novel formulations for nacking: acrylamide and furfurals as process contaminants. *Journal of Food Composition and Analysis*, 79, 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.03.011>

- Miranda, M. L., & Aguilera, J. M. (2006). Structure and texture properties of fried potato products. *Food Reviews International*, 22(2), 173–201. <https://doi.org/10.1080/87559120600574584>
- Moreira, R. G., Palau, J., Sweat, V. E., & Sun, X. (1995). Thermal and physical properties of tortilla chips as a function of frying time. *Journal of Food Processing and Preservation*, 19(3), 175–189. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1995.tb00287.x>
- Moreira, R. G., Da Silva, P. F., & Gomes, C. (2009). The effect of a de-oiling mechanism on the production of high quality vacuum fried potato chips. *Journal of Food Engineering*, 92(3), 297–304. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.11.012>
- Moreno, M. C., Brown, C. A., & Bouchon, P. (2010). Effect of food surface roughness on oil uptake by deep-fat fried products. *Journal of Food Engineering*, 101(2), 179–186. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.06.024>
- Moscicki, L. (Ed.). (2011). *Extrusion-cooking techniques: applications, theory and sustainability*. John Wiley & Sons.
- Muhammad, D. R. A., Saputro, A. D., Rottiers, H., Van de Walle, D., & Dewettinck, K. (2018). Physicochemical properties and antioxidant activities of chocolates enriched with engineered cinnamon nanoparticles. *European Food Research and Technology*, 244(7), 1185–1202. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3035-2>
- Mullin, W. J., & Smith, J. M. (1991). Dietary fiber in raw and cooked potatoes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 4(2), 100–106. [https://doi.org/10.1016/0889-1575\(91\)90003-o](https://doi.org/10.1016/0889-1575(91)90003-o)
- Musacchi, S., & Serra, S. (2018). Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*, 234, 409–430. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.057>
- Nguyen, K. H., Fromberg, A., Duedahl-Olesen, L., Christensen, T., & Granby, K. (2022). Processing contaminants in potato and other vegetable crisps on the Danish market: Levels and estimation of exposure. *Journal of Food Composition and Analysis*, 108, 104411. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104411>
- Nistor, O.-V., Seremet (Ceclu), L., Andronoiu, D. G., Rudi, L., & Botez, E. (2017). Influence of different drying methods on the physicochemical properties of red beetroot (*Beta vulgaris* L. var. *Cylindra*). *Food Chemistry*, 236, 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.129>

- Nour, V., Trandafir, I., & Ionica, M. E. (2010). Compositional characteristics of fruits of several apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(3), 228–233. <https://doi.org/10.15835/nbha3834762>
- Nuss, E. T., & Tanumihardjo, S. A. (2010). Maize: a paramount staple crop in the context of global nutrition. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(4), 417–436. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00117.x>
- Onwude, D. I., Hashim, N., Janius, R., Abdan, K., Chen, G., & Oladejo, A. O. (2017). Non-thermal hybrid drying of fruits and vegetables: A review of current technologies. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 43, 223–238. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.08.010>
- Onwude, D. I., Hashim, N., Janius, R. B., Nawi, N. M., & Abdan, K. (2016). Modeling the thin-layer drying of fruits and vegetables: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(3), 599–618. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12196>
- Ouchon, P. B., & Pyle, D. L. (2006). Studying oil absorption in restructured potato chips. *Journal of Food Science*, 69(3), 115–122. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb13363.x>
- Öztürk, A., Demirsoy, L., Demirsoy, H., Asan, A., & Gül, O. (2014). Phenolic compounds and chemical characteristics of pears (*Pyrus Communis* L.). *International Journal of Food Properties*, 18(3), 536–546. <https://doi.org/10.1080/10942912.2013.835821>
- Pedreschi, F., León, J., Mery, D., & Moyano, P. (2006). Development of a computer vision system to measure the color of potato chips. *Food Research International*, 39(10), 1092–1098. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.03.009>
- Pedreschi, F., León, J., Mery, D., Moyano, P., Pedreschi, R., Kaack, K., & Granby, K. (2007). Color development and acrylamide content of pre-dried potato chips. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 786–793. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.03.001>
- Pedreschi, F., Mery, D., Bungler, A., & Yañez, V. (2010). Computer vision classification of potato chips by color. *Journal of Food Process Engineering*, 34(5), 1714–1728. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2009.00540.x>
- Pedreschi, F., Mery, D., & Marique, T. (2016). Chapter 22 – Quality evaluation and control of potato chips. In Da-Wen Sun (Ed.), *Computer Vision Technology*

- for *Food Quality Evaluation*, 591-613. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802232-0.00022-0>
- Pedreschi, F., & Moyano, P. (2005). Effect of pre-drying on texture and oil uptake of potato chips. *LWT – Food Science and Technology*, 38(6), 599–604. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.08.008>
- Pedreschi, F., Moyano, P., Santis, N., & Pedreschi, R. (2007). Physical properties of pre-treated potato chips. *Journal of Food Engineering*, 79(4), 1474–1482. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.04.029>
- Pedreschi, F., Segnini, S., & Dejmek, P. (2004). Evaluation of the texture of fried potatoes. *Journal of Texture Studies*, 35(3), 277–291. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2004.tb00838.x>
- Pelletier, O., Nantel, C., Leduc, R., Tremblay, L., & Brassard, R. (1977). Vitamin C in potatoes prepared in various ways. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 10(3), 138–142. [https://doi.org/10.1016/s0315-5463\(77\)73491-1](https://doi.org/10.1016/s0315-5463(77)73491-1)
- Perla, V., Holm, D. G., & Jayanty, S. S. (2012). Effects of cooking methods on polyphenols, pigments and antioxidant activity in potato tubers. *LWT – Food Science and Technology*, 45(2), 161–171. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.08.005>
- Peters, A. P., Tullio, L. T., Lima, R. F., Carvalho, C. B. O., Barros, Z. M. P., Fraga Neta, E., Frizon, C. N. T., Ávila, S., Azoubel, P. M., Anjos, M. C. R., & Ferreira, S. M. R. (2021). Physicochemical properties and sensory acceptability of beetroot chips pre-treated by osmotic dehydration and ultrasound. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24, e2020068. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.06820>
- Powers, S. J., Mottram, D. S., Curtis, A., & Halford, N. G. (2013). Acrylamide concentrations in potato crisps in Europe from 2002 to 2011. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 30(9), 1493–1500. <https://doi.org/10.1080/19440049.2013.805439>
- Ramasawmy, G., Goburdhun, D., & Ruggoo, A. (1999). Effects of different preparation technologies on proximate composition and calorie content of potato products. *Science and Technology – Research Journal*, 4, 181–194.
- Ramos, I. N., Brandão, T. R. S., & Silva, C. L. M. (2003). Structural changes during air drying of fruits and vegetables. *Food Science and Technology International*, 9(3), 201–206. <https://doi.org/10.1177/1082013030335522>

- Reiland, H., & Slavin, J. (2015). Systematic review of pears and health. *Nutrition Today*, 50(6), 301–305. <https://doi.org/10.1097/nt.0000000000000112>
- Reyniers, S., Ooms, N., & Delcour, J. A. (2020). Transformations and functional role of starch during potato crisp making: A review. *Journal of Food Science*, 85(12), 4118–4129. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15508>
- Riaz, M. N. (2004). Snack foods, processing. *Encyclopedia of Grain Science*, 98–108. <https://doi.org/10.1016/b0-12-765490-9/00149-x>
- Rózyło, R. (2020). Recent trends in methods used to obtain natural food colorants by freeze-drying. *Trends in Food Science & Technology*, 102, 39–50. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.005>
- Sablani, S. S. (2006). Drying of fruits and vegetables: retention of nutritional/functional quality. *Drying Technology*, 24(2), 123–135. <https://doi.org/10.1080/07373930600558904>
- Saifullah, M., Yusof, Y. A., Chin, N. L., & Aziz, M. G. (2016). Physicochemical and flow properties of fruit powder and their effect on the dissolution of fast dissolving fruit powder tablets. *Powder Technology*, 301, 396–404. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.06.035>
- Salazar, R., Arámbula-Villa, G., Luna-Bárceñas, G., Figueroa-Cárdenas, J. D., Azuara, E., & Vázquez-Landaverde, P. A. (2014). Effect of added calcium hydroxide during corn nixtamalization on acrylamide content in tortilla chips. *LWT – Food Science and Technology*, 56(1), 87–92. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.10.046>
- Saldivar, S. O. S. (2016). Snack foods: types and composition. *Encyclopedia of Food and Health*, 13–18. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00633-4>
- Salehi, F. (2018). Color changes kinetics during deep fat frying of carrot slice. *Heat and Mass Transfer*, 54, 3421–3426. <https://doi.org/10.1007/s00231-018-2382-7>
- Salvador, A., Varela, P., Sanz, T., & Fiszman, S. M. (2009). Understanding potato chips crispy texture by simultaneous fracture and acoustic measurements, and sensory analysis. *LWT – Food Science and Technology*, 42(3), 763–767. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.09.016>
- Segnini, S., Dejmek, P., & Oste, R. (1999). Reproducible texture analysis of potato chips. *Journal of Food Science*, 64(2), 309–312. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb15889.x>

- Segnini, S., Pedreschi, F., & Dejmek, P. (2004). Volume measurement method of potato chips. *International Journal of Food Properties*, 7(1), 37–44. <https://doi.org/10.1081/jfp-120022494>
- Serna-Saldivar, S. O. (2015). Nutrition and fortification of corn and wheat tortillas. In L.W. Rooney, S.O. Serna-Saldivar (Eds), *Tortillas*, 29–63. <https://doi.org/10.1016/b978-1-891127-88-5.50002-5>
- Serna-Saldivar, S. O. (Ed.). (2022). *Snack foods: processing, innovation, and nutritional aspects* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003129066>
- Serna-Saldivar, S. O., Tellez-Giron, A., & Rooney, L. W. (1988). Production of tortilla chips from sorghum and maize. *Journal of Cereal Science*, 8(3), 275–284. [https://doi.org/10.1016/s0733-5210\(88\)80039-0](https://doi.org/10.1016/s0733-5210(88)80039-0)
- Sharma, K. D., Karki, S., Thakur, N. S., & Attri, S. (2011). Chemical composition, functional properties and processing of carrot – a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(1), 22–32. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0310-7>
- Shen, X., Zhang, M., Bhandari, B., & Guo, Z. (2018). Effect of ultrasound dielectric pretreatment on the oxidation resistance of vacuum-fried apple chips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(12), 4436–4444. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8966>
- Shyu, S.-L., Hau, L.-B., & Hwang, L. S. (2005). Effects of processing conditions on the quality of vacuum-fried carrot chips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(11), 1903–1908. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2195>
- Shyu, S.-L., & Hwang, L. S. (2001). Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. *Food Research International*, 34(2–3), 133–142. [https://doi.org/10.1016/s0963-9969\(00\)00141-1](https://doi.org/10.1016/s0963-9969(00)00141-1)
- Simon, P. W., Freeman, R. E., Vieira, J. V., Boiteux, L. S., Briard, M., Nothnagel, T., Michalik, B., & Kwon, Y.-S. (2008). Carrot. In Prohens, J., Nuez, F. (eds), *Vegetables II. Handbook of Plant Breeding* (pp. 327–357). Vol. 2. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-0-387-74110-9_8
- Singh, K. K., Mridula, D., Barnwal, P., & Rehal, J. (2012). Physical and chemical properties of flaxseed. *International Agrophysics*, 26, 423–426. <https://doi.org/10.2478/v10247-012-0060-4>
- Singh, K. K., Mridula, D., Rehal, J., & Barnwal, P. (2011). Flaxseed: A potential source of food, feed and fiber. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(3), 210–222. <https://doi.org/10.1080/10408390903537241>

- Singh Yadav, B. (2011). Effect of frying, baking and storage conditions on resistant starch content of foods. *British Food Journal*, 113(6), 710–719. <https://doi.org/10.1108/00070701111140061>
- Șleagun, G., & Pavlinciu, M. (2019). Clasificarea snacks-urilor de fructe în baza studiului diversității lor pe piața mondială. *Intellectus*, 3–4, 77–85.
- Sulaeman, A., Keeler, L., Taylor, S. L., Giraud, D. W., & Driskell, J. A. (2001). Carotenoid content, physicochemical, and sensory qualities of deep-fried carrot chips as affected by dehydration/rehydration, antioxidant, and fermentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(7), 3253–3261. <https://doi.org/10.1021/jf010142s>
- Sulaeman, A., Keeler, L., Giraud, D. W., Taylor, S. L., & Driskell, J. A. (2003). Changes in carotenoid, physicochemical and sensory values of deep-fried carrot chips during storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 38(5), 603–613. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2003.00689.x>
- Suri, D. J., & Tanumihardjo, S. A. (2016). Effects of different processing methods on the micronutrient and phytochemical contents of maize: from A to Z. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(5), 912–926. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12216>
- Szczesniak, A. S. (1963). Classification of textural characteristics. *Journal of Food Science*, 28(4), 385–389. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00215.x>
- Tajner-Czopek, A., Rytel, E., Kita, A., Pęksa, A., & Hamouz, K. (2012). The influence of thermal process of coloured potatoes on the content of glycoalkaloids in the potato products. *Food Chemistry*, 133(4), 1117–1122. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.015>
- Taniwaki, M., Sakurai, N., & Kato, H. (2010). Texture measurement of potato chips using a novel analysis technique for acoustic vibration measurements. *Food Research International*, 43(3), 814–818. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.11.021>
- Taniwaki, M., & Kohyama, K. (2012). Mechanical and acoustic evaluation of potato chip crispness using a versatile texture analyzer. *Journal of Food Engineering*, 112(4), 268–273. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.05.015>
- Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., & Törnqvist, M. (2002). Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs.

- Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(17), 4998–5006. <https://doi.org/10.1021/jf020302f>
- Tarko, T., Duda-Chodak, A., Sroka, P., Satora, P., & Tuszyński, T. (2010). Production of flavored apple chips of high antioxidant activity. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34(4), 728–742. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2009.00389.x>
- Taskin, O., Polat, A., Izli, N., & Asik, B. B. (2019). Intermittent microwave-vacuum drying effects on pears. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 69(1), 101–108. <https://doi.org/10.31883/pjfn-2019-0010>
- Tavera-Quiroz, M. J., Urriza, M., Pinotti, A., & Bertola, N. (2011). Plasticized methylcellulose coating for reducing oil uptake in potato chips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(7), 1346–1353. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4704>
- Tian, J., Chen, J., Lv, F., Chen, S., Chen, J., Liu, D., & Ye, X. (2016). Domestic cooking methods affect the phytochemical composition and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes. *Food Chemistry*, 197, 1264–1270. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.049>
- Tuta, S., & Palazoğlu, T. K. (2017). Effect of baking and frying methods on quality characteristics of potato chips. *GIDA*, 42(1), 43–49. <https://doi.org/10.15237/gida.GD16050>
- Ufheil, G., & Escher, F. (1996). Dynamics of oil uptake during deep-fat frying of potato slices. *LWT – Food Science and Technology*, 29(7), 640–644. <https://doi.org/10.1006/fstl.1996.0097>
- Vasconcellos, J., Conte-Junior, C., Silva, D., Pierucci, A. P., Paschoalin, V., & Alvares, T. S. (2016). Comparison of total antioxidant potential, and total phenolic, nitrate, sugar, and organic acid contents in beetroot juice, chips, powder, and cooked beetroot. *Food Science and Biotechnology*, 25(1), 79–84. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0011-0>
- Velickova, E., Winkelhausen, E. & Kuzmanova, S. (2014). Physical and sensory properties of ready to eat apple chips produced by osmo-convective drying. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 3691–3701. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0950-x>
- Vickers, Z. M. (1987). Sensory, acoustical, and force-deformation measurements of potato chip crispness. *Journal of Food Science*, 52(1), 138–140. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb13990.x>

- Wang, H., Fu, Q., Chen, S., Hu, Z., & Xie, H. (2018). Effect of hot-water blanching pretreatment on drying characteristics and product qualities for the novel integrated freeze-drying of apple slices. *Journal of Food Quality*, 2018, e1347513. <https://doi.org/10.1155/2018/1347513>
- Xiao, M., Yi, J., Bi, J., Zhao, Y., Peng, J., Hou, C., Lyu, J., & Zhou, M. (2018). Modification of cell wall polysaccharides during drying process affects texture properties of apple chips. *Journal of Food Quality*, 2018, e4510242. <https://doi.org/10.1155/2018/4510242>
- Yagua, C. V., & Moreira, R. G. (2011). Physical and thermal properties of potato chips during vacuum frying. *Journal of Food Engineering*, 104(2), 272–283. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.12.018>
- Yang, J., Martin, A., Richardson, S., & Wu, C.-H. (2017). Microstructure investigation and its effects on moisture sorption in fried potato chips. *Journal of Food Engineering*, 214, 117–128. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.06.034>
- Yee, N. G., & Bussell, W. T. (2007). Good potatoes for good potato crisps, a review of current potato crisp quality control and manufacture. *Food*, 1(2), 271–286.
- Yi, J., Zhou, L., Bi, J., Chen, Q., Liu, X., & Wu, X. (2015a). Impacts of pre-drying methods on physicochemical characteristics, color, texture, volume ratio, microstructure and rehydration of explosion puffing dried pear chips. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(5), 863–873. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12664>
- Yi, J.-Y., Zhou, L.-Y., Bi, J.-F., Wang, P., Liu, X., & Wu, X.-Y. (2015b). Influence of number of puffing times on physicochemical, color, texture, and microstructure of explosion puffing dried apple chips. *Drying Technology*, 34(7), 773–782. <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1076838>
- Yilmaz, G., & Altuntas, E. (2020). Some bio-technical properties of flax seeds, fennel seeds and harmful seed capsules. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research (TURKAGER)*, 1(2), 222–232. <https://doi.org/10.46592/turkager.2020.v01i02.001>
- Yu, L., Li, J., Ding, S., Hang, F., & Fan, L. (2016). Effect of guar gum with glycerol coating on the properties and oil absorption of fried potato chips. *Food Hydrocolloids*, 54, 211–219. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.10.003>

- Zaheer, K., & Akhtar, M. H. (2014). Potato production, usage, and nutrition – A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(5), 711–721. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.724479>
- Zhang, J., & Fan, L. (2021). Effects of preliminary treatment by ultrasonic and convective air drying on the properties and oil absorption of potato chips. *Ultrasonics Sonochemistry*, 74, 105548. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105548>
- Zhang, Y., Zhang, T., Fan, D., Li, J., & Fan, L. (2018). The description of oil absorption behavior of potato chips during the frying. *LWT*, 96, 119–126. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.094>
- Zhu, J., Liu, Y., Zhu, C., & Wei, M. (2022). Effects of different drying methods on the physical properties and sensory characteristics of apple chip snacks. *LWT – Food Science and Technology*, 154, 112829. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112829>
- Żyżelewicz, D., Oracz, J., Bilicka, M., Kulbat-Warycha, K., & Klewicka, E. (2021). Influence of freeze-dried phenolic-rich plant powders on the bioactive compounds profile, antioxidant activity and aroma of different types of chocolates. *Molecules*, 26(22), 7058. <https://doi.org/10.3390/molecules26227058>

- Алексашина, С. А. (2021). *Разработка технологии получения чипсов из плодово-ягодного и овощного сырья с повышенным антиоксидантным действием* [Диссертация канд. техн. наук]. Самарский государственный технический университет, Самара.
- Альферович, К. А., & Броско, Я. О. (2022). Анализ состава наиболее часто употребляемых студентами продуктов питания. В *Актуальные вопросы радиационной и экологической медицины, лучевой диагностики и лучевой терапии* (с. 48–52). Гродненский государственный медицинский университет, Гродно.
- Аникин, А. А. (2017). *Научное обоснование способа производства рапсового масла методом прессования с промежуточным экструдированием* [Автореферат диссертации канд. техн. наук]. Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж.
- Асадова, М. Г., & Новикова, О. А. (2017). Влияние сортовых особенностей картофеля на его технологические качества. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*, 5, 18–21.

- Бутина, Е. А., Шаззо, А. А., & Корнена, Е. П. (2009). Пищевая ценность и физиологическая активность кукурузных масел. *Известия вузов. Пищевая технология*, 1, 16–18.
- Волков, Д. И., Ким, И. В., Гисюк, А. А., & Клыков, А. Г. (2022). Оценка сортов картофеля на пригодность к переработке на хрустящий картофель и фри в условиях Приморского края. *Овощи России*, 5, 35–42. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-5-35-42>
- Грибова, Н. А., & Елисеєва, Л. Г. (2017). Осмотическая дегидратация плодоягодного сырья в пищевой промышленности. *Вестник ВГУИТ*, 79(2), 134–142. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-2-134-142>
- Громова, О. А., & Ребров, В. Г. (2007). Сахарозаменители. Вопросы эффективности и безопасности применения. *Трудный пациент*, 5(12–13), 47–49.
- Гусарова, О. В. (2018). Вплив видів бланшування яблук на процес зневоднення під час виробництва чипсів. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*, 1(27), 147–156.
- Древин, В. Е., Шипаева, Т. А., & Комарова, В. И. (2013). Технологические основы получения лимонной кислоты. *Пищевая промышленность*, 12, 46–47.
- ДСТУ 4608:2006. (2007). Чіпси і снеки картопляні. Загальні технічні умови. Київ : Держспоживстандарт України.
- Дударєв, І. М. (2022). *Спосіб виробництва глазурованих багатошарових чипсів*. Патент № 151394 Україна, МПК А23В7/02, F26В3/06, А23L19/18. Заявл. 14.02.2022. Опубл. 13.07.2022. Бюл. № 28.
- Дударєв, І. М., & Кузьмін, О. В. (2023). *Практикум з методології наукових досліджень* : навч. посіб. Одеса : Олді+. 278 с.
- Дударєв, І. М., & Панасюк, С. Г. (2020). Дослідження впливу товщини нарізування плодів та коренеплодів на площу поверхні шматочків. *Сільськогосподарські машини*, 44, 51–70. <https://doi.org/10.36910/agromash.vi44.294>
- Дударєв, І., Панасюк, С., & Тараймович, І. (2022). Інноваційна технологія глазурованих шоколадом багатошарових чипсів. *Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації*, 5(1), 131–146. <https://doi.org/10.31866/2616-7468.5.1.2022.260886>
- Дударєв, І. М., Панасюк, С. Г., Тараймович, І. В., Бойко, А. А., & Шишка, О. Б. (2021). *Спосіб виробництва багатошарових чипсів*. Патент № 146536

- Україна, МПК А23В7/02, F26В3/06, А23L19/00. Заявл. 26.10.2020. Опубл. 24.02.2021. Бюл. № 8.
- Забалуева, Ю. Ю., Колесникова, Н. В., & Федорова, Т. Ц. (2011). Сравнительная характеристика пищевой ценности фруктовых чипсов. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*, 1(1), 155–156.
- Калина, В. С., & Вечера, Г. М. (2016). Аналіз існуючих технологій виробництва картопляних чіпсів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного*, 19(2), 146–152. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-2-146-152>
- Калинина, И. В., & Руськина, А. А. (2014). Современные подходы в технологии безопасной снековой продукции. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*, 2(3), 29–36.
- Коваленко, О. А. (2017). Удосконалення технології картопляних чіпсів, збагачених поліненасиченими жирними кислотами [Автореферат дисертації канд. техн. наук]. Національний університет харчових технологій, Київ.
- Коваленко, О. А., Ковбаса, В. М., Гребень, Б. В., Нагорний, В. Ю., & Купріянова, Т. М. (2016a). Дослідження процесу обсмажування картопляних чіпсів. *Харчова наука і технологія*, 10(2), 32–36.
- Коваленко, О. А., Ковбаса, В. М., Радзівська, І. Г., Гребень, Б. В., & Нагорний, В. Ю. (2016b). Дослідження стабільності рослинних олій та їх купажів під час обсмажування картопляних чіпсів. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*, 1(23), 223–231.
- Ковбаса, В. М., & Коваленко, О. А. (2017). Дослідження якості картопляних чіпсів під час зберігання. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 23(3), 147–153.
- Ковтун, А. В. (2020). Удосконалення технології формованих картопляних чіпсів підвищеної харчової цінності [Автореферат дисертації канд. техн. наук]. Національний університет харчових технологій, Київ.
- Королев, А. А. (2013). *Разработка технологии плодоовощных чипсов* [Диссертации канд. техн. наук]. Всероссийский научно-исследовательский институт консервной и овощесушильной промышленности, Москва.
- Костюк, В. А. (2022). Биологическая активность куркумина и перспективы его фармакологического использования. *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*, 20(2), 144–151. <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2022-20-2-144-151>

- Кузьмина, В. А. (2016). Формирование качества снеков. В С. А. Богатырев (Ред.), *Безопасность и качество товаров: Материалы X Международной научно-практической конференции* (с. 36–40). Саратов.
- Левківська, Т. М., Бендерська, О. В., & Писарєв, М. Г. (2020). Перспективи використання моркви у виробництві натуральних снеків. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*, 31(70), 3(2), 55–60. <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/10>
- Лисогор, О. А., Ковбаса, В. М., & Купріянова, Т. М. (2014). Сировина для виробництва картопляних чипсів. *Продовольчі ресурси*, 2(3), 40–43.
- Литвяк, В. В., Лобанов, В. Г., Росляков, Ю. Ф., Гончар, В. В., & Вершинина, О. Л. (2020). Инновационная технология производства глазированных чипсов. *Вестник КрасГАУ*, 12(165), 238–248. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-12-238-248>
- Лохова, А. И., & Фещенко, Е. М. (2022). Качество и биохимический состав плодов груши в условиях Южного Урала. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 5(97), 93–98. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-97-5-93-98>
- Луговська, О. А., & Калінін, І. В. (2021). Хімічна модифікація крохмалю. В В. В. Суховєєва (Ред.) *Збірник статей «Фундаментальні та прикладні дослідження в сучасній хімії та фармації» за матеріалами VIII Міжнародної заочної науково-практичної конференції молодих учених* (с. 65–68). Ніжин: НДУ ім. Миколи Гоголя.
- Неваленная, А. А. (2019). *Формирование и оценка потребительских свойств картофельных чипсов с использованием пребиотического вещества* [Диссертация канд. техн. наук]. Кубанский государственный технологический университет, Краснодар.
- Никитенко, А. Н. (2014). *Технология чипсов из яблок, районированных на территории Республики Беларусь* [Автореферат диссертации канд. техн. наук]. Могилевский государственный университет продовольствия, Могилев.
- Никитенко, А. Н., & Егорова, З. Е. (2011). Ферментативные изменения яблочного сырья в процессе переработки на чипсы. *Вестник МГУП*, 1(10), 35–40.
- Никитенко, А. Н., Егорова, З. Е., & Слижук, Д. С. (2011). Обоснование режимов сушки яблочных чипсов. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*, 40(2), 51–56.

- Носенко, Т. Т., Бабенко, В. І., Левчук, І. В., Кот, Т. О., Голодна, О. В., & Тимошук, А. Ю. (2014). Дослідження споживчих властивостей ріпакової олії. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*, 16(2–59)–4, 130–136.
- Одуд, Д. А., Аветисян, К. К., & Цымбал, М. В. (2016). Быстро и вкусно: крекеры, кофе, чипсы и шоколадные батончики. *Международный журнал экспериментального образования*, 9, 46–51.
- Остриков, А. Н., & Желтоухова, Е. Ю. (2012). Радиационно-конвективная сушка грушевых чипсов при импульсном энергоподводе. *Известия вузов. Пищевая технология*, 1, 83–86.
- Панасюк, С. Г., & Тараймович, І. В. (2021). Інноваційна технологія перероблення овочів та фруктів для крафтових агровиробництв. *Сільськогосподарські машини*, 46, 86–92. <https://doi.org/10.36910/acm.vi46.495>
- Пасічний, В. М., & Герעדчук, О. М. (2015). Використання високодисперсного кремнезему в технології м'ясомістких продуктів оздоровчого спрямування. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, 4(55), 124–129.
- Пилипенко, Т. В., Астафьева, В. В., & Степанова, Н. Ю. (2015). Изучение качественных характеристик растительных масел различными методами. *Известия СПбГАУ*, 39, 90–98.
- Радзієвська, І. Г., Леник, С. О., & Максимкін, П. В. (2016). Склад фритюрного жиру для картопляних чіпсів. В Є. І. Сокол (Ред.), *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції, Ч. II* (с. 279). Харків: НТУ «ХПІ».
- Руцька, А. В., Гецько, Н. В., & Криницька, І. Я. (2017). Токсичний вплив глутамату натрію на живий організм (огляд літератури). *Медична та клінічна хімія*, 19(1), 119–127. <https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2017.v0.i1.7685>
- Самілик, М. М. (2022). Фізичне обґрунтування параметрів осмотичної дегідратації як способу обробки коренеплідних овочів. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів*, 4(46), 55–59. <https://doi.org/10.32845/msnau.2021.4.8>
- Семенова, А. В., & Морозова, А. А. (2021). Оценка качественных показателей картофеля для промышленной переработки. *Пищевые системы*, 4(3S), 261–265. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3S-261-265>

- Снежкін, Ю. Ф., Шапар, Р. О., Сорокова, Н. М., & Гусарова, О. В. (2015). Розробка технології виробництва нових форм сушених продуктів. *Промышленная теплотехника*, 37(6), 29–37.
- Топчій, О. А., & Котляр, Є. О. (2015). Принципи купажування рослинних олій збалансованих за жирнокислотним складом. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 1/6(73), 26–32.
- Ториков, В. Е., Котиков, М. В., & Богомаз, О. А. (2008). Оценка клубней различных сортов картофеля по пригодности к переработке на картофель фри и чипсы. *Вестник Брянской ГСХА*, 3, 34–40.
- Федосов, А. І., Кисличенко, В. С., & Новосел, О. М. (2017). Дослідження жирнокислотного складу часнику листя та цибулин. *Медицина та клінічна хімія*, 19(4), 5–9. <https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2017.v0.i4.8334>
- Федуняк, І. О. (2014). Інтенсифікація шляхів переробки картоплі в основних харчових напрямках. *Агросвіт*, 7, 28–31.
- Фурдига, М. М., Верменко, Ю. Я., & Сонець, Т. Д. (2017). Споживчі властивості різних сортів картоплі. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*, 13(1), 100–106.
- Харченко, Г. М. (2008). Физико-механические свойства растительных масел. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 4(42), 54–58.
- Шапар, Р. О., & Гусарова, О. В. (2017). Аналіз інноваційних технологій для виробництва фруктових чипсів. *Промышленная теплотехника*, 39(3), 53–59.
- Юрченко, Є. М., & Канюка, О. Ю. (2019). Жирнокислотный состав растительных масел. *ЛОГОС. Мистецтво наукової думки*, 2, 67–69.

НОТАТКИ



A series of horizontal dotted lines spanning the width of the page, intended for writing notes. The lines are evenly spaced and extend from the left margin to the right margin.



НОТАТКИ

A series of horizontal dotted lines spanning the width of the page, intended for writing notes.

Наукове видання

ДУДАРЄВ Ігор Миколайович
КУЗЬМІН Олег Володимирович

ЧИПСИ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Монографія

Дизайн обкладинки

В. Савельєва

Верстка

Н. Ковальчук

Технічний редактор

О. Гринюк



Підписано до друку 29.11.2023 р.
Формат 60x84/16. Папір офсет.
Цифровий друк. Гарнітура DIN Pro.
Ум. друк. арк. 12,9. Наклад 300.
Замовлення № 1023-097.

Видавництво та друк: Олді+
65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1,
тел.: +38 (095) 559-45-45, e-mail: office@oldiplus.ua
Свідоцтво ДК № 7642 від 29.07.2022 р.
Замовлення книг:
тел.: +38 (050) 915-34-54, +38 (068) 517-50-33
e-mail: book@oldiplus.ua

**ОЛДІ
ПЛЮС**