

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд і технологій

(назва факультету)

Харчової біотехнології і хімії

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

**Технологічні параметри виробництва
і показники якості хліба з підвищеним вмістом
омега-3 жирних кислот**

Виконав: студент _____ 6 _____ курсу, групи МХм-61
спеціальності _____ 181- Харчові технології

(шифр і назва спеціальності)

	_____	Смоляк І. П.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	_____	Покотило О.С.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	_____	Лісовська Т.О.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	_____	Покотило О.С.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	_____	Кравець О.І.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль
2021

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Безпека в надзвичайних			
Ситуаціях			
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналітичний огляд та патентний пошук інформації відповідно до теми магістерської роботи		
2.	Складання схеми досліджень	21.06.21 р. – 25.06.21 р.	
3.	Опрацювання методики досліджень	29.06.21 р. – 05.07.21 р.	
4.	Виконання експериментальних досліджень (Частина I)	06.07.21 р. – 27.07.21 р.	
5.	Завершення експериментальних досліджень (Частина II)	01.09.21 р. – 24.09.21 р.	
6.	Збір інформації до виконання розділу та «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	27.09.21 р. – 01.10.21 р.	
7.	Закінчення написання розділів	04.10.21 р – 29.11.21 р.	
8.	Подання магістерської роботи до захисту	03.12.21 р	

Студент

(підпис)

Смоляк І. П.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Покотило О.С.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	Реферат	6
	Вступ	7
1	Огляд літератури	11
1.1	Харчові продукти «здорового» харчування перспектива для розвитку харчової промисловості	11
1.2	Історія походження та найбільші країни виробники насіння льону	12
1.3	Хімічний склад поживних речовин насіння льону	13
1.4	Вплив жирової фази насіння льону на здоров'я споживачів при різних захворюваннях	15
1.5	Білки насіння льону та їх користь для здоров'я споживачів	17
1.6.	Харчові волокна насіння льону та їх користь для здоров'я споживачів	19
1.7	Вуглеводи насіння льону та їх користь для здоров'я споживачів	20
1.8	Інші біологічно-активні речовини у складі насіння льону та їх користь для здоров'я	21
1.8.1	Лігнани насіння льону	22
1.9	Шкідливі сполуки насіння льону	24
1.10	Використання насіння льону та лляної олії у хлібопекарській промисловості	25
	Підсумки з огляду літературних джерел	30
2	Матеріали і методи досліджень	31
2.1	Етапи досліджень	31
2.2	Методи досліджень	33
2.3	Статистичний аналіз	33
3	Результати дослідження та їх обговорення	34
3.1	Обґрунтування вибору лляного борошна у технології виробництва пшенично-лляного хліба підвищеної поживності	

3.2	Розроблення експериментальних зразків хліба пшенично-ляного	44
3.3	Фізико-хімічна оцінка тіста приготовленого із пшенично-ляного борошна за різного співвідношення	46
3.4	Характеристика хліба приготовленого із пшенично-ляного борошна за різного співвідношення	51
	Висновки і пропозиції виробництву	56
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	58
4.1	Загальні правила охорони праці щодо роботи пекарів на хлібопекарні	58
4.2	Порядок виконання заходів цивільного захисту при загрозі та виникненні надзвичайних ситуацій	60
	Список літератури	64
	Додатки	73

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: 78 с., 12 рис., 6 табл., 79 джерел.

БОРОШНО ЛЛЯНЕ, ПШЕНИЧНЕ, ЦІННІСТЬ ЛЛЯНОГО БОРОШНА,
ХЛІБ ПШЕНИЧНО-ЛЛЯНИЙ, ТЕХНОЛОГІЯ ПШЕНИЧНО-ЛЛЯНОГО
ХЛІБА.

Об'єкт дослідження: обґрунтування вибору лляного борошна, технологія пшенично-лляного хліба, органолептичні властивості пшенично-лляного хліба.

Мета роботи – обґрунтувати оптимальне співвідношення пшеничного і лляного борошна у технології виробництва хліба збагаченого омега-3 жирними кислотами.

Методи дослідження: аналітичні, статистичні, фізико-хімічні, органолептичні.

Встановлено, що по мірі збільшення кількісного вмісту лляного борошна у тісті процеси наростання градуса кислотності поступово знижуються, порівнюючи з контрольним зразком тіста, у якому використано тільки пшеничне борошно. Частка лляного борошна більше 20 % від загального об'єму всього борошна зумовлює небажане сповільнення процесів бродіння. Встановлено залежну тенденцію щодо зменшення питомого об'єму тіста від кількості доданого лляного борошна. Заміна від 15 до 25 % пшеничного борошна на лляне буде зменшувати від 12 до 24 % об'єму тіста. Вологість м'якуша хліба пшеничного з додаванням борошна лляну від 5 до 20 % зростає, проти пшеничного хліба, проте вона знаходиться в межах вимог стандарту. Збільшення концентрації лляного борошна у складі хліба до 25 % і більше забезпечує вологість м'якуша вище 44 %. Кислотність і пористість зразків хліба з вмістом лляного борошна від 5 до 25 % була у межах стандартних величин. Розроблено рецептурний склад пшенично-лляного хліба з вмістом лляного борошна в кількості 15 %, який має підвищену біологічну цінність завдяки вмісту омега-3 жирних кислот.

Вступ

Актуальність теми. Проблема ширшого використання різних зернових культур у харчовій промисловості для споживання людиною було предметом інтенсивних досліджень протягом багатьох років у різних наукових та виробничих установах. Відчутно зростає інтерес до продукції, що містить речовини, які благотворно впливають на організм людини, завдяки своїм дієтичним властивостям і здатності запобігати деяким захворюванням [2, 4, 11, 12, 15].

Зміни щодо раціону харчування відбуваються в багатьох промислово розвинених країнах, адже спосіб життя і харчування, що передбачає споживання значної кількості продуктів високого ступеня «очищеності», призвів до збільшення, так званих хвороб цивілізації (ожиріння, атеросклероз, цукровий діабет та інші) [17, 18, 21, 25].

Результати багатьох досліджень в галузі фізіології харчування дозволили пов'язати виникнення цивілізаційних хвороб зі споживанням продуктів з низьким вмістом біологічно-активних речовин, неперетравлюваних інгредієнтів і дефіцитом харчових волокон, тощо [30, 32, 33]. У світлі сучасних знань насіння льону та продукти його переробки, (олія і борошно) як інгредієнти щоденного раціону можуть бути важливим фактором збагачення організму поліненасиченими жирними кислотами (родини омега-3), амінокислотами, вітамінами та мінералами. Останні дослідження рекомендують вживати 30 – 70 г продуктів з насіння льону для зниження рівня холестерину в сироватці крові особам, які страждають на порушення ліпідного обміну [39, 41, 70, 73]. Насіння льону – широко використовується у Європі ще із середньовіччя, як харчова добавка і вважається важливим функціональним інгредієнтом, що є джерелом альфа-лінолевої кислоти, високоякісних білків, фенольних сполук, клітковини та мінеральних речовин [73].

При цьому під час введення у рецептуру пшеничного хліба певної концентрації насіння льону необхідно комплексно дослідити фізико-хімічні

параметри тіста і готового продукту на всьому технологічному відрізку виробництва з метою вибору оптимального співвідношення між борошнами.

Отже, проведення експериментальних досліджень з наукового обґрунтування доцільності додавання продуктів переробки льону у хлібопекарську продукцію є перспективними для збагачення їх омега-3 жирними кислотами.

Мета і завдання досліджень. Мета роботи – обґрунтувати оптимальне співвідношення пшеничного і лляного борошна у технології виробництва хліба збагаченого омега-3 жирними кислотами.

Для виконання поставленої мети визначені такі завдання:

- обґрунтування вибору лляного борошна у технології виробництва пшенично-лляного хліба підвищеної поживності;
- розроблення дослідних зразків для виробництва звичайного пшенично-лляного хліба;
- фізико-хімічна оцінка тіста приготовленого із пшенично-лляного борошна за різного співвідношення;
- характеристика хліба приготовленого із пшенично-лляного борошна за різного співвідношення;
- органолептична оцінка експериментальних зразків пшенично-лляного хліба.

Об'єкт дослідження – обґрунтування вибору лляного борошна, технологія пшенично-лляного хліба, органолептичні властивості пшенично-лляного хліба.

Предмет дослідження – показники біологічної цінності лляного і пшеничного борошна, технологія пшенично-лляного хліба та його органолептичні властивості.

Методи досліджень: аналітичні, статистичні, фізико-хімічні, органолептичні.

Наукова новизна одержаних результатів. Розроблено рецептурний склад пшенично-лляного хліба з вмістом лляного борошна в кількості 15 %,

який має підвищену біологічну цінність завдяку вмісту омега-3 жирних кислот. Встановлено, що по мірі збільшення кількісного вмісту лляного борошна у тісті процеси наростання градуса кислотності поступово знижуються, порівнюючи з контрольним зразком тіста, у якому використано тільки пшеничне борошно. Частка лляного борошна більше 20 % від загального об'єму всього борошна зумовлює небажане сповільнення процесів бродіння. Встановлено залежну тенденцію щодо зменшення питомого об'єму тіста від кількості доданого лляного борошна. Заміна від 15 до 25 % пшеничного борошна на лляне буде зменшувати від 12 до 24 % об'єму тіста. Вологість м'якуша хліба пшеничного з додаванням борошна лляну від 5 до 20 % зростає, проти пшеничного хліба, проте вона знаходиться в межах вимог стандарту. Збільшення концентрації лляного борошна у складі хліба до 25 % і більше забезпечує вологість м'якуша вище 44 %. Кислотність і пористість зразків хліба з вмістом лляного борошна від 5 до 25 % була у межах стандартних величин.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновано пшенично-лляний хліб підвищеної біологічної цінності з вмістом 15 % лляного борошна.

Особистий внесок здобувача. Полягає в опрацюванні літературних джерел з обраної тематики, складанні плану проведення експериментальних досліджень, виборі методів і методик досліджень пшеничного, лляного борошна і готових виробів, виконанні експериментальної частини роботи, проведенні статистичної обробки отриманих даних, написанні кваліфікаційної роботи та підготовки її до захисту.

Апробація результатів. Виступ на міжнародній науковій конференції «Сучасні досягнення в органічному синтезі, хімії полімерів та харчових добавок», присвячена світлій пам'яті та 80-річчю від дня народження д.х.н., проф. Воронова Станіслава Андрійовича / Львів: Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів, 7-8 грудня 2021 року) (Додаток А).

Публікації. За матеріалами магістерської роботи опубліковано 1 наукову працю у тезах: Смоляк І. Дослідження пшенично-ляного хліба з різним умістом ляного борошна. Матеріали міжнародної наукової конференції «Сучасні досягнення в органічному синтезі, хімії полімерів та харчових добавок» / Львів: Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів, 7-8 грудня 2021 року, 2021, С. 120. (Додаток А).

Структура і обсяг роботи. Робота містить наступні розділи: вступ, основну частину (огляд літератури, матеріали і методи досліджень, експериментальні дослідження, інженерно-графічні рисунки), висновки та пропозицій виробництву, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, список літератури, додатки. Кваліфікаційна робота написана на 78 сторінках і містить 6 таблиць, 12 рисунків. Перелік літератури нараховує 79 джерел.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Харчові продукти «здорового» харчування перспектива для розвитку харчової промисловості

За останні десятиліття інтерес споживачів до харчування змінився, у більшій мірі споживачі почали вибирати «здорові» потенційно корисні продукти і інгредієнти для здоров'я [1]. Насправді їжа має бути призначена не лише для того, щоб втамувати голод і забезпечення основних харчових потреб, а також для запобігання розвитку метаболічних хвороб, які пов'язані з харчуванням, покращення фізичного та психічного самопочуття споживачів.

Такий споживчий попит на продукти з більшим корисним ефектом ставить завдання для харчової промисловості у збільшенні виробництва функціональних харчових продуктів, що зараз становить значну частку нових харчових продуктів [2].

У взаємозв'язку між дієтою, здоров'ям і самопочуттям, функціональні продукти відіграють пріоритетну роль. У всьому світі існує багато визначень для функціональних продуктів харчування, але немає офіційного або загальноприйнятого визначення [3, 4].

Узгоджені дії Європейської комісії щодо Функціональної харчової науки в Європі (FuFoSE) визначила, що харчовий продукт, або харчовий інгредієнт можна вважати функціональним лише в тому випадку, якщо разом з базовим поживним впливом він сприятливо впливає на одну або кілька функцій людського організму таким чином або покращуючи загальний і фізичний стан або знижує ризик розвитку захворювань [4, 5].

В останні роки, завдяки еволюції наукових досліджень, лляне насіння стає важливим функціональним харчовим інгредієнтом.

1.2. Історія походження та найбільші країни виробники насіння льону

Насіння льону – це насіння рослини льону, однорічної трави, яка є представник сімейства Лінових. Він росте на глибоко вологих ґрунтах, багатих на пісок, мул і глину. Вид є рідним для регіону, що поширюється з східного Середземномор'я, через Західну Азію та Середній Схід, до Індії.

Латинська назва насіння льону (*Linum usitatissimum L.*) означає «дуже корисний», і він має два основних різновиди: коричневий і жовтий або золотистий (також відомі як золоті лляні насіння) [6, 7].

Ляне насіння месопотамського походження культивується з 5000 року до нашої ери і використовувався до 1990-х років переважно для виготовлення тканин і паперу. Сьогодні його обробляють на площі понад 2,6 млн. га. Важливими країнами вирощування льону є Індія, Китай, США, Ефіопія. У Канаді вироблено 614 000 метричних тонн насіння льону у 2013-2014 роках, саме Канада є найбільшим у світі виробником льону на нього припадає майже 80 % світової торгівлі насінням льону [8, 9].

Ціле насіння льону плоске і овальне з загостреними кінчиками, містить насінневу оболонку або справжню оболонку (так званий *testa*), тонкий ендосперм, два ембріони та вісь зародка [10]. Кожна частина рослини льону використовуються в комерційних цілях безпосередньо або після обробки. Оболонка дає волокно високої якості з високими механічними властивостями і низької щільності, замість цього насіння використовується для виробництва олії, яка багата омега-3 жирними кислотами, засвоюваним білком та на лігнани; також використовується для виробництва фарб, лаків, лінолеуму, клейонки, друкарських фарб, мила та багато інших продуктів.

Завдяки своєму складу ляне насіння стає важливим функціональним інгредієнтом харчових продуктів, оскільки містить олію, багату омега-3 кислотами, засвоювані білки та лігнани. Крім того, що льон є один із найбагатших джерел олії α -ліноленової кислоти та лігнанів, ляне насіння є

незамінним джерело високоякісного білка і розчинної клітковини і має значний потенціал як джерело фенольних сполук [9].

Для споживання людиною використовують лляне борошно у вигляді меленого зерна у вакуумній упаковці або продукти, збагачені насінням льону. Наприклад, лляне насіння, яке можна включити в традиційні харчові матриці на основі зернових культур у вигляді хліба та макаронних виробів, у яєчних продуктах, у готових закусочних продуктах, відоме своєю високою споживчою прийнятністю [11]. Паростки насіння льону їстівні, з легким пряним смаком. Ціле насіння льону – це хімічно стабільне до зберігання, але подрібнене насіння льону може згіркнути за кімнатної температури всього за тиждень зберігання. Охолодження та зберігання меленого льону в герметичних контейнерах запобігає від згіркнення протягом тривалого періоду. Мелений льон надзвичайно стійкий до окислення при зберіганні протягом дев'яти місяців при кімнатній температурі, якщо його упаковання відбулося негайно без доступу повітря і світла [13].

1.3. Хімічний склад поживних речовин насіння льону

Насіння льону добре відоме своїм вмістом хімічних сполук зі специфічною біологічною активністю та функціональними властивостями: поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) сімейства омега-3, розчинні харчові волокна, лігнани, білки та вуглеводи. Однак насіння льону містить декілька шкідливих для здоров'я сполук, таких як кадмій, інгібітори протеази та ціаногенні сполуки [1].

З усіх ліпідів у насінні льону (приблизно 30 %) 53 % припадає на α -ліноленову кислоту (ALA), 17 % лінолеву кислоту (LA), 19 % олеїнову кислоту (див. рис. 1.1.), 3 % стеаринову кислоту і 5 % пальмітинову кислоту, яка забезпечує чудове n-6 співвідношення до n-3 жирних кислот приблизно 0,3:1 [14, 15]. Тому насіння може бути альтернативою для забезпечення населення

цією жирною кислотою в регіонах світу, де немає великого доступу до морських продуктів, які є найкращим джерелом n-3 жирних кислот [16].

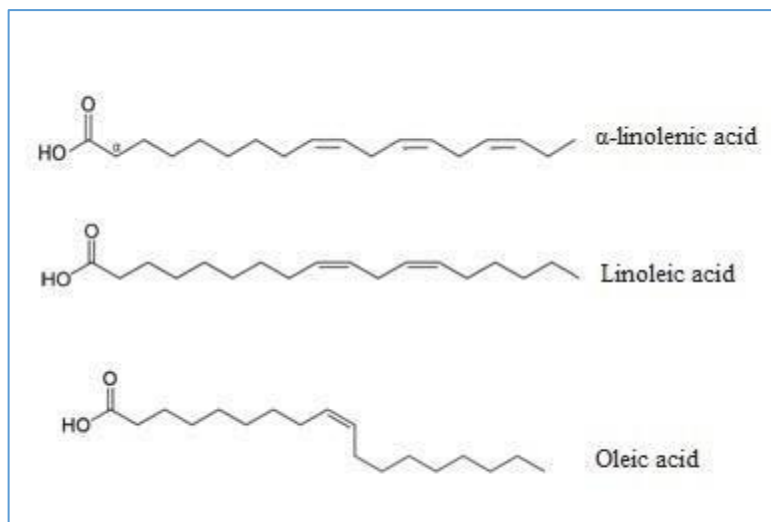


Рис.1.1. Хімічна формула омега-3 жирних кислот насіння льону [1]

Хімічний аналіз бурого канадського льону в середньому показав наявність 41 % жиру, 20 % білка, 28 % загальної клітковини, 7,7 % вологи і 3,4 % золи, яка багата мінералами (табл. 1.1) [10,15].

Таблиця 1.1

Хімічний склад насіння льону [11, 16]

Жирні кислоти [11]	Кількість г в 100 г насіння льону	Мінеральні речовини [11]	Кількість мг в 100 г насіння льону
α-ліноленова	22,8	Кальцій	236
Лінолева	5,9	Магній	431
Олеїнова	7,3	Фосфор	622
Стеаринова	1,3	Калій	831
Пальмітинова	2,1	Цинк	4
Амінокислоти [16]	г в 100 г білку	Мідь	1
Аспарагінова кислота	19,6	Залізо	5
Глутамінова кислота	9,3	Марганець	3
Аргінін	9,2	Вітаміни [11]	мг в 100 г насіння льону
Гліцин	5,8	γ-токоферол	522
Цистеїн	1,1	α-токоферол	7
Гістидин	2,2	δ-токоферол	10

Ізолейцин	4,0	Аскорбінова кислота	0.5
Лейцин	5,8	Тіамін	0.5
Лізин	4,0	Рибофлавін	0.2
Метіонін	1,5	Нікотинова кислота	3.2
Пролін	3,5	Піридоксин	0.6
Серин	4,5	Пантотенова кислота	0.6
Треонін	3,6		
Триптофан	1,8		
Тирозин	2,3		
Валін	4,6		

Проте хімічний склад льону може змінюватися в залежності від генетики, умов вирощування, обробки насіння та методу аналізу.

1.4. Вплив жирової фази насіння льону на здоров'я споживачів при різних захворюваннях

Дані показали, що споживання насінням льону (у вигляді олії або збагаченим продуктом) може допомогти запобігти розвитку багатьох захворювань, таким як хронічні, серцево-судинні, розлади ожиріння та рак.

Вчені досліджували, чи можуть омега-3 жирні кислоти, що містяться в насінні льону, допомогти захистити від деяких інфекцій, а також при лікуванні захворювань, включаючи виразки, мігренозні головні болі, синдром дефіциту уваги/гіперактивності, розлади харчування, недоношені пологи, емфізема, псоріаз, глаукома, хвороба Лайма, вовчак та панічні атаки [17]. Dugani et al. 2008 [19] оцінили противиразкову хворобу активність олії та слизу, отриманих з насіння льону, у щурів – виразку шлунка моделювали застосування етанолу. Результати показали, що попереднє застосування щурам лляної олії та слизу значно зменшила кількість і тривалість виразок шлунка, викликаних етанолом. Такі ж результати щодо противиразкової хвороби та антисекреторних властивостей лляної олії були отримані Kaitwash et al. 2010 [20], масло також

виявляло значний інгібуючий ефект на шлункову секрецію/загальну кислотність та на виразку шлунка, викликану аспірином у щурів.

Dupasquier et al. 2007 [21], досліджували антиатерогенну дію насіння льону в моделі тварини, яка представляє людину з атеросклеротичним станом. Тваринам згодовували добавку збагачену холестерином і застосовували дієту з меленим насінням льону, встановлено зниження рівня холестерину в плазмі і насичених жирних кислот, підвищення вмісту АЛК у плазмі крові та інгібування утворення бляшок в аорті та аортальному синусі, порівняно з мишами, яких годували дієтою, доповненою лише харчовим холестерином. Автори продемонстрували, що дієтичне насіння льону може пригнічувати атеросклероз зниження рівня циркулюючого холестерину і, на клітинному рівні, через антипроліферативну та протизапальну дії.

Хоча прямі дослідження щодо впливу насіння льону на зниження кров'яного тиску є обмежені (і переважно обмежуються вживанням лляної олії, порівняно з меленим насінням льону), численні дослідження показали, що вживання дозволяє збільшувати кількість омега-3 жирних кислот, яка допомагає регулювати та знижувати кров'яний тиск у людей у яких діагностовано гіпертонічну хворобу. Крім того, дієта, з низькою кількістю насичених жирів і багата мононенасиченими і поліненасиченими жирами, включаючи омега-3 жирні кислоти з насіння льону, може знижувати захворювання серця [22]. Тому попередження виникнення серцево-судинних захворювань з використанням харчових продуктів – це стратегія, яка привертає широку увагу дослідників. Родрігес-Лейва та ін. 2010 р. [23] в своїх експериментальних дослідженнях показали, що прийом АЛК з насіння льону сприяє профілактуючий вплив на серцево-судинні захворювання.

Каліджурі та ін. 2014 [24], досліджували споживання насіння льону і вплив на артеріальний тиск у пацієнтів з артеріальною гіпертензією. Мета полягала в тому, щоб перевірити, чи змінює споживання насіння льону концентрацію оксиліпінів у плазмі, які безпосередньо впливають на кров'яний тиск. Після клінічних випробувань, автори дійшли висновку, що α -ліноленова

кислота в насінні льону може інгібувати розчинну епоксид-гідролазу, яка змінювала концентрацію оксиліпіну, які сприяли антигіпертензивному ефекту у пацієнтів із захворюванням периферичних артерій. Ейкозапентаєнова кислота (EPA) і докозагексаєнова кислота (DHA), похідні ALA, мають кардіопротекторні властивості. Harper et al. 2005 [25] вивчали вплив щоденного прийому АЛК з насіння льону на концентрацію в плазмі n-3 жирних кислот у афроамериканського населення з хронічними захворюваннями. Результати показали, що рівні ДГК у плазмі не змінюються в будь-якій групі; ефективність перетворення ALA в EPA і DPA був виявлений у зменшенні хронічних захворювань.

1.5. Білки насіння льону та їх користь для здоров'я споживачів

Як і всі овочі, білки насіння льону мають технофункціональні властивості, які впливають на їх роль у системі харчування через взаємодію з іншими інгредієнтами. Ці властивості в основному залежать від їх гідратації механізмів розчинності та здатності утримувати воду/масло. Амінокислотна структура білка льону подібна до білка сої, який розглядається, як один з найбільш поживних білків рослин [26]. Насіння льону не вважаються джерелом повноцінних білків, тому що у його складі відсутня деяка кількість незамінних амінокислот.

Незамінні амінокислоти, що містяться в насінні льону наведено на рис. 1.2.

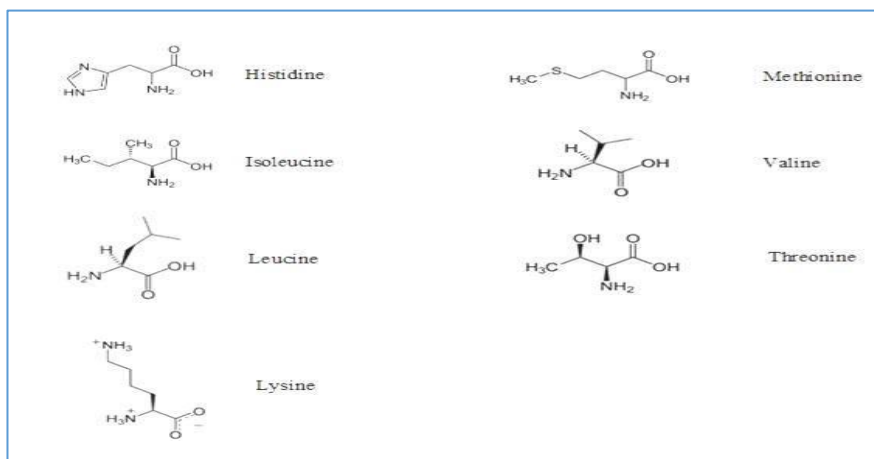


Рис 1.2. Структура незамінних амінокислот наявних в насінні льону

[1]

Зерно насіння льону і лляна паста містять близько 21 % і 34 % білка відповідно і його вміст може змінюватися в залежності від генетичних і екологічних факторів [27, 28]. Прохолодний клімат зазвичай призводить до високого рівня поліфенолів і низького вмісту білка в насінні. Насіння льону має два основних запасних протеїнів: розчинна фракція з високою молекулярною масою (11-12S глобулін; 18,6 % азот) і водорозчинний основний компонент з низькою молекулярною масою (1,6-2S альбумін; 17,7 % азот) [28].

Ляне насіння має сприятливе співвідношення амінокислот з лізином, треонін і тирозин як лімітуючі амінокислоти. Крім того, льон – це хороше джерело сірчаних амінокислот (метіоніну і цистеїну), а також амінокислот з розгалуженим ланцюгом (BCAA; ізолейцин, лейцин і валін) [27, 30]. Ляне насіння містить незамінні амінокислоти, які мають велике значення в синтезі білків, які виконують роль підтримки та відновлення клітин, тканин і органів. Біологічні ефекти білка насіння льону досліджували рідко, їх фізіологічні властивості в основному пояснювалися обома фракціями і амінокислотним складом та взаємодією з іншими компонентами насіння льону (полісахариди, лігнани та жирні кислоти).

Марамбе та ін. 2008 [31] показали, що білковий гідролізат насіння льону інгібував фермент, відповідальний за перетворення декапептиду ангіотензин I

в октапептид ангіотензин II, вазоконстрикція гормону, що викликає підвищення артеріального тиску. Bhathena et al. 2003 [32] вивчали вплив білка з насіння льону, сої та казеїну на рівень тригліцеридів при ожирінні на щурах. Встановлено, що тільки борошно з насіння льону та сої значно знизило рівень тригліцеридів у плазмі крові, як у худих, так і у щурів з ожирінням, порівняно з щурами, яких годували казеїном. Автори припустили, що добавка з лляним борошном може забезпечити нову терапевтичну стратегію зниження гіпертригліцеридемії та жирової дистрофії печінки; проте в даному напрямку необхідні подальші дослідження на моделі людини. Velasquez et al 2003 [34], проаналізували вплив білків на функцію нирок і нефропатію на тваринних моделях цукрового діабету II типу. Дослідники змінюючи джерело кормового білка прийшли до висновку, що борошно з насіння льону було більше ефективніше, ніж соєвий білок, у зниженні протеїнурії та ниркових гістологічних відхилень в цій моделі.

Біоактивні пептиди, присутні в насінні льону, такі як циклолінопептид А, мають сильну імуносупресивну та протималярійну дію, пригнічення малярійного паразита у людини *Plasmodium falciparum* [30]. Згідно з Oomah (2001) [35], лляне насіння містило суміш пептидів з високим вмістом амінокислот з розгалуженим ланцюгом (BCAA) і низьким рівнем ароматичних амінокислот (AAA). Ця суміш показала антиоксидантні властивості шляхом очищення від 2,2-дифеніл-1-пікрилгідразилу радикальні (DPPH) та антигіпертензивні властивості шляхом інгібування ангіотензин I-перетворюючого ферменту [36].

1.6. Харчові волокна насіння льону та їх користь для здоров'я споживачів

Вміст волокон у насінні льону коливається від 22 % до 26 %, що вдвічі більше, ніж у бобових з високим вмістом клітковини. Приблизно 15 г сухого цільного насіння льону забезпечує від 20 % до 25 % щоденної потреби в

клітковині. Ляне насіння містить розчинні і нерозчинні харчові волокна в пропорції, яка коливається між 20:80 і 40:60. Головна нерозчинна фракція волокна складається з целюлози і лігніну, а розчинна фракції волокна – це слиз [37, 38]. Виявлено, що харчові волокна з насіння льону мають прямий зв'язок для здоров'я споживачів, зокрема в регуляції маси тіла через пригнічення голоду та зниження поглинання поживних речовин [39] загалом, розчинна клітковина утворює гель при змішуванні з водою. Цей гель уповільнює спорожнення шлунка, що може призвести до зниження рівня глюкози в крові. Холестерин також знижується, оскільки він оточений гелем, який пригнічує його всмоктування і призводить до виведення більшої кількості холестерину. Ibbbrugger et al 2012 [41] провели перехресне дослідження гострого характеру – вплив лляного напою та лляної таблетки на придушення голоду. Відчуття ситості та насичення були подібними при вживанні лляних таблеток та напою з льону, оскільки вони не відрізнялися більш ніж на 1-4 %.

Білок насіння льону продемонстрував зниження всмоктування жиру шляхом виділення з калом у тварин і людини. Метте та ін.2012 [1] виявив, що додавання екстракту харчових волокон з льону до загальної дієти значно збільшувало виведення жиру і сприяло зниженню загального холестерину, без впливу на апетит.

1.7. Вуглеводи насіння льону та їх користь для здоров'я споживачів

Льон має низький вміст вуглеводів (цукрів і крохмалю), що забезпечує всього 1 грам (г) на 100 г. З цієї причини льон сприяє малому загальному споживанню вуглеводів і рекомендується людям із специфічними хвороби. Полісахарид насіння льону складається з двох основних фракцій: нейтральний арабіноксилан (75 %) і кислий рамногалактуронан (25 %). Арабіноксилан складається в основному з ксилози, арабінози, галактози, і рамногалактуронан складається з L-рамнози, D-галактоза, D-галактуронова та L-фукозна кислоти.

Існують значні зміни у складі моносахаридів насіння льону зібраного в різних країнах світу [42, 43].

1.8. Інші біологічно-активні речовини у складі насіння льону та їх користь для здоров'я

Насіння льону є джерелом багатьох вітамінів і мінералів, таких як кальцій, магній і фосфор. Це має велике значення, оскільки порція 30 г насіння становить від 7 % до 30 % від рекомендованої дієтичної норми для цих мінералів [15].

Найпоширенішими вітамінами, що входять до складу насіння льону, є токофероли (α -, β - та γ - форми) і ніацин. Токофероли зустрічаються в α (альфа), β (бета), γ (гамма) і δ (дельта) формах і визначаються числом положень метильних груп на хроманольному кільці. Альфа-токоферол є формою вітаміну Е, яка є домінуючою і абсорбується та накопичується в організмі людини замість моно-метильованої форми гамма-токоферолу, яка є найбільш поширеною формою вітаміну Е в олії. Вітамін Е, жиророзчинний вітамін, присутній у насінні льону, переважно в ізомері γ -токоферолу. Антиоксидантні поживні речовини, як і вітамін Е, захищають складові клітини від шкідливого впливу вільних радикалів, які, якщо їх не контролювати, можуть сприяти розвитку раку. Вітамін Е також може блокувати утворення канцерогенних нітрозамінів, що утворюються в шлунку з нітритів продуктів харчування та захищає від раку шляхом підвищення імунної функції [37]. Крім того, вітамін Е сприяє виведенню натрію з організму через сечу, яка може допомогти знизити артеріальний тиск і сприяє зниженню ризику серцевих захворювань, деяких видів раку та хвороби Альцгеймера. Хоча α -токоферол переважно всмоктується по відношенню до γ ізомеру він вважається найбільш ефективним проти окислення ліпопротеїнів низької щільності [38]. Однак, відсутня пряма кореляція між вмістом вітаміну в насінні льону та перевагами, як описано вище для цього потрібні подальші клінічні дослідження.

1.8.1. Лігнани насіння льону

Інші біологічно активні сполуки насіння льону належать до класу фенольних сполук, включаючи лігнани, флавоноїди та фенольні кислоти [39,40]. Зокрема, насіння льону є найбагатшим харчовим джерелом попередників лігнану. При попаданні всередину попередники лігнану перетворюються на ентеролігнани, ентеродиол і ентеролактон, бактеріями, які в нормі колонізують кишечник людини. Знайдено основний попередник лігнану у насінні льону – це секоїзолацірезинол диглюкозид [41]. У знежиреному порошок насіння льону є чотири фенольні кислоти ферулова кислота (10,9 мг/г), хлорогенова кислота (7,5 мг/г), галова кислота (2,8 мг/г) і сліди 4-гідроксибензойної кислоти (рис. 1.3)

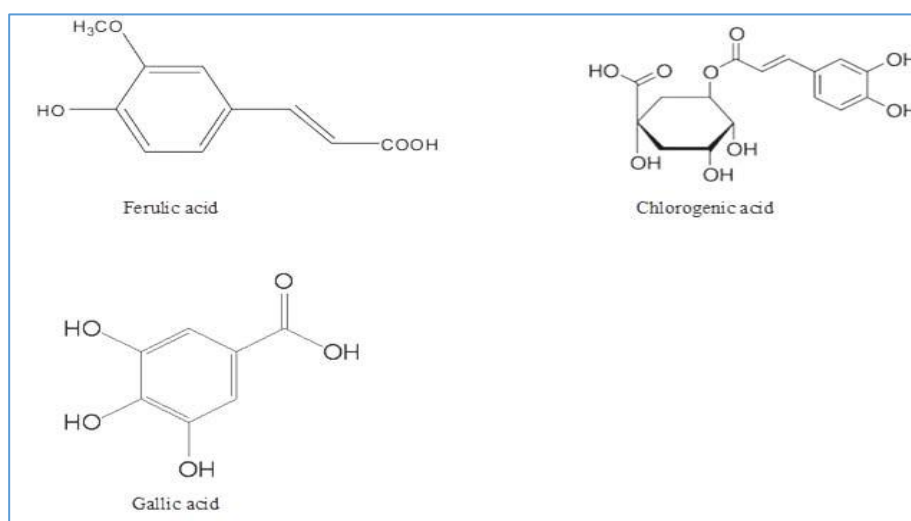


Рис. 1.3. Фенольні кислоти насіння льону

Головний флавоноїд льону – це флавонові С- та О- глікозиди [42]. Продукти, які багаті лігнаном, є частиною здорової дієти; роль лігнанів має важливе значення для профілактики гормон-асоційованих онкологічних хвороб, остеопорозу та серцево-судинні захворювання.

Лігнан лляного насіння секоїзолацірезинол (SECO) та його диглюкозид (СДГ) мають антиоксидантні властивості. Після прийому всередину СДГ перетворюється на ентеролігнани (ентеродиол і ентеролактон) за допомогою

мікрофлори кишечника і приносять користь для здоров'я. Прасад та ін. 2013 [45] дослідив, що диглікозид з насіння льону може бути альтернативною ангіотензин-перетворюючому ферменту (АПФ) при лікуванні гіпертонії.

Адольф та ін. 2010 [44], узагальнили результати наукової роботи про вплив на здоров'я лляних лігнан – секоізолацірезінол диглюкозид (СДГ). Дослідження на тваринах з використанням моделі щурів, мишей і кроликів припустили, що добавка СДГ захищає від розвитку хронічних захворювань, раку і цукрового діабету. Кілька досліджень на людях, які включали у раціон СДГ, були проведені, але необхідні більш різноманітні контрольовані дослідження, перш ніж з'ясувати, чи захищає добавки СДГ від захворювань у людини.

Використання насіння льону для контролю глікемії також може бути пов'язаним до зниження ризику ожиріння та дисліпідемії, оскільки вони є фактори розвитку цукрового діабету та резистентності до інсуліну. У дослідження [1, 47], оцінили терапевтичний потенціал насіння льону при дисліпідемії. У дослідній групі добавка насіння льону призводила до поліпшення антропометричних вимірювань крові (тиск і ліпідний профіль).

Лігнани можуть захистити проти деяких видів раку, особливо гормоночутливих ракових захворювань, як молочної залози, ендометрій і простати. Більшість досліджень щодо впливу насіння льону на рак молочної залози фокусується на вмісті лігніну в насінні льону та його можливості слабких естрогенних або антиестрогенних ефектів у жіночому тілі. Експериментальні дані на тваринах показали антиканцерогенність впливу насіння льону або чистих лігнанів на багато видів раку: насіння льону і лляна олія може пригнічувати ріст і розвиток пухлин у молочній залозі, що було продемонстровано на лабораторних тваринах [46].

Mason et al 2014 [48] досліджували вплив лігнану насіння льону та компонентів лляної олії знижувати ризик раку молочної залози та ріст пухлини *in vitro*, на тваринах. Результати показали, що споживання насіння льону зменшує ріст пухлин у хворих на рак молочної залози. Механізми включали

зниження проліферації клітин і ангіогенезу і посилення апоптозу через модуляцію метаболізму естрогену і шляхи передачі сигналів рецепторів естрогенів і факторів росту. Проте, необхідні додаткові клінічні випробування, щоб показати, що насіння компоненти льону ефективні для зниження ризику та лікування раку молочної залози.

1.9. Шкідливі сполуки насіння льону

Крім значної кількості поживних речовин наявних у насінні льону наводяться дані про наявність речовин, які можуть негативно впливати на організм людини. До таких речовин відносять інгібітор трипсину, міоінозитолфосфату, фітоестрогени, кадмій та ціаногенні глікозиди [49, 50]. Насправді, крім біологічно активних сполук, насіння льону містить 264–354 мг ціаногенних сполук на 100 г насіння, 10–11,8 мг лінамарину/100 г, 136–162 мг лінустатину/100 г та 105–183 мг неолінустатину/100 г насіння льону. Ці сполуки є токсичними для організму людини, і вважаються, що при прийомі всередину 100 мг можуть бути смертельними для дорослих людей. Ціаногенні глікозиди є азотистими вторинними рослинами метаболіти, отримані з амінокислот. Їх причиною є хронічні наслідки, які проявляються в нервовій системі і спостерігаються в популяціях, які споживають велику кількість ціанату з їжею [58]. Однак дані сполуки є нестабільними при термічній дії, включаючи процеси приготування в мікрохвильових печах, автоклавувах і кип'ятіння [51, 52].

Кадмій потенційно токсичний для людського організму. Коли він накопичується в нирках, цей метал може викликати порушення функції, а також емфізему легень, аміноацидурію, глюкозурію, фосфатурію і навіть скомпрометувати реабсорбцію мінералів, що робить організми, сприйнятливі до остеомалачії.

Інгібітори трипсину, присутні в раціоні, відомі десятиліттями для зниження росту тварин, оскільки вони зменшують травлення і подальше

поглинання білків шляхом інгібування протеаз [53]. Активність інгібітора трипсину (ТІА) у насінні льону була низькою, коли порівнювати з такими, що є в насінні сої та ріпаку.

Отже, насіння льону має поживні та функціональні властивості. Фактично лляне насіння є джерелом поповненн організму в основних біологічно-активних речовинах через наявний вміст таких сполук, як поліненасичені жирні кислоти, незамінні амінокислоти, вітамін Е, лігнани і харчові волокна. Корисні властивості пов'язані з протизапальною, антиоксидантною, антиканцерогенною дією і застосовується для зниження рівня холестерину зниження серцево-судинних захворювань і профілактики цукрового діабету. Однак у стані функціональних властивостей насіння льону містить низку шкідливих для здоров'я сполук, таких як кадмій, ціаногенні глікозиди, інгібітори трипсину, які зазвичай видаляються за допомогою термічних і механічних процесів, в т.ч готування в мікрохвильовій печі та при кип'ятінні.

1.10. Використання насіння льону та лляної олії у хлібопекарській промисловості

Багато досліджень, як українських, так і закордонних вчених були спрямовані на вивчення збагачення хлібобулочних виробів насінням чи лляною олією для покращення їх жирнокислотного складу та підвищення біологічної цінності. Зокрема у дослідженнях Chłopicka et al. [54], які вивчали антиоксидантні властивості хліба випеченого з додаванням насіння льону було встановлено наступне. Хліб, випечений з борошна, що містить добавки льону показав більш ніж у 2 рази більший вміст поліфенолів і більш ніж в 10 разів більшу активність антиоксидантів по відношенню до хліба контрольного взірця. При цьому мелений льон, доданий до хліба, збільшував значення поліфенолів і антиоксидантної активності майже вдвічі більше, ніж хліб з додаванням цільного насіння льону. Це означає що активні сполуки льону

(включаючи ненасичені ефіри жирних кислот) перейшли в хлібну масу і під час термічної обробки не зазнавали хімічних змін поряд з іншими інгредієнтами хліба. Також виявлено, що найвищий вміст поліфенолів і антиоксидантна активність була притаманна для хліба випеченого з борошна, що містить 30 % меленого (низьколіноленовий) льону. Більшість дегустаторів позитивно оцінили хліб з лляним борошном, при цьому за органолептичними показниками (колір, запах, смак і текстура) отриманий продукт мав найбільшу кількість балів з 30 % лляного борошна. Автори рекомендують для виробництва як у промислових, так і для домогосподарств, хліб з 30 % лляного борошна, що містить 96,9 % низьколіноленової кислоти.

Інші дослідження [55] показали, що споживачі у 65 % випадків надавали б перевагу хлібу, який має підвищену біологічну цінність за рахунок збагачення лляним борошном. При цьому автори виготовляли взірці пшеничного хліба за різним рецептурним складом і встановили, що хліб пшеничний з додаванням певної кількості борошна льону цілком придатний для споживання і за органолептичними властивостями практично не поступався, контрольному взірцю хліба. Дослідники запевняють, що для розширення і збагачення ринку хлібобулочних виробів доцільно лляне борошно включати у технологію хліба, це знизить його собівартість, водночас збагатить поліненасиченими кислотами.

Наводяться повідомлення про те, що перспективність включення насіння льону у виробництво безглютенового хліба носить декілька корисних аспектів, які пов'язують з біологічною цінністю хліба та впливом його на структурно-технологічні показники під час бродіння тіста і готових виробів. Адже виробництво високоякісного безглютенового хліба є складним через відсутність в'язкопружного крохмалю-клейковини. Можна виділити декілька дефектів якості хліба без глютену, наприклад менший його об'єм, відсутність належної структури клітин, сухість, розсипчастість і зерниста текстура, потріскана кірка, погані смакові відчуття [56]. Безглютенове тісто демонструє неповне розширення і газутримання під час бродіння. Крім того, надмірна

кількість крохмалю в рецептурі робить продукт більш схильним до черствіння, ніж хліб виброджений на основі борошна пшениці, таким чином скорочуючи термін зберігання [57].

Дослідження показали, що ціле лляне насіння можна використовувати як частковий замітник борошна в технології випікання хліба і здоби (містять 11,6 % насіння льону) і печиво (20 %) [15, 58]. Поряд з вмістом білка близько 20 г/100 г розчинна клітковина, яка міститься в насінні льону (10 г/100 г) [59], пояснює його зв'язуючі та гелеутворюючі властивості, що робить його перспективною добавкою в хлібобулочних виробках без глютену [60].

Дослідження повідомляють, що включення 10 % меленого насіння льону в рецептурний склад хліба збільшувало питомий об'єм батона та уповільнювало черствіння [61. Аналогічно Хаттаб та ін. (2012) [62] підтвердили, що текстура хліба була покращена після додавання лляного насіння в кількості від 5 до 20 %. Додавання камеді льону призводило до підвищення водопоглинаючої здатності хліба з покращенням об'єму батона та покращенням фізико-технологічних характеристик властивостей хліба, таким чином робить його харчовим загусником для хлібобулочних виробів [63]. Слиз з лляних експонатів проявляв кращі емульгуючі властивості в порівнянні з гуміарабіком, трагакантовою камедю і Tween 80 [64].

Було показано [65], що камедь з насіння льону підвищує в'язкість хлібного тіста. При цьому дослідження полягало в оцінці впливу 1 % (загальної основи) додавання порошоків насіння льону (*Linum usitatissimum*) і чотири сорти акації (*Acacia dealbata*, *A. decurrens*, *A. terminalis* і *A. verniciflua*) за на властивості склеювання, текстури та обсяг безглютенового хліба. Включення всіх порошоків насіння льону і акації зменшило твердість крихти хліба на 30–65 % і збільшення питомого об'єму батона на 50 %. Водопоглинальна здатність та здатність до емульгування пояснюється даними поліпшення текстури і віднесено до водорозчинних вуглеводів і нерозчинних волокон, при цьому піноутворення не виявлялося. Темніший м'якуш спостерігався при додаванні порошку з льону. Сканувальна електронна

мікроскопія показала відсутність отворів, поверхня пор і в'язкопружна крохмально-білкова мережа хліба, що містить насіння льону в порошку.

Було досліджено [66] деякі джерела харчових волокон, як збагачувальні речовини для пшеничного хліба: вівсянкою, льоном та яблуком. Виявлено, що додавання в хліб вівсяних та лляних волокон значно змінило профілі жирних кислот. У вівсяному хлібі виявлено найвищий вміст олеїнової кислоти (33,83 % ліпідів) та лінолевої кислоти (24,31 % ліпідів). Лише у хлібі з льоном γ -ліноленова жирна кислота була присутня у значній кількості – 18,32 %. Шляхи біодоступності показали, що харчові волокна уповільнюють споживання насичених жирних кислот. Поліненасичені жирні кислоти були найменш біодоступними з усіх груп жирних кислот у діапазоні (72 % у хліб з вівсянкою до 87 % у хлібі з льоном). Контрольний хліб мав найбільше значення (80,5 %) і був достовірно вищим за значення хліба з вівсянкою, льоном і яблуком за глікемічним індексом. Додавання вівсянки, льону та яблука призвело до отримання низького глікемічного індексу. Яблучний хліб мав достовірно найвище значення загального фенолу (897,2 мг/кг), а найнижчі значення у лляному хлібі (541,2 мг/кг). Єдине значне зниження калорійності в цьому дослідженні спостерігалось в яблучному хлібі. Дане дослідження могло б усунути прогалини в області досліджень щодо врахування глікемічного індексу, профілю жирних кислот і вмісту фенолів паралельно з точки зору застосування харчових волокон в хлібі.

Інші дослідники [67] провели порівняльне дослідження фізичних та сенсорних властивостей безглютенового хліба з додаванням цільного та меленого насіння льону. Процес подрібнення насіння льону проводили за допомогою ножового подрібнювача та кульового млина. Після коротконожевого подрібнення (20 с) (GM-200, Retsch) насіння поділили на ціле (середній розмір частинок 0,634 мм), борошно грубого помелу (769 мм) і дрібне (0,328 мм) і ці борошно додатково подрібнювали з кульовим подрібненням (60 с) (Pulverisette 6, Fritsh). Оцінювали енергію подрібнення насіння. Випікання безглютенового хліба проводили з 10 % додаванням різних

форм цільного та меленого насіння льону. Оцінювали колір, об'єм, текстуру та сенсорні параметри хліба. Крім того, був розроблений індекс крихтості хліба, який визначали як відсоток частки подрібнених шматочків скибочки хліба по відношенню до маси всієї проби м'якушки, вирізаної разом з крихтами. Питома енергія подрібнення насіння льону під час короткого (20 с) ножового подрібнення дорівнювала $109,5 \text{ Дж}\cdot\text{г}^{-1}$, а додаткове кульове подрібнення (60 с) спричинило значно ($\alpha = 0,05$) більш ніж у 4 рази більшу витрату енергії, але більше зменшувало кількість частинок. Було отримано борошно цільного (0,497 мм), крупного (0,621 мм) і дрібного борошна (0,308 мм). Після додавання перемеленого насіння в тісто необхідно було додати більше води, що підвищило вихід тіста з 220% до 240% і навіть до 260% при кульовому подрібненні борошна льону грубого помелу. Найбільш значне збільшення об'єму хліба та найбільше зменшення кришіння спостерігалось для хліба з додаванням крупної фракції льону, подрібненого при кульовому помолі. У порівнянні з контрольним зразком безглютенового хліба; значне покращення об'єму хліба, текстури та сенсорної оцінки спостерігалось після використання цільного та меленого насіння льону. Крім того, індекс кришіння був пов'язаний з органолептичною оцінкою і може бути використаний для оцінки якості хліба як доповнення до інструментальних вимірювань текстури.

Дослідники [68] розглядали проблему використання льону у виробництві продуктів хлібних та борошняних кондитерських виробів функціонального призначення. Виявлено, що вміст основних компонентів насіння льону та продуктів їх переробки був високий, зокрема вміст жирів (32,8-48,8 %), білкових речовин (16,3-24,6%) і вуглеводів (до до 20 %), що свідчить про високу харчову цінність досліджуваних продуктів. У жирнокислотному складі лляної олії переважають поліненасичені жирні кислоти, з них 52,8-59,4 % (від загальної кількості жирних кислот) припадає на ліноленову кислоту, що дозволяє використовувати лляну олію, як унікальний продукт. Вплив продуктів переробки льону на якість тіста та хліба дозволило виявити оптимальні дозування компонентів рецептури при

багаторазовому застосуванні пшеничного борошна, лляного борошна та лляної олії ці співвідношення 90:10:3 відповідно; при багаторазовому вживанні пшеничного борошна, борошна для макухи та лляної олії - 93:7:2. Розроблено новий сорт хліба преміум-класу «Арго». Позитивний вплив продуктів переробки льону на якість цукрового печива спостерігалось та розроблено нові сорти печива «Колхіда» та «Лазіка» з удосконаленням харчової цінності.

Підсумки з огляду літературних джерел

З літературних джерел випливає, що дослідники, як вітчизняні, так і зарубіжні працювали над проблемою покращення біологічної цінності пшеничного хліба, зокрема його жирнокислотного складу та антиоксидантну активність шляхом введення у його рецептурний склад насіння або борошна із золотистого чи коричневого льону. Проте, дані дослідження були в більшій мірі спрямованні на виробництво хліба, яке б мало чудові технологічні властивості під час виброджування тіста, та якості готового продукту. Однак, при цьому у меншій мірі враховується жирнокислотний склад виробленого виробу щодо забезпечення споживачів у есенціальних жирних кислотах. Тому розробка нового виду хліба з введенням у його склад борошна із льону і оцінка за показником жирнокислотного складу на нашу думку є досить актуальним і буде мати практичний ефект щодо впровадження у виробництво.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Заплановані дослідження за темою кваліфікаційної роботи проводились відповідно до календарного плану освітньої програми магістр «Харчові технології» на кафедрі харчової біотехнології і хімії ТНТУ.

Основною метою магістерської роботи було обґрунтувати оптимальне співвідношення пшеничного і лляного борошна у технології виробництва хліба збагаченого омега-3 жирними кислотами.

Об'єкт дослідження – обґрунтування вибору лляного борошна, технологія пшенично-лляного хліба, органолептичні властивості пшенично-лляного хліба.

Предмет дослідження – показники біологічної цінності лляного і пшеничного борошна, технологія пшенично-лляного хліба та його органолептичні властивості.

Методи досліджень: аналітичні, статистичні, фізико-хімічні, органолептичні.

2.1. Етапи досліджень

Аналітичний розділ роботи представлений десятьма підрозділами, у яких наведено дані про біологічну і поживну цінність насіння льону та продуктів його переробки (борошна, олії). Крім того наводяться дані про корисний вплив на організм від споживання льону та продуктів з нього. Висвідлено результати багатьох авторів щодо використання насіння, борошна чи олії в харчовій промисловості, а також наводяться дані про шкідливі речовини, які містяться в льоні.

Експериментальна частина кваліфікаційної роботи була розділена на чотири самостійних етапи, які схематично наведено на рис. 2.1.

На першому етапі проведення досліджень було визначено і порівняно біологічну цінність лляного та пшеничного борошна.



Рис. 2.1. Схема виконання експериментальної частини кваліфікаційної роботи

Зокрема оцінювали їх за жирнокислотним і амінокислотним складом, вмістом мінеральних речовин та вітамінів. Загалом досліджували по три зразки пшеничного і лляного борошна.

На другому етапі нами розроблено експериментальні зразки тіста з різним співвідношенням пшеничного і лляного борошна (розроблено один контрольний і п'ять експериментальних зразки) та досліджено їх за фізико-хімічними властивостями (третій етап). Зокрема, у тісті визначали градус кислотності, його питомий об'єм та діаметер розпливання кульки.

Після випікання експериментальних зразків хліба їх оцінено за такими фізико-хімічними властивостями: вологість, кислотність, пористість та проведено органолептичне оцінювання за участі дегустаційної комісії (четвертий етап експериментальної частини).

2.2. Методи досліджень

Жирнокислотний склад пшеничного і лляного борошна визначали на газовому хроматографі Hewlett Packard HP-6890, який обладнаний капілярною колонкою SP-2560 довжиною 100м [76]. Амінокислотний склад визначали методом капілярного електрофорезу на автоматичному аналізаторі типу Т 339, фірми “Mikrotechna” [77]. Вітаміни визначали методом спектрофотометричним і перманганатним методом Левенталя, а мінеральний склад – атомно-адсорбційним методом [78].

У експериментальних зразках тіста та випеченого хліба фізико-хімічні показники визначали використовуючи загальноприйняті методики. Зокрема, визначення кислотності, питомого об'єму, розпливання кульки тіста, пористості, вологості, кислотності хліба згідно методик [75, 79].

2.3. Статистичний аналіз

Статистичний аналіз даних проводився з використанням комп'ютерної програми Statistica 8. Значні відмінності середнього значення були оцінені тестом Стюдента з кількома діапазонами при $p < 0,05$.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1. Обґрунтування вибору лляного борошна у технології виробництва пшенично-лляного хліба підвищеної поживності

Хліб є в раціоні більшості людей і вважається основним продуктом харчування. У середньому на хліб і хлібобулочні вироби припадає до 70 % від загальної кількості спожитих харчових продуктів. Окрім забезпечення енергією, хліб відповідно до виду борошна, що використовується для його приготування може бути прекрасним джерелом клітковини та інших сполук, що благополучно впливають на «нормальне» функціонування організму людини [69].

Регулярне вживання таких продуктів, як крупи, які багаті клітковиною та іншими добавками з високою антиоксидантною активністю має позитивний ефект на здоров'я споживачів. Вважається, що споживання «темного» хліба з висівками краще впливає на регуляцію глюкози і сприяє зниженню рівня холестерину в крові, що в свою чергу профілактує хвороби серцево-судинної системи, а також споживання клітковини зменшує захворюваність на рак товстої кишки [70].

Враховуючи наведене, на даний час спостерігається помітне збільшення асортименту, як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринку хліба і хлібобулочних виробів, які містять у своєму складі різноманітні корисні біологічно активні фітодобавки. Додавання у хліб на різних технологічних етапах натуральних біоактивних інгредієнтів робить такий хліб елементом функціонального харчування.

При цьому споживання перероблених злаків, круп і хліба в останні роки в країнах Європи зменшується, так у 2000 році доросла людина в середньому споживала 108 кг, у 2008 році приблизно 87 кг, а в 2010 році дане споживання зменшилося приблизно до 83 кілограмів на рік. За даними статистичних

досліджень, споживання хліба в Європі у період з 1981 по 2008 роки зменшилося приблизно на 40 – 50 % [70]. Тому дуже важливо зменшити харчову калорійність хліба, але при цьому підвищити його біологічну цінність шляхом додавання до його рецептурного складу речовини з високою харчовою цінністю. Одним з таких способів є випічка хліба з борошна льону [71].

У хлібі з насінням льону за даними дослідників [73] більше білка, «здорових» жирів та харчових волокон, а також інгредієнтів, таких як мінерали та вітаміни. Відмічено сприятливий ефект насіння льону на ліпідний обмін у споживачів через його вплив на зниження рівня холестерину в сироватці крові. Вважається, що корисні властивості льону важливі завдяки високому вмісту ненасичених жирних кислот, особливо таких, як альфа-ліноленова кислота (C18:3, n-3), що становить майже половину від загальної кількості маси жирних кислот, що містяться в насінні льону [69, 71]. Також наявні цінні лігнани та харчові волокна (пектини, геміцелюлоза), які сприятливо впливають на процеси перетравлення та проходження їжі шлунково-кишковим трактом.

Отже, завдяки наявності значної кількості корисних речовин у насінні льону, які покращують фізіологічні процеси в організмі споживачів нами було задумано включити у склад звичайного пшеничного хліба борошно із насіння льону та визначити його органолептичні та фізико-хімічні властивості на всьому відрізку технологічного процесу. При цьому нами використано комплексний підхід до проведення досліджень.

На першому етапі проведення експериментів проводили порівняння біологічної цінності пшеничного борошна та борошна із насіння льону. Зокрема, порівнювали жирнокислотний склад двох видів олій: лляної і пшеничної, також визначали кількість амінокислот та вітамінно-мінеральний склад у даній сировині. У досліді використано насіння льону із сорту Дебют, з якого виготовлено олію методом холодного віджиму.

Результати дослідження відносно жирнокислотного складу двох олій наведено у табл. 3.1.

Порівняльна оцінка жирнокислотного складу пшеничної та лляної олії (метод холодного віджиму), $M \pm m$, $n=3$

Назва жирних кислот	Кількість жирних кислот, %	
	в олії з пшениці	в олії з льону (з сорту Дебют)
Насичені	27,812 ± 0,005	11,962 ± 0,009
Капринова, C10:0	Не виявлено	Не виявлено
Лауринова, C12:0	Не виявлено	Не виявлено
Міристинова, C14:0	0,010 ± 0,002	Сліди
Пальмітинова, C16:0	16,613 ± 0,005	7,807 ± 0,006
Стеаринова, C18:0	9,855 ± 0,006	3,731 ± 0,005
Нанодоценова, C19:0	Не виявлено	Не виявлено
Арахінова, C20:0	0,379 ± 0,004	0,424 ± 0,003
Бегенова, C22:0	Не виявлено	Не виявлено
Лігноцеринова, C24:0	0,965 ± 0,005	Не виявлено
Мононенасичені	18,507 ± 0,006	19,914 ± 0,005
Пальмітолеїнова, C16:1	0,547 ± 0,004	0,206 ± 0,004
Олеїнова, C18:1	15,118 ± 0,006	19,708 ± 0,006*
Гадолеїнова, C20:1	2,10 ± 0,04	Не виявлено
Ерукова, C22:1	0,742 ± 0,005	Не виявлено
Поліненасичені	51,998 ± 0,015	67,577 ± 0,017
Лінолева, C18:2	44,801 ± 0,007	12,948 ± 0,008
Ліноленова, C18:3	6,898 ± 0,009	54,629 ± 0,007*
Ейкозодієнова, C20:2	Не виявлено	Не виявлено
Не ідентифіковані кислоти	1,683 ± 0,005	0,547 ± 0,006

Примітка: * $p < 0,05$ – порівняно з олією із пшениці

З аналізу даних рис. 3.1 видно, що цінність лляної олії полягає у вмісті мононенасичених та поліненасичених жирних кислот. При цьому за кількістю поліненасиченої α -ліноленової кислоти, яка відноситься до родини омега-3, лляна олія в 7,9 рази ($p < 0,05$) перевищувала вміст її у олії з пшеничного борошна. Тобто у лляній олії кількість даної есенціальної кислоти становила $54,629 \pm 0,007\%$ від маси усіх жирних кислот. Саме завдяки цій жирній кислоті насіння льону має значний ефективний вплив у профілактиці серцево-судинних захворювань, які пов'язані з відкладенням холестеролу у судинах. Крім того, лляна олія значно багатша за пшеничну за вмістом олеїнової кислоти, її кількість у лляній олії становила $19,708 \pm 0,006\%$ від загальної маси кислот, що відповідно в 1,3 рази ($p < 0,05$) більше. Отримані результати співпадають та узгоджуються з даними дослідників [11, 16], які повідомляють про високий вміст α -ліноленової та лінолевої кислоти у насінні льону, що робить його важливим інгредієнтом харчування.

Отже, за результатами даного дослідження можна стверджувати, що насіння льону та продукти його переробки можна віднести до продуктів, які збагатять і покращать жирнокислотний склад продуктів виготовлених на основі пшеничного борошна.

Амінокислотний склад харчового продукту відноситься до важливих його характеристик. Адже незамінні амінокислоти (треонін, валін, метіонін, цистеїн, лейцин, ізолейцин, лізин, фенілаланін, тирозин) повинні постійно надходити в організм людини, так як вони не синтезуються, і саме за вмістом цих кислот визначається біологічна цінність створеного харчового продукту. Адже відомо, що пшеничний хліб не вирізняється збалансованим складом за вмістом амінокислот [27, 29].

Тому було проведено аналогічні дослідження щодо порівняння амінокислотного складу двох пшеничного та лляного борошна та їх відсотковий вміст, порівняно з еталонним «ідеальним» білком. Результати даних досліджень наведено в табл. 3.2.

**Порівняльне визначення амінокислотного складу борошна
пшениці та лляного, $M \pm m$, $n=3$**

Амінокислоти	Шкала FAO	Борошно			
		пшеничне (суцільнозмелене)		лляне (суцільнозмелене)	
		к-сть, мг/100 г	СКОР, %	к-сть, мг/100 г	СКОР, %
Треонін	4,0	3,48 ± 0,09	87	3,92 ± 0,14	98*
Метіонін	3,5	2,11 ± 0,05	60,3	2,05 ± 0,03	58,5
Валін	5,0	6,18 ± 0,06	123,6	4,97 ± 0,04	99,4
Цистеїн	3,5	2,51 ± 0,03	71,7	1,95 ± 0,06	55,7
Ізолейцин	4,0	6,87 ± 0,08	171,2	4,22 ± 0,07	105,5
Лейцин	7,0	9,57 ± 0,24	136,7	5,91 ± 0,11	84,4
Тирозин	6,0	3,58 ± 0,08	59,6	2,44 ± 0,04	40,7
Лізін	5,5	3,65 ± 0,09	66,3	4,41 ± 0,08	80,2*
Фенілаланін	6,0	6,48 ± 0,22	108	5,70 ± 0,16	95
Аспаргінова кислота		7,75 ± 0,14		13,71 ± 0,19	
Глютамінова кислота		30,55 ± 0,83		24,37 ± 0,87	
Серин		5,74 ± 0,19		5,23 ± 0,18	
Пролін		1,73 ± 0,12		4,28 ± 0,10	
Аланін		4,56 ± 0,08		4,17 ± 0,09	
Гліцин		6,28 ± 0,14		5,87 ± 0,12	
Гістидин		3,70 ± 0,12		2,95 ± 0,11	
Аргінін		7,13 ± 0,19		9,64 ± 0,23	

Примітка: * $p < 0,05$ – порівняно з борошном із пшениці

З аналізу даних наведених у табл. 3.2 спостерігаємо надлишковий вміст таких незамінних амінокислот у пшеничному борошні, як валіну, лейцину, ізолейцину та фенілаланіну. При цьому амінокислотний скор по даних кислотах становив 123,6 % для валіну, 136,7 % для лейцину, 171,2 % для ізолейцину та 108 % для фенілаланіну. Виявлено також, що у пшеничному борошні наявні дві лімітуючі амінокислоти, перша – це лізин із скором 66,3 % та друга – це треонін – скор становив 87 %. Це вказує на те, що у хлібі і хлібобулочних виробах із пшеничного борошна наявна недостаня кількість даних амінокислот, які необхідно поповнювати із інших харчових джерел, так як вони не синтезуються в організмі.

У борошні із насіння льону спостерігаємо значно менший надлишковий вміст незамінних амінокислот, порівнюючи з борошном пшениці. Зокрема, надлишок відмічається тільки за амінокислотою ізолейцин, скор становить 105,5 %, що практично в 1,6 раза менший, ніж надлишок у пшеничному борошні. Інші незамінні амінокислоти у цільнозерновому лляному борошні були лімітуючими. Проте, з дослідження видно, що у лляному борошні амінокислотний скор лімітуючих амінокислот треоніну і лізину становив 98 і 80,2 %, відповідно. Така кількість даних амінокислот у лляному борошні практично на 11 і 14 % більша, ніж у пшеничному борошні. Отримані результати узгоджуються з даними українських вчених [27] та закордонних [1, 73] про наявність доволі значної кількості у насінні льону таких амінокислот, як метіонін і лізин, і перспективність використання льону у технологіях створення нових харчових продуктів.

Необхідно відмітити також, що у дослідженні було використано цільнозернове пшеничне борошно, яке за амінокислотним складом характеризується більшим вмістом амінокислот, порівняно з борошном вищого і першого сортів.

Отже, з аналізу досліджень щодо амінокислотного складу пшеничного і лляного борошна необхідно зазначити наступне. Незважаючи на те, що значна кількість незамінних амінокислот у борошні з льону відносяться до

лімітуючих, порівняно з пшеничним борошном у якому тільки дві лімітуючі амінокислоти, збагачення рецептурного складу пшеничного хліба борошном льону є доцільним, так як додатково підвищує кількість двох лімітуючих кислот пшениці треоніну і лізину, яких у льоні практично на 10-14 % більша кількість.

Таким чином часткове додавання лляного борошна до пшеничного буде сприяти наступному: поперше, покращенню жирнокислотної фракції пшеничного хліба, подруге, підвищить його амінокислотний скор.

Важливі компоненти харчових продуктів, такі як мінеральні речовини приймають участь у метаболічних процесах в організмі і виконують каталітичну, пластичну та регуляторні функції [29, 54, 55, 58]. Тому біологічна цінність харчового продукту також визначається за вмістом мінералів важливих для життєдіяльності і повноцінного функціонування людини. Для глибокого обґрунтування доцільності збагачення пшеничного хліба борошном з льону нами проведено дослідження щодо вмісту мінеральних речовини у двох видах борошна. Результати дослідження наведено на рис. 3.3

Таблиця 3.3

Порівняння мінерального складу пшеничного і лляного борошна,

$M \pm m, n=3$

Поживні складові	Борошно, % від сухої речовини	
	пшеничне (суцільнозмелене)	лляне (суцільнозмелене)
Білки, г	13,7 ± 0,1	6,0 ± 0,1
Жири, г	2,2 ± 0,1	5,1 ± 0,1
Вуглеводи	81,8 ± 0,2	85,1 ± 0,2
Зола, г	1,7 ± 0,1	3,8 ± 0,1
Мінеральні речовини, мг/100 г борошна		
Кальцій	50,3 ± 0,1	244,2 ± 0,2*
Калій	311,4 ± 0,6	827,4 ± 0,8*

Магній	101,4 ± 0,5	422,5 ± 0,7*
Залізо	4,38 ± 0,2	4,7 ± 0,2
Фосфор	319,5 ± 0,5	629,1 ± 0,6*
Цинк	1,9 ± 0,1	3,8 ± 0,1*
Мідь	0,52 ± 0,06	0,97 ± 0,07*

Примітка: * $p < 0,05$ – порівняно з борошном із пшениці

З аналізу даних (табл. 3.3) відносно мінерального складу пшеничного і лляного борошна випливає, що вміст мінеральних речовин у лляному борошні значно більший, ніж у пшеничному. Виявлено достовірно більшу кількість ($p < 0,05$) таких мінеральних речовин у лляному борошні, порівняно з пшеничним, зокрема, Кальцію в 4,8 раза, Калію в 2,6 раза, Магнію в 4,2 раза, Фосфору і Цинку в 2,0 раза та Міді в 1,8 раза. Тільки за вмістом заліза пшеничне і лляне борошно достовірно не відрізняється між собою. При цьому необхідно відмітити, що 100 г насіння льону забезпечують на 50 – 70 % добову потребу у визначених мінеральних [15]. Враховуючи отримані дані, ми підтримуємо думку вчених [26, 27, 31], що насіння льону відноситься до біологічно-цінного продукту, яке здатне покращити традиційні харчові системи за вмістом макро і мікроелементами.

Отже, отримані дані вказують, що часткова заміна пшеничного борошна на лляне під час виробництва хліба буде мати позитивний вплив щодо збагачення його такими важливими мінеральними речовинами, як Кальцій, Магній, Фосфор, Мідь, Цинк, які регулюють ряд функцій в організмі, а також є пластичним матеріалом.

Окрім мінерального складу нами було проаналізовано пшеничне і лляне борошно за вмістом основних вітамінів. У дослідженнях [37, 38] повідомляється, що насіння льону та продукти його переробки особливо багаті на вітамін Е (токоферолі α -, β - та γ -) та групи В. Токоферолі у насінні льону перебувають у вигляді вище згаданих ізомерів, і чим більша кількість їх у

харчових продуктах, тим краще будуть виражені у них антиоксидантні властивості (захист клітин організму від шкідливого впливу вільних радикалів, які вважаються причиною виникнення онкологічних захворювань).

Також крім антиоксидантних властивостей токофероли приймають участь у блокуванні нітрозамінів в шлунково-кишковому тракті, які утворюються з нітратів і нітритів харчових продуктів. Друга важлива група вітамінів – це В група біологічно-активних речовин, які проявляють системний вплив на багато функцій організму. Хоча деякі із них здатні синтезуватися в організмі, всеж таки вони повинні надходити з їжею. Таким чином враховуючи описані вище властивості даних вітамінів нами було визначено їх кількість у борошні з пшениці та льону. Результати отриманих даних наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Порівняльна оцінка вітамінного складу пшеничного і льняного борошна, $M \pm m$, $n=3$

Вітаміни	Борошно	
	пшеничне (суцільнозмелене)	льняне (суцільнозмелене)
В1 (тіамін), мг/100 г	0,40 ± 0,02	0,53 ± 0,03*
В2 (рибофлавін), мг/100 г	0,18 ± 0,02	0,22 ± 0,02
В3 (ніацин), мг/100 г	4,71 ± 0,03	3,14 ± 0,02
В5 (пантотенова кислота)	0,47 ± 0,02	0,63 ± 0,02*
В6 (піридоксин)	0,38 ± 0,05	0,55 ± 0,06*
В9 (фолієва кислота), мкг/100 г	38,7 ± 0,3	85,4 ± 0,4*
Е (токоферол), мг/100 г	2,75 ± 0,08	5,37 ± 0,12*
К (філохінон), мкг/100 г	1,96 ± 0,2	4,21 ± 0,2*
С (аскорбінова кислота)	0,37 ± 0,2	0,64 ± 0,3*

Примітка: * $p < 0,05$ – порівняно з борошном із пшениці

З даних наведених в табл. 3.4, видно, що практично за всіма досліджуваними вітамінами лляне борошно було більш поживніше, ніж пшеничне. Зокрема, вміст вітаміну В1 і В5 у лляному борошні становив $0,53 \pm 0,03$ та $0,63 \pm 0,02$ мг/100 г, відповідно і перевищував, в середньому в 1,3 рази ($p < 0,05$), їх кількість у пшеничному борошні. Кількість вітаміну В6 становила у лляному борошні $0,55 \pm 0,06$ мг/100 г і була більшою в 1,4 рази ($p < 0,05$) за кількість у пшеничному борошні. Найбільша різниця щодо вмісту вітамінів групи В у борошнах була у фолівої кислоти (В9), кількість її становила у лляному борошні $85,4 \pm 0,4$ мкг/100 г, що в 2,2 рази більше, ніж у борошні з пшениці. Однак, виявлено також, що за вмістом вітаміну В3, пшеничне борошно було цінніше, так як у ньому реєстрували в 1,5 рази більшу кількість даного вітаміну, порівнюючи з лляним борошном. За вмістом вітаміну В2 обидва борошна мали його кількість практично однаковою – $0,18 \pm 0,02$ пшеничне і $0,22 \pm 0,02$ мг/100 г лляне.

Вітаміни, які проявляють антиоксидантні властивості в організмі – Е і С, також були у значно більших кількостях у лляному борошні, порівнюючи з пшеничним. Так у лляному борошні кількість вітаміну Е становила $5,37 \pm 0,12$ мг/100 г, що було в 1,9 рази ($p < 0,05$) більше, ніж у пшеничному, а кількість вітаміну С була в 1,7 рази ($p < 0,05$) більша, відповідно у лляному борошні. Це вказує на те, що насіння льону є чудовим джерелом збагачення організму у антиоксидантних вітамінах.

Вітамін К (філохінон), також знаходився у значно більшій кількості у лляному борошні, порівнюючи з пшеничним. Зокрема у першому його кількість становила $4,21 \pm 0,2$ мкг/100 г, що практично в 2,2 рази ($p < 0,05$) більша кількість, ніж у пшеничному борошні.

Таким чином, отримані дані щодо вмісту вітамінів у лляному і пшеничному борошні дають однозначну відповідь про значну перевагу лляного борошна, як джерела вітамінів, особливо токоферолу та більшості вітамінів групи В. Це дає обгрунтовано вважати на доцільність і

перспективність збагачення пшеничного борошна лляним у хлібопекарському виробництві.

3.2. Розроблення експериментальних зразків хліба пшенично-лляного

Наступною частиною виконання кваліфікаційної роботи було розробити рецептуру хліба за різного співвідношення у ньому лляного і пшеничного борошна. Для цього нами розроблено експериментальні зразки хліба із наступним співвідношенням борошна, яке наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Співвідношення пшеничного борошна до лляного у рецептурному складі хліба звичайного

№п/п експериментального зразка	Вид борошна	
	пшеничне	лляне
1. Контроль	100 %	—
2.	95 %	5 %
3.	90 %	10 %
4.	85 %	15 %
5.	80 %	20 %
6.	75 %	25 %

З даних табл. 3.5. видно, що нами розроблено п'ять експериментальних зразків хліба із вмістом лляного борошна від 5 до 25 %, а перший зразок взято як контроль, який виготовлений тільки із пшеничного борошна. Відповідно до даного співвідношення пшеничного і лляного борошна було приготовлено тісто за класичним рецептом звичайного пшеничного хліба. У рецептурному складі використали борошно пшеничне першого сорту, та лляне, яке отримане із жмиху після виробництва лляної олії методом холодного віджиму.

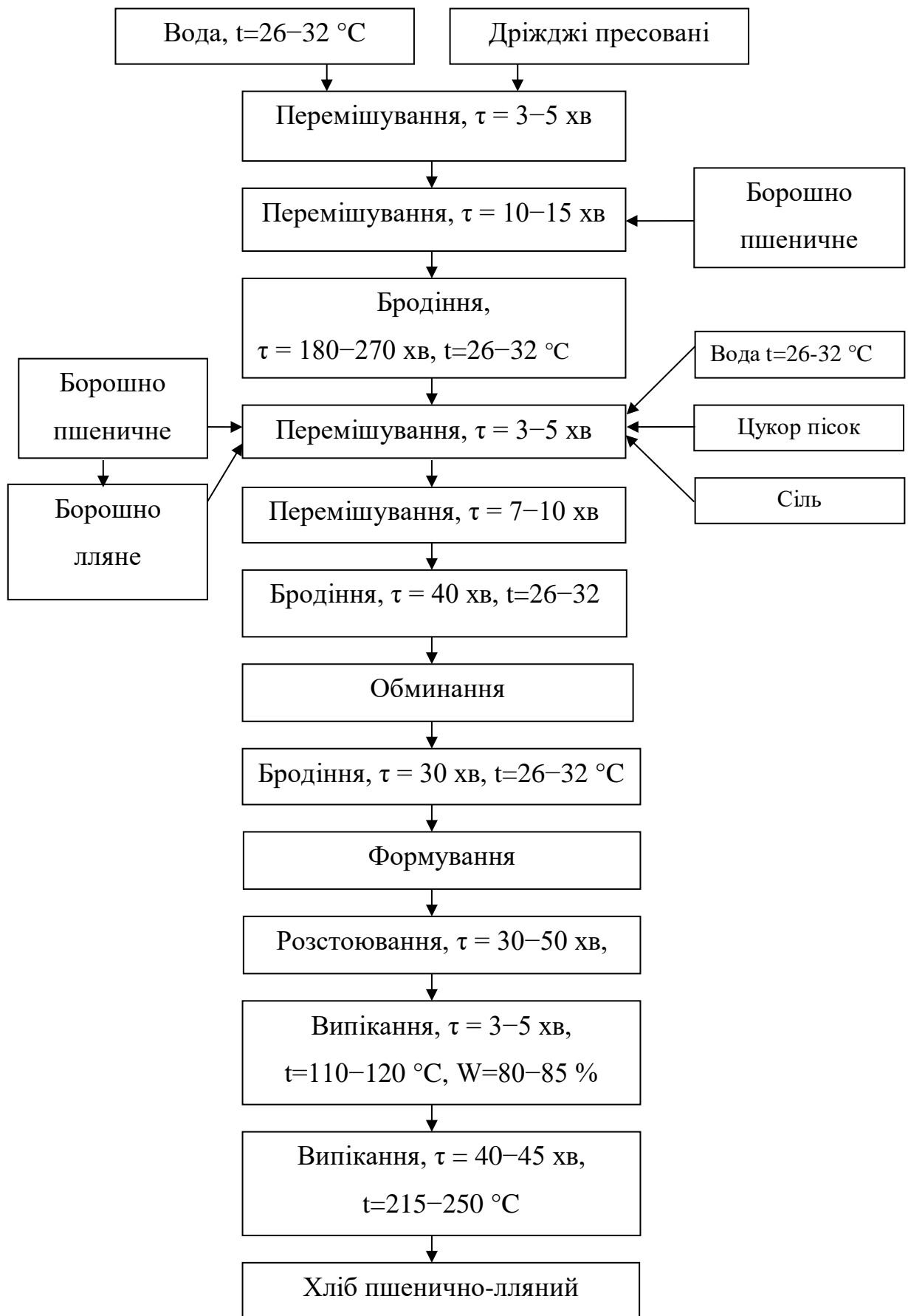


Рис. 3.1. Векторна схема виробництва пшенично-ляного хліба

Векторна технологічна схема виробництва пшенично-ляного хліба наведена на рис. 3.1.

З рисунку видно, що нами виготовлено експериментальні зразки пшенично-ляного хліба опарним способом, при цьому використали класичні технологічні операції, а з інгредієнтів додавали крім пшеничного і ляного борошна ще цукор, сіль і воду. Приготовлене таким чином тісто було піддане оцінці за фізико-хімічними параметрами.

3.3. Фізико-хімічна оцінка тіста приготовленого із пшенично-ляного борошна за різного співвідношення

Після приготування тіста відповідно до рецептурного складу з різним співвідношенням ляного і пшеничного борошна його ставили на бродіння за температури 26 – 32 °С протягом 180 – 270 хв, при цьому для контролю бродильних процесів визначали кислотність в градусах на початку і на закінчення визначеного періоду часу. У зв'язку з тим, що нами замінено від 5 до 25 % пшеничного борошна на ляне необхідно було порівняти активність бродіння у тісті. Адже кислотність у тісті формується завдяки розмноженню дріжджової мікрофлори, яка розкладає вуглеводи борошна з утворенням різних органічних кислот (молочної, ацетатної, метанової, лимонної, винної, тощо) та внаслідок накопичення деяких амінокислот. Крім того загальна кислотність тіста виготовленого з пшеничного борошна вищого і першого гатунків має коливатися в межах 2,5 – 3,5 °. Результати отриманих даних досліджень відображено на рис. 3.2

З даних наведених на рис.3.2, спостерігаються два загальні процеси: перший – поступове наростання градуса кислотності у всіх експериментальних зразках тіста, що вказує на активність дріжджів; другий – по мірі збільшення кількісного вмісту ляного борошна у тісті процеси наростання градуса кислотності поступово знижуються, порівнюючи з

контрольним зразком тіста, у якому використано тільки пшеничне борошно (експериментальний зразок №1).

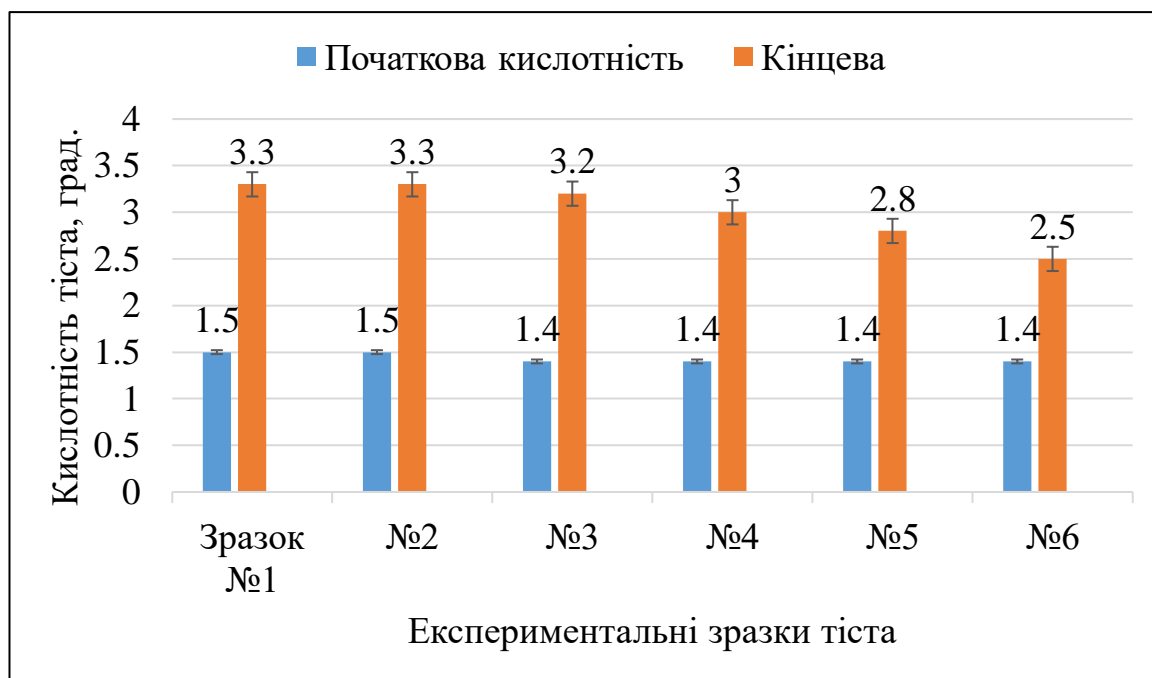


Рис. 3.2. Кислотність експериментальних зразків тіста з різним вмістом лляного борошна

Зокрема, достовірний процес зниження бродіння у тісті почали відмічати за кількості лляного борошна 15 % (експериментальний зразок №4) від загального вмісту борошна. При цьому кислотність у даному зразку становила $3,0 \pm 0,1$ град, що на 0,3 град менше, проти контрольного взірця тіста.

Збільшення лляного борошна у складі тіста до 20 % (зразок №5) зумовило зростання градуса кислотності через три години бродіння до $2,8 \pm 0,1$ град, що було, в середньому на 0,5 град менше, ніж у контрольному зразку №1. Визначення кислотності у шостому експериментальному зразку виявило, що вона знаходилася на нижній дозволений межі у 2,5 град для пшеничного тіста. При цьому дана величина кислотності була на 0,8 град менша, порівнюючи із зразком №1 – контроль. Зниження величини кислотності свідчить про слабку інтенсивність бродіння та про те, що готові вироби

можуть піддаватися швидкому псуванню через розвиток спорової мікрофлори, яка є збудником картопляної хвороби хліба.

Отже, з досліджень видно, що збільшення частки лляного борошна більше 20 % від загального об'єму всього борошна зумовлює небажане сповільнення процесів бродіння.

За питомим об'ємом тіста під час його бродіння можна судити про загальний об'єм готових виробів, при цьому зменшення питомого об'єму призведе до меншого розміру буханки хліба. Тому нами було визначено динаміку зміни об'єму контрольного і експериментальних зразків тіста у циліндрі за температури 30 ± 1 °C на початку і вкінці (180 хв) бродіння тіста. Результати досліджень наведено на рис. 3.3.

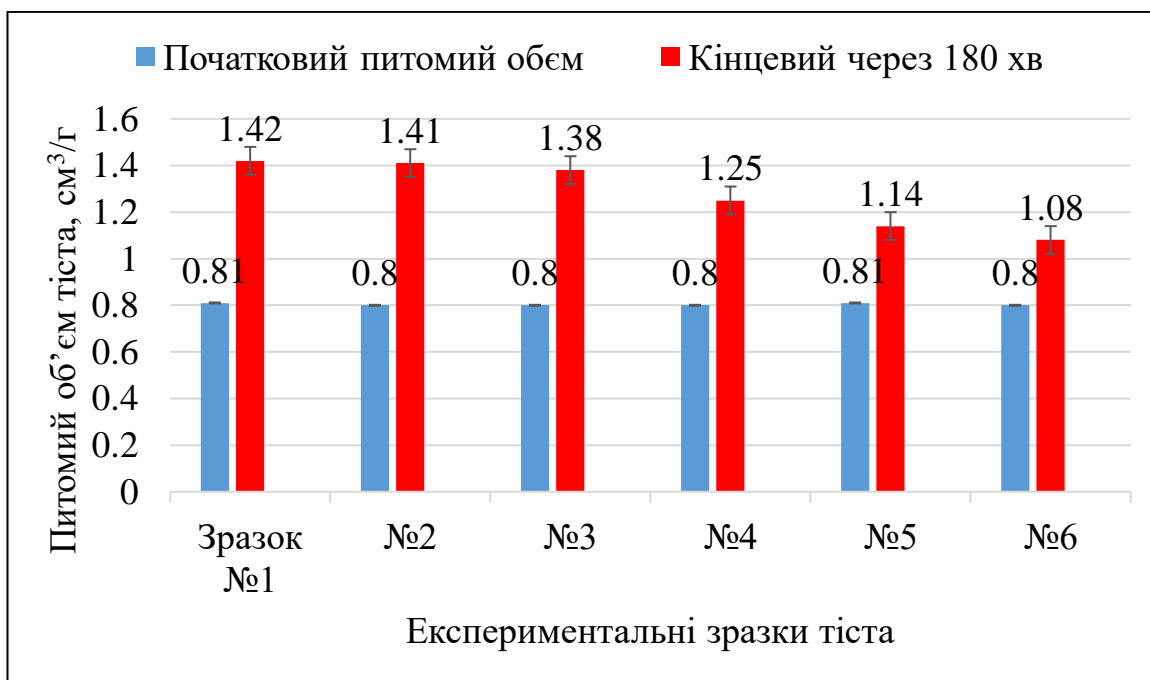


Рис. 3.3. Характеристика експериментальних зразків тіста з різним умістом лляного борошна за значенням питомого об'єму (протягом 180 хв бродіння)

З аналізу даних, які наведено на рис. 3.3 видно залежну тенденцію щодо зменшення питомого об'єму тіста від кількості доданого лляного борошна, порівняно з контрольним зразком – пшеничне борошно. Особливо зменшення питомого об'єму відмічається при збільшенні лляного борошна більше 15 % від

загального об'єму. Так, у експериментальному зразку №4 питомий об'єм становив $1,25 \pm 0,2$ см³/г, що на 17 см³/г менше (12 %), ніж у зразку порівняння №1.

У зразку тіста з вмістом 25 % лляного борошна (№6) об'єм тіста був менший контрольного зразка на 34 см³/г. У відсотковому виразі об'єм тіста зразка №6 на $23,9 \pm 0,2$ % менший, ніж тіста з пшеничного борошна. Наші дослідження узгоджуються з даними авторів [67], які також виявляли зменшення об'єму тіста і хліба пшеничного з додаванням різних сортів і фракцій льону.

Отже, отримані експериментальні дані засвідчують, що величина питомого об'єму експериментальних зразків тіста прямо залежала від доданого вмісту лляного борошна. Заміна від 15 до 25 % пшеничного борошна на лляне буде зменшувати від 12 до 24 % об'єму тіста, що необхідно враховувати при обґрунтуванні і виборі оптимальної дози лляного борошна у складі хліба.

Ще один показник, який характеризує структурно-механічні властивості тіста та дає оцінку про його формостійкість – це величина розпливання кульки тіста протягом певного часу. З формостійкістю тіста пов'язують форму та об'єм готових виробів. Результати дослідження з визначення величини розпливання кульки тіста наведено на рис. 3.4.

З досліджень (рис. 3.4) видно, що кулька тіста розпливається більше у експериментальних зразках із зростанням концентрації лляного борошна у тісті. Це відбувається за рахунок зниження вязкості та послаблення клітковини тіста, що в кінцевому варіанті призводить до формування меншого показника щодо відношення висоти тіста до його діаметра в технології подового хліба. Так, у тісті виготовленому тільки з пшеничного хліба діаметер кульки становив $78,4 \pm 0,2$ мм, що відповідно до методики (визначення групи якості) характеризує його, як сильне борошно. Водночас, у тісті з вмістом 15 % борошна – зразок №4 величина діаметра кульки збільшилася на $12 \pm 0,2$ мм, проти зразка №1 і становила $91,3 \pm 0,2$ мм. За характеристикою таке тісто відноситься до середнього за силою.

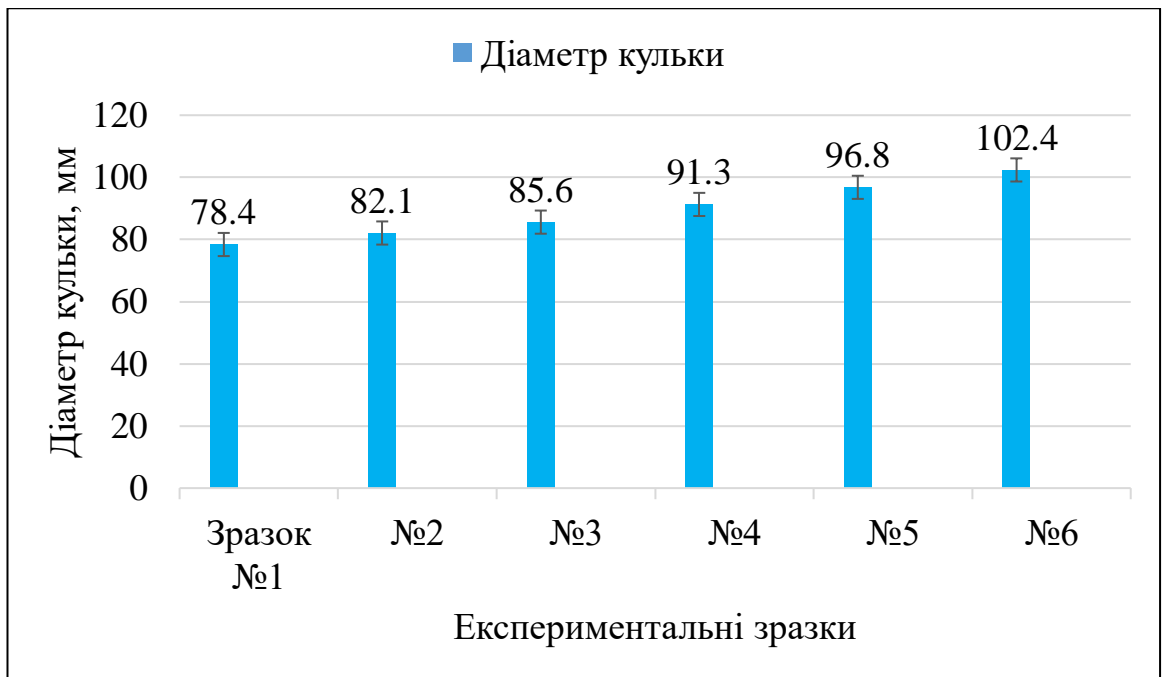


Рис. 3.4. Значення величини розпливання кульки тіста у експериментальних зразках з різним умістом лляного борошна

У п'ятому експериментальному зразку діаметр кульки становив $96,8 \pm 0,2$ мм, що вже на $18,4 \pm 0,2$ мм більше, ніж у контролі, таке борошно за групою якості вважається середньої сили, хоч і на граничній межі (до 97 мм). Тільки шостий зразок за показником діаметр кульки відносився до слабкого борошна, так як його діаметр становив $102,4 \pm 0,2$ мм, що практично на 20 мм більше, ніж у контролі.

Отже, з отриманих даних можна відмітити наступне, що додавання у рецептуру пшеничного хліба лляного борошна, яке виготовлене із жмиху під час виробництва лляної олії холодним віджимом, сприяє збільшенню діаметра кульки тіста, особливо дана величина зростає за вмісту лляного борошна більше 15 % від загального об'єму.

Наступним етапом експериментальних досліджень було провести лабораторне випікання зразків хліба з різним співвідношенням пшеничного і лляного борошна та провести його комплексну оцінку за показниками фізико-хімічних властивостей та бального оцінювання дегустаційною комісією готових виробів. Відповідно до загальновизнаних нормативних документів

[72] пшеничний хліб контролюють за такими показниками якості, як вологість, кислотність, пористість та органолептичними властивостями.

3.4. Характеристика хліба приготовленого із пшенично-ляного борошна за різного співвідношення

Вологість хліба (мякушки) – це показник, який визначає відношення маси води до загальної маси хліба і виражається у відсотках [75]. Звичайно, чим більша вологість хліба, тим нижча його поживна, енергетична цінність, а вихід хліба більший. Тому у ДСТУ 7517:2014 [72] визначають вологість, яка для пшеничного хліба з борошна вищого і першого гатунків має бути не більше 43 – 44 %. Результати наших досліджень щодо вологості експериментальних зразків хліба наведено на рис. 3. 5.

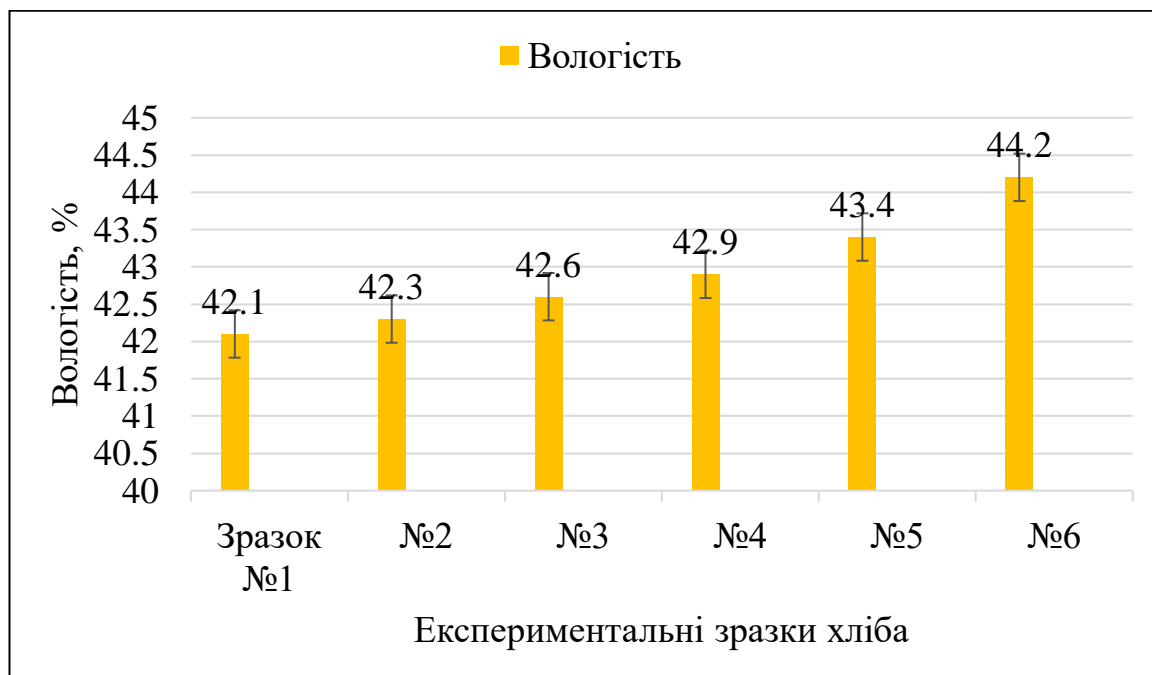


Рис. 3.5. Вологість мякуша експериментальних зразкаків хліба з різним умістом ляного борошна, %

З аналізу даних досліджень (рис. 3. 5) спостерігається динаміка зростання показника вологості мякуша у експериментальних зразках хліба виготовленого з додаванням борошна льону. При цьому із збільшенням

дозування лляного борошна у складі хліба вологість зростає, порівнюючи з контрольним зразком пшеничного хліба. Однак, у зразках хліба №2 – №5 величина вологості становила в межах рекомендованих значень, не більше 44 %. Тільки у зразку хліба №6 величина вологості становила $44,2 \pm 0,1$ %, що на 2,1 % більше, ніж у контрольному зразку хліба. Даний зразок за цим показником дещо перевищував допустиму стандартом норму.

Таким чином, вологість мякуша хліба пшеничного з додаванням борошна лляного від 5 до 20 % зростає, проти пшеничного хліба, проте вона знаходиться в межах вимог стандарту. Збільшення концентрації лляного борошна у складі хліба до 25 % і більше забезпечує вологість мякуша вище 44 %.

Кислотність готових хлібобулочних виробів характеризує бродильні процеси в тісті і у випадку значення градуса кислотності нижче визначених нормативів, то це вказує на виробництво хліба з погано виброженого тіста. Такий хліб вважається менш поживним, він погано перетравлюється і може принести дискомфорт споживачам. У зв'язку з цим стандартом передбачено оцінка мякуша хліба за даним показником. Результати наведено на рис. 3.6.

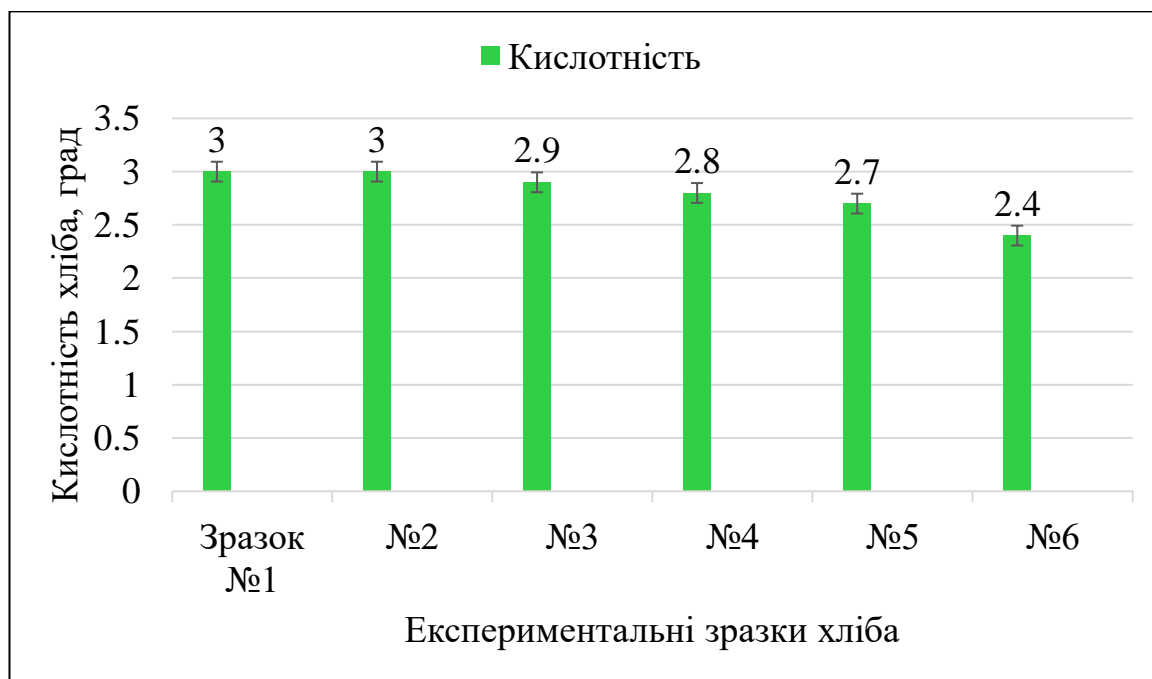


Рис. 3.6. Кислотність мякуша експериментальних зразкаків хліба з різним умістом лляного борошна, град

З отриманих результатів (рис. 3.6) відмічаємо незначне зменшення величини кислотності у всіх експериментальних зразках хліба, порівнюючи контрольного хліба (зразок №1). Однак дане значення кислотності відповідало встановленим вимогам [72] відповідно до нормативних документів. Лише у зразку №6 кислотність характеризувалася нижчим на 0,1 град значенням.

Отже, дані вказують, що зразки хліба №1 – №5 за показником градуса кислотності цілком можуть бути використані для подальших досліджень.

Величина пористості хліба має значення для оцінки його якості, оскільки зниження пористості нижче визначених стандартом величин вказує на порушення технологічного процесу, а саме операції з розстойки тіста. Крім того зниження пористості відбувається за умови випікання хліба із добре невідмороженого тіста. У ДСТУ [72] значення пористості для пшеничного хліба повинно бути не менше 65 %.

Проведені дослідження з визначення даного показника у експериментальних зразках хліба наведено на рис. 3.7.

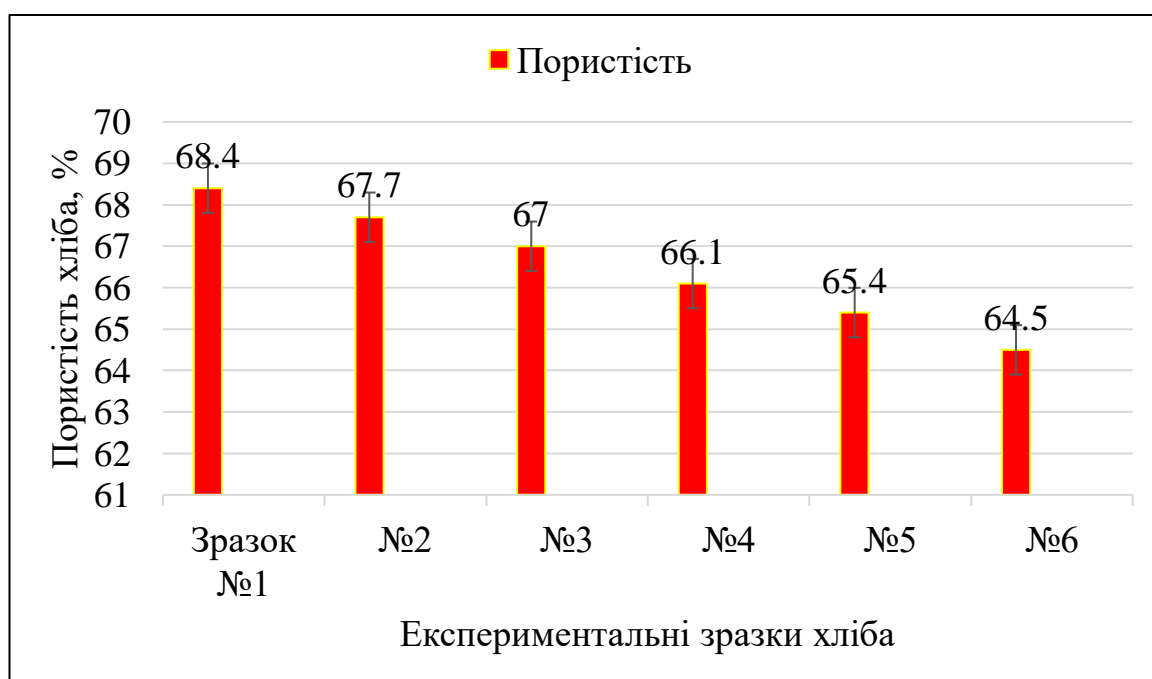


Рис. 3.7. Значення пористості експериментальних зразкаків хліба з різним умістом лляного борошна, %

З аналізу даних рис. 3.7 видно, що тільки експериментальний зразок хліба №6 з вмістом 25 % лляного борошна мав на $0,5 \pm 0,1$ % меншу пористість, порівнюючи з встановленими вимогами. Усі інші експериментальні зразки відповідали вимогам стандарту, хоча і пористість їх була нижча, ніж у контрольного зразка хліба приготовленого із пшеничного борошна.

Отже, за величиною пористість виготовлені експериментальні зразки хліба з вмістом лляного борошна від 5 до 20 % можуть бути прийняті у виробництво, як продукт підвищеної біологічно цінності.

Органолептична оцінка експериментальних зразків пшенично-лляного хліба була проведена за наступною шкалою: форма (зовнішній вигляд) – максимум 5 балів; колір поверхні кірки хліба – максимум 5 балів; смак і запах мякуша – 5 балів; стан мякуша – 5 балів.

Органолептичне оцінювання випечених зразків хліба проводили із залученням представників дегустаційної комісії, яку створили на кафедрі з професорсько-викладацького складу, аспірантів і магістрів. При цьому до виробництва допускався готовий виріб з бальною оцінкою не нижче 19 балів. Результати дегустаційного випробування відображено на рис. 3.8.

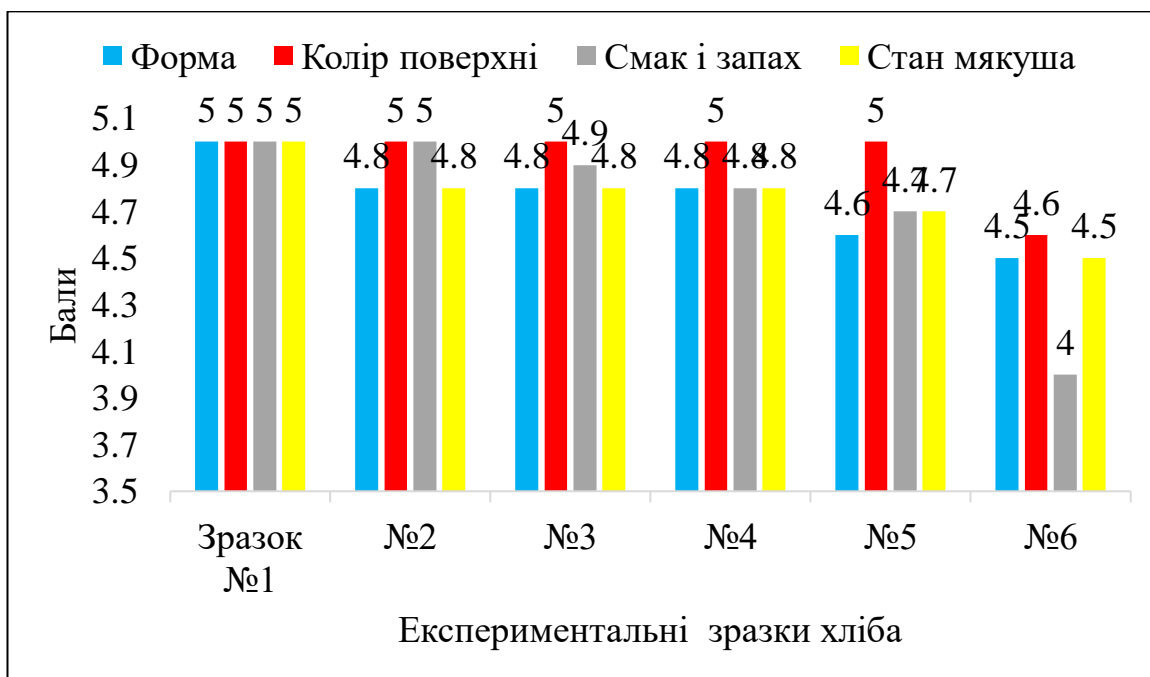


Рис. 3.8. Дегустаційне оцінювання експериментальних зразків хліба з різним умістом лляного борошна

З аналізу даних наведених на рис. 3.8 випливає, що найкращі органолептичні показники за кількістю набраних балів серед експериментальних зразків мав №2 з кількістю набраних балів $19,6 \pm 0,1$. Даний зразок тільки на 0,4 бала відрізнявся від контрольного зразка №1. Збільшення кількості борошна льону у складі рецептури хліба погіршувало його органолептичні властивості. Однак експериментальні зразки №3 - №5 набрали сумарно 19,5, 19,4 та 19,0 бала, що дозволяє їх використовувати для подальшого впровадження у виробництво. Найменшу кількість балів $17,6 \pm 0,2$ набрав зразок №6 із вмістом 25 % лляного борошна. В основному дегустаційна комісія виявила зниження (погіршення) органолептичних властивостей хліба із вмістом лляного борошна через розвиток у ньому надмірного смаку льону, який нагадував присмак горіхів.

Отже, враховуючи проведені дослідження за розділом три ми можемо констатувати, що введення у рецептурний склад звичайного пшеничного хліба лляного борошна в кількості 15 % є оптимальним, так як підвищить його біологічну цінність збагативши омега-3 жирними кислотами, вітамінами та антиоксидантами. При цьому суттєво не знизивши його технологічні характеристики, такі як питомий об'єм, кислотність, вологість та пористість готових виробів.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Виявлено, що за кількістю поліненасиченої а-ліноленової кислоти, яка відноситься до родини омега-3, лляна олія в 7,9 раза ($p < 0,05$) перевищувала вміст її у олії з пшеничного борошна. Тобто у лляній олії кількість даної есенціальної кислоти становив $54,629 \pm 0,007$ % від маси усіх жирних кислот.

2. У борошні із насіння льону спостерігаємо значно менший надлишковий вміст незамінних амінокислот, порівнюючи з борошном пшениці. Проте, встановлено, що у лляному борошні амінокислотний скор лімітуючих амінокислот треоніну і лізину становив 98 і 80,2 %, відповідно. Така кількість даних амінокислот у лляному борошні практично на 11 і 14 % більша, ніж у пшеничному борошні.

3. Встановлено, що вміст мінеральних речовин у лляному борошні значно більший, ніж у пшеничному. Виявлено достовірно більшу кількість ($p < 0,05$) таких мінеральних речовин у лляному борошні, порівняно з пшеничним, зокрема, Кальцію в 4,8 раза, Калію в 2,6 раза, Магнію в 4,2 раза, Фосфору і Цинку в 2,0 раза та Міді в 1,8 раза.

4. Виявлено, що практично за всіма досліджуваними вітамінами лляне борошно було більш цінне, ніж пшеничне. Зокрема, у лляному борошні кількість вітаміну Е становила $5,37 \pm 0,12$ мг/100 г, що було в 1,9 раза ($p < 0,05$) більше, ніж у пшеничному, а кількість вітаміну С була в 1,7 раза ($p < 0,05$) більша. Це дає обґрунтовано вважати на доцільність і перспективність збагачення пшеничного борошна лляним у хлібопекарському виробництві.

5. Встановлено, що по мірі збільшення кількісного вмісту лляного борошна у тісті процеси наростання градуса кислотності поступово знижуються, порівнюючи з контрольним зразком тіста, у якому використано тільки пшеничне борошно. Частка лляного борошна більше 20 % від загального об'єму всього борошна зумовлює небажане сповільнення процесів бродіння.

6. Встановлено залежну тенденцію щодо зменшення питомого об'єму тіста від кількості доданого лляного борошна. Заміна від 15 до 25 % пшеничного борошна на лляне буде зменшувати від 12 до 24 % об'єму тіста, що необхідно враховувати при обґрунтуванні і виборі оптимальної дози лляного борошна у складі хліба.

7. Вологість м'якуша хліба пшеничного з додаванням борошна лляного від 5 до 20 % зростає, проти пшеничного хліба, проте вона знаходиться в межах вимог стандарту. Збільшення концентрації лляного борошна у складі хліба до 25 % і більше забезпечує вологість м'якуша вище 44 %. Кислотність і пористість зразків хліба з вмістом лляного борошна від 5 до 25 % була у межах стандартних величин.

Отже, введення у рецептурний склад пшеничного хліба лляного борошна в кількості 15 % є оптимальним, так як підвищить його біологічну цінність збагативши омега-3 жирними кислотами, амінокислотами, вітамінами та мінералами.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Загальні правила охорони праці щодо роботи пекарів на хлібопекарні

Пекар інструктується перед початком роботи на підприємстві (первинний інструктаж), а потім через кожні 6 місяців (повторний інструктаж). Результати інструктажу заносяться в "Журнал реєстрації інструктажів з питань охорони праці", в журналі після проходження інструктажу повинен бути підпис інструктуючого та пекаря.

Власник повинен застрахувати пекаря від нещасних випадків та професійних захворювань. В разі пошкодження здоров'я з вини власника, пекар має право на відшкодування заподіяної йому шкоди. За невиконання даної інструкції пекар несе дисциплінарну, матеріальну, адміністративну та кримінальну відповідальність.

До роботи пекарем допускаються особи віком не молодше 18 років, які мають відповідну кваліфікацію, пройшли медичний огляд, вступний інструктаж по охороні праці та інструктаж на робочому місці Пекарі, які працюють на електро-та газовому обладнанні повинні пройти навчання за правилами безпечної експлуатації та мати відповідне посвідчення.

Пекар повинен:

- виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;
- користуватися спецодягом та засобами індивідуального захисту;
- працювати тільки на справному обладнанні;
- не допускати сторонніх осіб на робоче місце;
- утримувати робоче місце в чистоті, не захаращувати його;
- пам'ятати про особисту відповідальність за виконання правил охорони праці та безпеку товаришів по роботі;
- приймати заходи по усуненню порушень правил охорони праці;

- приступаючи до роботи після відлучення з робочого місця і після контакту з забрудненими предметами необхідно мити руки намилюванням не менше двох разів. Особливо ретельно їх слід мити після відвідування вбиральні. В цих випадках руки треба вимити теплою водою з милом, а потім 0,2 % освітленим розчином хлорного вапна, а потім знову помити теплою водою з милом. Особи, які працюють в одязі з короткими рукавами, повинні мити руки до ліктів; утримувати нігті коротко підстриженими та не наносити на них лак; чоловіки - чисто поголені, жінкам охайно причесані; повідомляти про одержані на виробництві чи вдома порізи, удари інші поранення, а також про інфекційні захворювання в сім'ї.

Головні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які діють на пекаря:

- протяги; - захащеність робочого місця; - відсутність спеціальних пристосувань, інструменту, обладнання; - підвищена температура обладнання;
- підвищена температура, вологість, рухливість повітря робочої зони; - недостатня освітленість робочої зони; - незахищені струмоведучі частини електрообладнання;

Пекар забезпечується спецодягом: куртка біла бавовняна, брюки світлі бавовняні (спідниця біла бавовняна для жінок), фартух білий бавовняний, ковпак білий бавовняний або косинка біла бавовняна, рушник, тапочки або туфлі, або черевики текстильні чи текстильно-комбіновані на неслизькій підшві.

Заколювати спецодяг і тримати у кишенях одягу булавки, скляні та інші гострі предмети, забороняється.

Всі рухомі частини машин і обладнання, що викликають небезпеку травмування, повинні бути закриті суцільним або сітчастими огорожами. Сторони вічка або діаметри отворів сітки огорожі повинні бути не більше 10 мм.

Ємкості з мішалкою повинні мати кришки, заблоковані з пусковим пристроєм електродвигуна мішалки.

Обладнання, в яке завантажуються пиловидні компоненти, повинно бути оснащене місцевим відсмоктувачем з наступною очисткою викиду повітря. Кожен електротепловий апарат підключається до зовнішньої мережі окремою електропроводкою з індивідуальними плавкими вставками та пусковими пристроями. Пускові пристрої повинні знаходитись у безпосередній близькості від робочого місця, забезпечуючи при цьому швидке і безпечне вмикання та вимикання апарату.

У виробничих приміщеннях електропроводка повинна бути прокладена в трубах для захисту від механічних пошкоджень та вологи.

Засоби захисту повинні приводитися до готовності перед початком роботи обладнання і бути заблоковані так, щоб виконання робочого процесу було неможливе при відключенні засобів захисту або їх несправності.

Пускові пристрої електродвигунів повинні мати захист від самовільного запуску при відключенні напруги у мережі після перерви у постачанні енергії.

Очищення, ручне змащення і ремонт обладнання під час його роботи категорично забороняється і дозволяється тільки після повної його зупинки.

Забороняється працювати на обладнанні з несправним або знятим огороженням рухомих частин. Не повинні захарашуватись проходи до обладнання, до місць його включення та виключення.

Ремонт обладнання під час його роботи забороняється. Робітники, які працюють на обладнанні повинні бути забезпечені інструкціями по експлуатації обладнання, в яких викладені вимоги з охорони праці.

4.2. Порядок виконання заходів цивільного захисту при загрозі та виникненні надзвичайних ситуацій

При загрозі виникнення надзвичайної ситуації на підприємстві створюються відповідні формування:

1. Ланка пожежогасіння - добровільна пожежна дружина. Призначена для забезпечення належного протипожежного стану, підтримання у готовності

засобів пожежогасіння, зв'язку, сигналізації, гасіння осередків пожежі, рятування працівників підприємства, проведення інших першочергових заходів у разі виникнення на підприємстві пожежі.

2. Пост радіаційного та хімічного спостереження. Пост РХС призначений для спостереження за радіологічною і хімічною обстановкою. Пост РХС виставляється і діє за призначенням тільки у режимі підвищеної готовності та у режимі надзвичайної ситуації. Персональний склад поста РХС, організацію його підготовки визначається наказом по підприємству щорічно.

3. Санітарний пост заводу.

При виникненні надзвичайної ситуації оповіщення робітників і службовців хлібопекарського підприємства у випадку аварії з загрозою ураження проводяться:

В робочий час : при одержанні сигналу від директора головного інженера чи начальника штабу ЦЗ.

Після розпорядження вказаних осіб черговий диспетчер (секретар) вмикає сирену і через гучномовці сповіщає робочих та службовців про НС з виливом враховуючи напрям приземного вітру.

Начальник штабу ЦЗ заводу негайно доповідає про одержання сигналу начальнику штабу ЦЗ району, швидкої допомоги 103, черговому РОВД 102, який виділяє групи охорони громадського порядку з гучномовцем для оповіщення населення яке проживає поблизу.

В неробочий час (вночі , вихідні та святкові дні): при одержанні сигналу від чергового зміни позавідомчої охорони оповіщає робочих тих цехів, які продовжують роботу в нічний час на вихідні та святкові дні по телефонах, вмикає сирену, вказує в який район проводити евакуацію з урахуванням швидкості приземного вітру , крім того доповідає про аварію на підприємстві директору, головному інженеру, начальнику штабу ЦЗ, швидкій допомозі 103, начальнику штабу ЦЗ району, РОВД 102.

Черговий РОВД виділяє групи охорони громадського порядку з гучномовцем з метою забезпечення порядку на території, що прилягає до компресорної заводу.

Сили цивільного захисту, що залучаються для проведення заходів у разі загрози чи виникнення надзвичайної ситуації на підприємстві.

До ліквідації аварії та подолання наслідків НС крім формувань підприємства залучаються сили і засоби територіальної підсистеми району чи міста.

Для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, ведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт створюються об'єктові формування ЦЗ:

- рятувальні загони (команди);
- команди (групи) захисту тварин і рослин;
- команди (групи) знезаражування;
- розвідувальні групи (ланки);
- санітарні дружини;
- пости спостереження за радіоактивним, хімічним забрудненням навколишнього середовища;
- протипожежні команди (відділення);
- команди (групи) охорони громадського порядку;
- мобільні групи зв'язку.

Формування ЦЗ комплектуються особовим складом із числа постійних працівників (за винятком військовозобов'язаних, що мають мобілізаційні посвідчення, вагітних жінок, а також жінок, котрі мають дітей до 8-річного віку). Формування ЦЗ об'єкта створюються за виробничим принципом (у відділеннях підприємства, бригадах, цехах).

Кількість і чисельність формувань визначається начальником і штабом ЦЗ об'єкта, відповідно до існуючих рекомендацій, і погоджується зі спеціально уповноваженим органом управління ЦЗ району.

Оповіщення робітників та службовців об'єкта, а також населення, що проживає поблизу ураження.

Крім власних сил ЦЗ об'єкта, для ліквідації надзвичайної ситуації залучаються формування ЦЗ району, області, спеціальні формування МНС України.

Для дій у надзвичайних ситуаціях передбачається створення, поновлення та підтримання у постійній готовності до використання спеціальних, матеріально-технічних та інших засобів: протирадіаційного та протихімічного забезпечення; медичного забезпечення; транспортного забезпечення; протипожежного забезпечення; матеріально-технічного забезпечення; продовольчих ресурсів і речового забезпечення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Bernacchia, R., Preti, R and Vinci. G. (2004). Chemical Composition and Health Benefits of Flaxseed. *Austin J. Nutri Food Sci*, 2(8), 1045.
2. Lialyk, A., Pokotylo, O., Kukhtyn, M., Beyko, L., Horiuk, Y., Dobrovolska, S. & Mazu, O. (2020). Fatty acid composition of curd spread with different flax oil content. *Nova Biotechnologica et Chimica*, 19(2), 216–222.
3. Kalra, E. K. (2003). Nutraceutical-definition and introduction. See comment in PubMed Commons below *AAPS Pharm Sci.*, 5, E25.
4. Kukhtyn, M., Vichko, O., Horyuk, Y., Shved, O., & Novikov V. (2018). Some probiotic characteristics of a fermented milk product based on microbiota of “Tibetan kefir grains” cultivated in Ukrainian household. *Journal of Food Science and Technology*, 55 (1), 252–257.
5. Doyon, M., Labrecque. J. (2008). Functional foods: a conceptual definition. *British Food Journal*, 110, 1133–1149.
6. Матусевич, Л. Г., Селиверстова, Т. С., Кузнецова, И. В., Резников, В.М. (1982). Исследование химического состава лубяной и древесной частей льняного стебля. *Химия древесины*, 2. 45–49.
7. Daun, J. K., Barthet, V. J., Chornick T. L., Duguid, S. (2003). Structure, composition, and variety development of flaxseed. *Flaxseed in human nutrition* Thompson LU, Cunnane SC, 1–40.
8. Bhattu. R. S. (1995). Nutritional composition of whole flaxseed and flaxseed meal. *Flaxseed in Human Nutrition*. Cunnane SC, Thompson LH, editors. AOCS Press, Champaign IL, 22–45.
9. Oomah, D. B. (2001). Flaxseed as a functional food source. *J Sci Food Agr.*, 81, 889–894.
10. Morris, D. H. (2007). *Flax Primer, A Health and Nutrition Primer*. Flax Council of Canada, 9–19.
11. Mercier, S., Villeneuve, S., Moresoli, C., Mondor, M., Marcos, B., Power, K.A. (2014). Flaxseed-enriched cereal-based products: A review of the impact of processing conditions. *Compr Rev Food Sci F.*, 13, 400–412.

12. Лялик, А., Бейко, Л., Кухтин, М., Покотило О. (2021). Використання лляної олії у виробництві харчових продуктів. Вісник аграрної науки, 3 (99), 78-83.
13. Malcolmson, L. J., Przybylski. R., Daun, J.K. (2000). Storage stability of milled flaxseed. *JAOCS*, 77, 235–238.
14. Simopoulos, A. P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. See comment in PubMed Commons below *Biomed Pharmacother*, 56, 365–379.
15. Singh, K. K., Mridula, D., Rehal, J. and Barnwal, P. (2011). Flaxseed: A potential source of food, feed and fiber. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(3), 210–222.
16. El-Beltagi, H. S., Salama, Z. A., El-Hariri, D. M. (2007). Evaluation of fatty acids profile and the content of some secondary metabolites in seeds of different flax cultivars (*Linum Usitatissimum L.*). *General Applied Plant Physiology*, 33, 187– 202.
17. Harper, C. R., Edwards, M. J., DeFilippis, A. P., Jacobson, T. A. (2006). Flaxseed oil increases the plasma concentrations of cardioprotective (n-3) fatty acids in humans. See comment in PubMed Commons below *J Nutr.*, 36, 83–8.
18. Pokotylo, O. S., Kuhtyn, M. D., Pokotylo, O. A., Yaroshenko, T. Y., & Koval, M. I. (2015). LIPOGENESIS IN ADIPOSE TISSUE OF THE LABORATORY ANIMALS AFTER LOADING WITH CHOLESTEROL. *НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ*, 2(3), 31.
19. Dugani. A., Auzzi, A., Naas. F., Megwez, S. (2008). Effects of the oil and mucilage from flaxseed (*linum usitatissimum*) on gastric lesions induced by ethanol in rats. See comment in PubMed Commons below *Libyan J Med.*, 3, 166–169.
20. Kaithwas, G., Majumdar, D. K. (2010). Evaluation of antiulcer and antisecretory potential of *Linum usitatissimum* fixed oil and possible mechanism of action. See comment in PubMed Commons below *Inflammopharmacology*, 18, 137–145.

21. Dupasquier, C. M., Dibrov, E., Kneesh, A. L., Cheung, P. K., Lee, K. G., Alexander, H. K. (2007). Dietary flaxseed inhibits atherosclerosis in the LDL receptor-deficient mouse in part through antiproliferative and anti-inflammatory actions. See comment in PubMed Commons below *Am J Physiol Heart Circ Physiol.*, 293, 2394–2402.
22. Clark, W. F., Kortas, C., Heidenheim, A. P., Garland, J., Spanner, E., Parbtani, A. (2001). Flaxseed in lupus nephritis: a two-year nonplacebo-controlled crossover study. See comment in PubMed Commons below *J Am Coll Nutr.*, 20, 143–148.
23. Rodriguez-Leyva, D., Dupasquier, C. M., McCullough, R., Pierce, G. N. (2010). The cardiovascular effects of flaxseed and its omega-3 fatty acid, alpha-linolenic acid. See comment in PubMed Commons below *Can J Cardiol.*, 26, 489–496.
24. Caligiuri, S. P., Aukema, H. M., Ravandi, A., Guzman, R., Dibrov, E., Pierce, G. N. (2014). Flaxseed consumption reduces blood pressure in patients with hypertension by altering circulating oxylipins via an α -linolenic acid-induced inhibition of soluble epoxide hydrolase. *Hypertension*, 64, 53–59.
25. Harper, C. R., Edwards, M. J., DeFilippis, A. P., Jacobson, T. A. (2006). Flaxseed oil increases the plasma concentrations of cardioprotective (n-3) fatty acids in humans. See comment in PubMed Commons below *J Nutr.*, 136, 83–87.
26. Rabetafika, H. N., Van Remoortel, V., Danthine, S., Paquot, M., Blecker, C. (2011). Flaxseed proteins: food uses and health benefits. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 46, 221–228.
27. Клевцов К. М. (2015). Дослідження біохімічних і фізико-хімічних властивостей компонентів насіння льону. *Вісник ХНТУ*, 4(55), 111–117.
28. Chung, M., W., Y., Lei, B., Li-Chan, E. C. Y. (2005). Isolation and structural characterization of the major protein fraction from NorMar flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *Food Chem.*, 90, 271–279.
29. Клевцов К. М. (2015). Фізико-технологічні властивості і хімічний склад насіння льону та конопель. *Вісник ХНТУ*, 4(55), 104–110.

30. Oomah, B. D., Berekoff, B., Li-Chan, C., Mazza, G., Kenaschuk, E., Duguid, S. (2007). Cadmium-binding protein components of flaxseed: Influence of cultivar and location. *Food Chem*, 100, 318–325.
31. Marambe, P., Shand, P., Wanasundara, P. (2008). An in-vitro investigation of selected biological activities of hydrolysed flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) proteins. *Journal of American Oil Chemists Society*, 85, 1155–1164.
32. Bhatena, S., Ali, A., Haudenschild, C., Latham, P., Ranich, T., Mohamed, A. (2002). Dietary Flaxseed Meal is More Protective Than Soy Protein Concentrate Against Hypertriglyceridemia and Steatosis of the Liver in an Animal Model of Obesity. *Journal of the American College of Nutrition*, 22, 157–164.
33. Лялик, А.Т., Покотило, О.С., Кухтин, М.Д., Добровольська, С.Я. (2020). Зміна органолептичних показників сиркової пасти з лляною олією за різних умов зберігання. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, 1(72),. 109-116.
34. Velasquez, M. T., Bhatena, S. J., Ranich, T, Schwartz, A. M., Kardon, D. E., Ali, A. A. (2003). Dietary flaxseed meal reduces proteinuria and ameliorates nephropathy in an animal model of type II diabetes mellitus. See comment in *PubMed Commons below Kidney Int.*, 64, 2100–2107.
35. Omoni, A. O., Aluko, R. E. (2006). Mechanism of the inhibition of calmodulin-dependent neuronal nitric oxide synthase by flaxseed protein hydrolysates. *Journal of American Oil Chemistry Society*, 83, 335–340.
36. Picur, B., Cebrat, M., Zabrocki, J., Siemion, I. Z. (2006). Cyclopeptides of *Linum usitatissimum*. See comment in *PubMed Commons below*. *J Pept Sci.*, 12, 569–574.
37. Cui, W., Kenaschuk, E., Mazza, G. (2006). Influence of genotype on chemical composition and rheological properties of flaxseed gums. *Food Hydrocolloids*, 10, 221–227.

38. Qian, K. Y., Cui, S. W., Goff, H. D. (2012). Flaxseed gum from flaxseed hulls: Extraction, fractionation, and characterization. *Food Hydrocolloids*, 28, 275-283.
39. Kristensen, M., Jensen, M. G., Aarestrup, J., Petersen, K. E., Søndergaard, L., Mikkelsen, M. S. (2012). Flaxseed dietary fibers lower cholesterol and increase fecal fat excretion, but magnitude of effect depend on food type. See comment in PubMed Commons below *Nutr Metab (Lond)*, 9, 8.
40. Johnston, P. V. (1995). Flaxseed oil and cancer: α -linolenic acid and carcinogenesis // *Flaxseed in Human Nutrition*, S.C. Cunnane and L.U. Thompson, Champaign, IL: AOCS Press, 207–218.
41. Ibrügger, S., Kristensen, M., Mikkelsen, M. S., Astrup, A. (2012). Flaxseed dietary fiber supplements for suppression of appetite and food intake. See comment in PubMed Commons below *Appetite*, 58, 490–495.
42. Лисицын, А. Н., Григорьева, В. Н. (2000). Расширение переработки семян крестоцветных культур и льна для северных регионов России. *Масложировая промышленность*, 4, 8–10.
43. Ho, C., Sacace, J., Mazza, G. (2007). Extraction of lignans, proteins and carbohydrates from flaxseed meal with pressurized low polarity water. *LWT-Food Sci Technol.*, 40, 1637–1647.
44. Adolphe, J. L., Whiting, S. J., Juurlink, B. H., Thorpe, L. U., Alcorn, J. (2010). Health effects with consumption of the flax lignan secoisolariciresinol diglucoside. See comment in PubMed Commons below *Br J Nutr.*, 103, 929–938.
45. Prasad, K., Mantha, S. V., Muir, A. D., Westcott, N. D. (1998). Reduction of hypercholesterolemic atherosclerosis by CDC-flaxseed with very low alpha-linolenic acid. See comment in PubMed Commons below *Atherosclerosis*, 136, 367–375.
46. Lamblin, F., Hano, C., Fliniaux, O., Mesnard, F., Fliniaux, M. A., Lainé, E. (2008). Interest of lignans in prevention and treatment of cancers. See comment in PubMed Commons below *Med Sci (Paris)*, 24, 511–519.

47. Saxena, S., Katare, C. (2014). Evaluation of flaxseed formulation as a potential therapeutic agent in mitigation of dyslipidemia. See comment in PubMed Commons below Biomed J.
48. Mason, J., K., Thompson, L. U. (2014). Flaxseed and its lignan and oil components: can they play a role in reducing the risk of and improving the treatment of breast cancer? See comment in PubMed Commons below Appl Physiol Nutr Metab., 39, 663–678.
49. Haque, M. R., Bradbury, J. H. (2002). Total cyanide determination of plants and foods using the picrate and acid hydrolysis methods. Food Chem., 77, 107–114.
50. Lei, B., Li-Chan, E., C., Oomah, B., D., Mazza, G. (2003). Distribution of cadmium-binding components in flax (*Linum usitatissimum* L.) seed. See comment in PubMed Commons below J Agric Food Chem., 51, 814–821.
51. Guerrero-Beltrána, J. A., Yokiushirdhilmara, Estrada-Girónb, Swansonc, B. G., Barbosa-Cánovas, G. V. (2009). Pressure and temperature combination for inactivation of soymilk trypsin inhibitors. Food Chem., 16, 676–679.
52. Tarpila A, Wennberg T, Tarpila S. Flaxseed as a functional food. Curr Top Nutraceut R. 2005; 3: 167-188.
53. Puvaca, N., Stanacev, V., Milic, D., Kokic, B., Cabarkapa, I., Stanacev, V. (2012). Limitation of flaxseed usage in animal nutrition. XV International Feed Technology Symposium. COST-”Feed for Health” joint Workshop, Proceedings. Novi Sad, Serbia, 3-5 October, 58–63.
54. Chłopicka, Joanna, Dobrowolska-Iwanek, Justyna, Paśko, Paweł, Bartoń, Henryk (2013). Antioxidant activity, total polyphenol content and sensory evaluation of breads baked with the addition of flax. Probl Hig Epidemiol, 94 (2), 305–308.
55. Радькова, В. Є. (2013). Дослідження ринку та удосконалення споживчих властивостей хліба. Збірник наукових праць студентів, Луганськ, ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка, 2, 95-106.

56. Naqash, F., Gani, A, Gani, A and Masoodi, F. A. (2017). Gluten-free baking: Combating the challenges – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 66, 98–107.
57. Cappa, C., Lucisano, M., Raineri, A., Fongaro, L., Foschino and Mariotti, M. (2016). Gluten-free bread: Influence of sour-dough and compressed yeast on proofing and baking properties, *Foods* 5(4), 69.
58. Rajiv, J., Indrani, D., Prabhasankar, P. and Rao, G. V. (2012). Rheology, fatty acid profile and storage characteristics of cookies as influenced by flax seed (*Linum usitatissimum*). *Journal of Food Science and Technology*, 49(5), 587–593.
59. Shim, Y.Y., Gui, B., Arnison, P.G., Wang, Y. and Reaney, M.J. (2014). Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) bioactive compounds and peptide nomenclature: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 38(1), 5–20.
60. Enzifst, L. E., and Bveo, M. E. (2014). Flaxseed (linseed) fibre-nutritional and culinary uses – A review. *Food New Zealand*, 26–28.
61. Menten, O., Bakkalbas, E. and Ercan, R. (2008). Effect of the use of ground flaxseed on quality and chemical composition of bread. *Food Science and Technology International*, 14(4), 299–306.
62. Khattab, R., Zeitoun, M. and Barbary, O. (2012). Evaluation of pita bread fortified with defatted flaxseed flour. *Current Nutrition & Food Science*, 8(2), 91–101.
63. Goyal, A., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S. and Sihag, M. (2014). Flax and flaxseed oil: An ancient medicine & modern functional food. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1633–1653.
64. Singer, F. A. W., Taha, F. S., Mohamed, S. S., Gibriel, A. and El-Nawawy, M. (2011). Preparation of mucilage/protein products from flaxseed. *American Journal of Food Technology*, 6(4), 260–278.

65. Gökmen, V., Mogol, B. A., Lumaga, R. B., Fogliano, V., Kaplun, Z., & Shimoni, E. (2011). Development of functional bread containing nanoencapsulated omega-3 fatty acids. *Journal of Food Engineering*, 105(4), 585-591.
66. Kurek, M.A., Wyrwisz, J., Karp, S. (2018). Effect of fiber sources on fatty acids profile, glycemic index, and phenolic compound content of in vitro digested fortified wheat bread. *J Food Sci Technol* 55, 1632–1640.
67. Ziemichód, Alicja, Renata Różyło, and Dariusz Dziki. (2020). Impact of Whole and Ground-by-Knife and Ball Mill Flax Seeds on the Physical and Sensorial Properties of Gluten Free-Bread, *Processes*, 8, 4, 452.
68. Silagadze, M. A., Kipiani, A. V., Pkhakadze, M. D., Berulava, I. O., & Pkhakadze, N. M. (2013). The linsed flax processing products in the production of baked goods. *ANNALS OF AGRARIAN SCIENCE*, 11(2), 75-78.
69. Лялик, А.Т., Покотило, О.С., Кухтин, М.Д., Бейко Л.А. (2020). Органолептичний і сенсорний аналіз сиркової пасти з лляною олією. *Технічні науки та технології : науковий журнал*, 1 (19), 287-295.
70. Chłopicka, J., Dobrowolska-Iwanek, J., Paweł, P., Bartoń, H. (2013). Antioxidant activity, total polyphenol content and sensory evaluation of breads baked with the addition of flax. *Probl Hig Epidemiol*, 94(2), 305–308.
71. Lialyk, A. T., Pokotylo, A. S., Kukhtyn, M. D. (2019). Microbiological parameters of cheese paste with the content of flaxseed oil at different storage temperatures. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: Харчові технології*, т 21, № 91. – С. 124-129.
72. Хліб із пшеничного борошна. ДСТУ 7517:2014. Загальні технічні умови.
73. Alexeev, G. V., Krasilnikov, V. N., Kireeva, M. S., & Egoshina, E. V. (2015). Use of flaxseeds in the flour confectionery. *International food research journal*, 22(3), 117–123.
74. Kukhtyn, M. D., Kovalenko, V. L., Pokotylo, O. S., Horyuk, Y. V., Horyuk, V. V., & Pokotylo, O. O. (2017). Staphylococcal contamination of raw milk

and handmade dairy products, which are realized at the markets of Ukraine. Journal for Veterinary Medicine, Biotechnology and Biosafety, (3, Iss. 1), 12-16.

75. Карпук, Н. В. (2016). Methodichni vказivky do vykonannialaboratorykh robot z dystsypliny “Zahalni tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv” dlia studentiv vsikh form navchannia zanapriamom pidhotovky 6.051701 “Kharchovi tekhnolohii ta inzheneriia”, spetsialnisti 181 “Kharchovi tekhnolohii”. Ternopil: TNTU imeni Ivana Puliuia (in Ukrainian).

76. Голубець О. В. Визначення жирнокислотного складу ліпідів методом капілярної газорідинної хроматографії. Методичні рекомендації / О. В. Голубець, І. В. Вудмаска. Львів, 2015. 37 с.

77. «Корми для тварин. Метод визначення вмісту амінокислот». ДСТУ ISO 13903:2005

78. Кулик, М. Ф., Кравців, Р.Й., Обертюх, Ю.В. Корми: оцінка, використання, продукція тваринництва, екологія. Вінниця: Тезис, 2003. 334 с.

79. Дробот, В. І., Арсеньєва, Л. Ю., Білик, Л. Ю. Лабораторний практикум з технології хлібопекарного та макаронного виробництва: навч. посібник. К.: Центр навчальної літератури, 2006. 341с.



СЕРТИФІКАТ

про участь у конференції

Смоляк І. П.

взяв(ла) участь у Міжнародній науковій конференції «Сучасні досягнення в органічному синтезі, хімії полімерів та харчових добавок», присвяченій 80-річчю від дня народження д.х.н., проф. Станіслава Андрійовича Воронова, яка відбулася у Національному університеті «Львівська політехніка», м. Львів, Україна, 7-8 грудня 2021 року.

*Гевусь О.І.
Голова організаційного
комітету*

*Дончак В.А.
Голова програмного
комітету*



Ministry of Education and Science of Ukraine
Lviv Polytechnic National University



Book of Abstract

International Scientific Online Conference
"Modern Advances in Organic Synthesis,
Polymer Chemistry and Food Additives" in
honor of Prof. Stanislav Voronov, dedicated
to the 80th anniversary of birth

Lviv, Ukraine
December 7-8 2021

68.	Жеребецький Р. Р. (Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна) Гривняк А.В., Орбчук О.М. Удосконалення технології настоянок
69.	Лабун В.П., Вічко О.І., Копчак Н.Г. (Тернопільський національний технічний університет імені І.Пулюя, кафедра харчової біотехнології і хімії, Україна) Виготовлення хлібобулочних виробів з дикою морквою
70.	Лановий Р. Б. (Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Тернопіль, Україна) Вічко О. І., Назарко І. С. Перспективність застосування насіння льону та продуктів його переробки у технології хлібобулочних виробів
71.	Повстяна Д.С. (Херсонський національний технічний університет, Херсон, Україна) Рацук М.Є., Сарібекова Д.Г. Одержання та оцінка якості та безпечності згущеного молока з цукрозамінниками
72.	Почапська І.Я. (Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна) Хлібишин Ю.Я. Дослідження культивування дріжджів <i>Saccharomyces cerevisiae</i> в різних середовищах
73.	Смоляк І.П. (Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Тернопіль, Україна) Покотило О. С., Кухтин М. Д. Дослідження пшенично-ляного хліба з різним вмістом ляного борошна
74.	Соколовська І.О. (Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна) Жеребецький Р. Р. Орбчук О.М., Дзіняк Б.О. Збродження квасного суслу термотолерантними штамами мікроорганізмів
75.	Степенко Н.О. (Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна) Барвник із соку бузини чорної як джерело функціональних інгредієнтів для виробництва продукції оздоровчого призначення
76.	Дончак В.А. (Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна) Панченко Ю.В., Авдєєнко А.П., Коновалова С.О. Особливості технології виробництва сичужного ферменту
77.	Чобіт М.Р. (Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна) Устюжаніна А.Ю., Панченко Ю.В., Васильєв В.П. Спреди, як основа нових функціональних продуктів
78.	Устюжаніна А.Ю. (Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна) Чобіт М.Р., Панченко Ю.В., Васильєв В.П. Модифікування мінеральних наповнювачів відгонами жирних кислот харчових виробництв
79.	Юсіна Г.Л. (Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, Україна) Чекой К.В., Дегтярьова Д.Е. Оптимізація параметрів визначення вмісту кофеїну спектрофотометричним методом
80.	Ірина Ясіньська (Національний університет харчових технологій, Київ, Україна) Вплив хлориду натрію на синтез сполук антиоксидантної дії при пророщуванні гречки
Хімія та технологія харчових добавок і косметичних засобів / Chemistry and technology of food additives and cosmetics	
81.	Dubenko A.V. (Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine, Dnipro) Nikolenko M.V., Aksjutina K.I. Synthesis of food additive sodium aluminum phosphate (E541)
82.	Sorokina A.S. (Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine) Vashkevich O.Y. Modern lipstick recipe
83.	Гросу О.К. (ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,

ДОСЛІДЖЕННЯ ПШЕНИЧНО-ЛЯНОГО ХЛІБА З РІЗНИМ ВМІСТОМ ЛЯНОГО БОРОШНА

Смоляк І.П., Покотило О.С., Кухтин М.Д.

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Тернопіль, Україна
e-mail: pokotylo_oleg@ukt.net

Проблема ширшого використання різних зернових культур у харчовій промисловості для споживання людиною була предметом інтенсивних досліджень протягом багатьох років у різних наукових та виробничих установах. Відчутно зростає інтерес до продукції, що містить речовини, які благотворно впливають на організм людини, завдяки своїм дієтичним властивостям і здатності запобігати деяким захворюванням [1]. Зміни щодо раціону харчування відбуваються в багатьох промислово розвинених країнах, адже спосіб життя і харчування, що передбачає споживання значної кількості продуктів високого ступеня «очищеності», призвів до збільшення, так званих хвороб цивілізації (ожиріння, атеросклероз, цукровий діабет та інші) [2]. У світлі сучасних знань насіння льону та продукти його переробки, (олія і борошно) як інгредієнти щоденного раціону можуть бути важливим фактором збагачення організму поліненасиченими жирними кислотами (родини омега-3), амінокислотами, вітамінами та мінералами. Останні дослідження рекомендують вживати 30 – 70 г продуктів з насіння льону для зниження рівня холестерину в сироватці крові особам, які страждають на порушення ліпідного обміну. Насіння льону – широко використовується у Європі ще із середовіччя, як харчова добавка і вважається важливим функціональним інгредієнтом, що є джерелом альфа-лінолевої кислоти, високоякісних білків, фенольних сполук, клітковини та мінеральних речовин [3].

Метою роботи було обґрунтувати оптимальне співвідношення пшеничного і лляного борошна у технології виробництва хліба збагаченого омега-3 жирними кислотами.

Розроблено рецептурний склад пшенично-лляного хліба з вмістом лляного борошна в кількості 15 %, який має підвищену біологічну цінність завдяки вмісту омега-3 жирних кислот. Встановлено, що по мірі збільшення кількісного вмісту лляного борошна у тісті процеси наростання градуса кислотності поступово знижуються, порівнюючи з контрольним зразком тіста, у якому використано тільки пшеничне борошно. Частка лляного борошна більше 20 % від загального об'єму всього борошна зумовлює небажане сповільнення процесів бродіння. Встановлено залежну тенденцію щодо зменшення питомого об'єму тіста від кількості доданого лляного борошна. Заміна від 15 до 25 % пшеничного борошна на лляне буде зменшувати на 12 – 24 % об'єм тіста. Вологість м'якуша хліба пшеничного з додаванням борошна лляну від 5 до 20 % зростає, проти пшеничного хліба, проте вона знаходиться в межах вимог стандарту. Збільшення концентрації лляного борошна у складі хліба до 25 % і більше забезпечує вологість м'якуша вище 44 %. Кислотність і пористість зразків хліба з вмістом лляного борошна від 5 до 25 % була у межах стандартних величин.

Література:

1. Kukhtyn, M., Vichko, O., Horyuk, Y., Shved, O., & Novikov V. (2018). Some probiotic characteristics of a fermented milk product based on microbiota of "Tibetan kefir grains" cultivated in Ukrainian household. *Journal of Food Science and Technology*, 55 (1), 252–257.
2. Pokotylo, O. S., Kuhtyn, M. D., Pokotylo, O. A., Yaroshenko, T. Y., & Koval, M. I. (2015). Lipogenesis adipose tissue of the laboratory animals after loading cholesterol. *Медицина і клінічна хімія*, 17, 1(62), 31–35.
3. Lialyk, A., Pokotylo, O., Kukhtyn, M., Beyko, L., Horiuk, Y., Dobrovolska, S. & Mazu, O. (2020). Fatty acid composition of curd spread with different flax oil content. *Nova Biotechnologica et Chimica*, 19(2), 216–222.

Коток В.А.	136	Остапюк Світлана	102
Кочетова Я.В.	100	Панченко Ю.В.	58, 123, 124, 125
Красінський В.В.	101	Петріна Р.О.	139, 145, 153
Кузнецова К.І.	60	Пиріг М.А.	140
Кукура Тетяна Юрївна	21	Писаренко С.В.	146
Кунік О.М.	142	Пільо С.Г.	38, 54
Курка М.С.	153	Повстяна Д.С.	118
Кухтин М.Д.	120	Покотило О.О.	36
Куц О.В.	20	Покотило О.С.	36, 37, 120
Лабун В.П.	116	Полюжин І. П.	48
Лабяк О.В.	137, 147, 149	Поляк О.Є.	97
Лановий Р.Б.	117	Попова Є.Є.	147
Лапіна А.М.	123	Почапська І.Я.	119, 156
Лесюк О.І.	49	Примушко С.О.	98
Лещишак Христина	55	Пристай Р.Р.	156
Литвин Р.З.	49	Присяжний Ю.В.	87-88
Лубенець В.І.	141	Пташник О.С.	37
Лубенець Віра	35	Рацук М.Є.	118
Лук'янов О.О.	53	Резванцева А.О.	149
Лявинець О.С.	47	Репета Вячеслав Богданович	21
Марченко І.Л.	134	Ріпак Л.М.	14-16
Матюшов В.Ф.	91, 104	Рогальський С.П.	92
Мельник А.В.	40	Рожнова Р.А.	84, 98
Мельник І.І.	46	Рябов С.В.	79, 92
Менафова Ю.В.	133	Салеба Л. В.	150
Мироняк М.О.	137, 147, 154	Самойленко Т.Ф.	108, 109
Мишак В.Д.	94, 95	Самойлюкевич В.О.	103
Мінаєва І.В.	38	Санталова Г.О.	133
Мітіна Н.Є.	85	Саприкіна Є.О.	154
Міхедькіна О.Й.	46	Сарібєкова Д.Г.	118, 142, 150, 151
Мужев В.В.	94, 95	Сасин Д.В.	83
Мусій Р.Й.	114	Северін О.О.	54
Надашкевич З.Я.	85	Семешко О.Я.	151
Назаренко К.Г.	56	Семиног В.В.	94
Назарко І.С.	117	Семиног В.В.	95
Ніколенко М.В.	42, 131	Сиротюк С.В.	114
Новохатько А.О.	20	Сідун Ю.В.	86, 87-88
Носач Л.В.	80	Скрипська Ольга	55
Обушак М.Д.	49, 52, 57	Слісенко О.В.	64, 81, 82
Обушак Микола	55	Смоляк І.П.	120
Огар Г.О.	96	Собечко І.Б.	52, 57
Олексів Ю.О.	97	Соколовська І.О.	121
Опейда Й.О.	20	Сокольський Г.В.	39, 40
Оробчук О.М.	115, 121	Стадницька Н.Є.	141
Остапюк С.М.	100	Стеценко Н.О.	122