

ТРАНСФОРМАЦІЇ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ І ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КРАФІНІВ НА ОСНОВІ СОРГОВОГО ТА СОРИЗНОГО БОРОШНА ЗА ТРИВАЛИХ УМОВ ЗБЕРІГАННЯ

В. І. ВОЙТОВСЬКА¹, кандидат сільськогосподарських наук

Я. В. ЄВЧУК², кандидат технічних наук

¹ Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків

² Уманський національний університет садівництва

Досліджено вплив соргового та соризного борошна на біохімічний склад, фізико-хімічні властивості та термін придатності крафінів. Виявлено, що збільшення частки безглютенового борошна призводить до підвищення початкової концентрації фенольних сполук (до 85,2 мг/100 г при 100 % заміні), які поступово знижуються під час зберігання внаслідок окислювальних процесів. Зменшення вологості продуктів спричиняє підвищення їхньої твердості (до 13,5 Н), особливо за додавання більше 25 % соргового і соризного борошна. Вміст білка залишається стабільним, однак кислотність зростає через ферментативні реакції. Оптимальними виявились концентрації 3–15 % альтернативного борошна, що забезпечують баланс між антиоксидантною стабільністю, текстурою та смаковими характеристиками. За вмісту 20–25 % спостерігається надмірне ущільнення текстури та погіршення органолептичних властивостей. Термін придатності крафінів з 25 % соргового і 25 % соризного борошна збільшується до 14 діб, а за 100 % заміни – до 30 діб. Зниження вмісту вуглеводів (до 41 %) свідчить про гідроліз крохмалю, що разом із деградацією фенольних сполук впливає на якість продукту упродовж зберігання.

Ключові слова: співвідношення, білки, жири, кислотність, твердість, вологість

Постановка проблеми. Сучасні тенденції харчової промисловості спрямовані на розробку різноманітних нових видів хлібобулочних виробів, які поєднують у собі не лише смакові якості, але й високу харчову цінність. Одним із таких продуктів є крафіни, які набувають популярності завдяки своєму унікальному смаковому профілю та можливості застосування інноваційних інгредієнтів. Важливим аспектом при виготовленні крафінів є підбір борошна, оскільки його склад безпосередньо впливає на якість кінцевого продукту. Тому, значну увагу приділяють нетрадиційним видам борошна, зокрема сорговому та соризному, які володіють високою харчовою цінністю завдяки багатому складу вуглеводів, білків та біологічно активних компонентів [1, 2].

Одним із головних факторів, що визначають якість і стабільність крафінів під час зберігання, є зміни у їх хімічному складі. Протягом тривалого зберігання відбувається зниження вмісту вуглеводів, жирів та фенольних сполук, що

негативно впливає на антиоксидантні властивості, а також на органолептичні показники – смак, текстуру і аромат [3, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасному харчовому виробництві як ніколи, зростає інтерес до використання альтернативних видів борошна, зокрема соргового та соризного, для створення хлібобулочних виробів з покращеними поживними та функціональними властивостями. Відомо, що соргове борошно відзначається високим вмістом білків, антиоксидантів та харчових волокон, а також є безглютеновим, що робить його цінним компонентом у виробництві функціональних продуктів [5–7]. Соризне борошно, має подібні характеристики, а також містить значну кількість мікроелементів, що позитивно впливають на якість випічки та її збереження протягом тривалого часу [8, 9].

Багатьма авторами відмічено, що хлібобулочні вироби під час зберігання і їх хімічний склад, текстурні та органолептичні показники продукту зазнають змін під впливом окислення ліпідів, втрати вологи та модифікації білково-крохмальних комплексів. Було вказано науковцями, що використання альтернативних видів борошна, зокрема соргового, сприяє уповільненню черствіння за рахунок специфічного складу крохмалю та впливу фенольних сполук на стабільність продукту [10–12].

Більшість виробників вважають та виділяють кошти за напрямком сучасних досліджень із вдосконалення рецептурної композиції хлібобулочних виробів шляхом використання природних антиоксидантів та гідроколоїдів, які покращують якість та збільшують термін зберігання продукту. Дослідження, проведені різними компаніями і науковцями, демонструє, що додавання поліфенольних екстрактів та гідроколоїдів на основі альгінатів у соргове борошно покращує текстурні характеристики крафінів та сприяє уповільненню процесів старіння [13–15].

В Україні значно менше та за кордоном більше триває активне вивчення технологій збереження якості безглютенової випічки, зокрема розглядаються питання впливу способів термообробки, умов пакування та антиоксидантних добавок на трансформацію хімічного складу продуктів під час зберігання. Автори вказують, що соргове борошно позитивно впливає на збереження структури крафінів завдяки високому вмісту β -глюканів та поліфенолів, які зменшують рівень окислення жирів і затримують втрату вологи [16].

Таким чином, сучасні наукові роботи підтверджують доцільність використання соргового та соризного борошна у виробництві крафінів, оскільки вони сприяють покращенню харчової цінності та подовженню терміну зберігання продукту. Однак, питання трансформацій хімічного складу та органолептичних характеристик крафінів за тривалого зберігання потребує подальших досліджень, зокрема аналізу механізмів взаємодії білків, крохмалю та ліпідів у процесі тривалого зберігання продукту.

Метою роботи є дослідження впливу різних співвідношень соргового і соризного борошна на хімічний склад, антиоксидантну активність та органолептичні характеристики крафінів залежно від тривалості зберігання.

Методика досліджень. Об'єктом дослідження були крафіни, виготовлені з суміші соргового та соризного борошна в різних співвідношеннях (від 3 % до

100 % кожного виду борошна). Виготовлення продукції здійснювалось за стандартною технологією при використанні високоякісного соргового та соризного борошна, без додаткових консервантів. У якості контрольного варіанту використовували вироби із пшеничного борошна. Продукти зберігалися за кімнатної температури (20–22°C) в стандартних умовах до 60 діб для оцінки змін у складі та органолептичних властивостях під впливом часу.

Під час досліджень про водили визначення вмісту жирів у зразках методом Soxhlet за допомогою органічного розчинника (петролейного ефіру), що дозволяє екстрагувати жири з продукту [17]. Вміст загальних вуглеводів обчислювався через різницю маси після визначення вмісту вологи, білків та жирів, за допомогою методики, яка ґрунтується на використанні фенольного реактиву для фотометричного вимірювання. Вміст білків оцінювався методом К'ельдала, що передбачає визначення амонійних сполук після їх дистиляції з використанням кислотного каталізатора. Вологість у виробах вихначали сушінням проб у сушильній шафі до постійної маси за температури 105°C. Кислотність – методом титрування стандартним розчином лугу, використовуючи індикатор, що змінює колір при досягненні певного рН. Загальний вміст фенольних сполук визначали методом, заснованим на реакції з розчином Фолін-Ціоколтеу, при якому утворюється інтенсивно забарвлений комплекс, що має властивість поглинати світло при певній довжині хвилі [18, 19].

Органолептичні характеристики (колір, запах, текстура, смак) оцінювалися за допомогою дегустаційної панелі, що складалася з 10 експертів. Оцінка проводилася за 10-бальною шкалою, де 1 – це найгірший результат, а 10 – ідеальна характеристика продукту. У процесі оцінки враховувались наступні параметри: колір: визначався шляхом візуального порівняння з еталонними зразками; запах: оцінювався за інтенсивністю та приємністю запаху; смак: оцінювався за комплексом смакових характеристик (солодкість, кислинка, гіркота); текстура: визначалася за твердістю, м'якістю та вологою продукту при жуванні [20]. Зразки зберігалися в герметичних упаковках при кімнатній температурі (20–22°C) в умовах стандартної вологості (50–60 %). Вплив температури та вологості на характеристики крафінів був мінімізований шляхом використання однакових умов для всіх зразків [21].

Результати опрацьовували статистично. Визначали середні значення для кожного показника розраховувалися з урахуванням стандартного відхилення (SD). Для оцінки змін в часі застосовувалися методи дисперсійного аналізу та порівняння середніх значень (t-тест для незалежних вибірок).

Результати досліджень. Встановлено, що протягом зберігання спостерігається незначне зниження вмісту жирів у всіх варіантах досліджуваних зразків. Найбільші втрати фіксувалися у зразках із додаванням 7 % соргового та 7 % соризного борошна – з 13,2 % до 12,2 % за 30 діб, що може свідчити про вплив окислювальних процесів або леткості ліпідів (табл. 1). Вміст вуглеводів також зменшується в усіх дослідних варіантах, з максимальним зниженням у зразках з 7 % соргового та 7 % соризного борошна – з 50,1 % до 45,8 %. Це може бути пов'язано з гідролізом крохмалю або іншими деградаційними процесами вуглеводів під час зберігання.

Табл. 1. Зміни біохімічного складу крафінів залежно від тривалості зберігання та вмісту соргового і соризного борошна

Вміст соргового + соризного борошна, %	Тривалість зберігання, діб	Жири, %	Вуглеводи, %	Фенольні сполуки, мг/100 г	Вологість, %
100 % пшеничне борошно	7	$1,8 \pm 0,1$	$72,0 \pm 0,2$	$10,5 \pm 0,5$	$28,3 \pm 0,3$
3 % соргове + 3 % соризне	7	$12,6 \pm 0,2$	$47,8 \pm 0,3$	$46,5 \pm 1,2$	$29,9 \pm 0,4$
	14	$12,4 \pm 0,3$	$47,5 \pm 0,3$	$45,3 \pm 1,3$	$28,4 \pm 0,4$
	21	$12,1 \pm 0,3$	$47,1 \pm 0,4$	$44,1 \pm 1,3$	$27,1 \pm 0,5$
	30	$11,9 \pm 0,3$	$46,8 \pm 0,4$	$42,8 \pm 1,4$	$26,5 \pm 0,5$
5 % соргове + 5 % соризне	7	$12,9 \pm 0,2$	$47,5 \pm 0,3$	$48,2 \pm 1,2$	$29,5 \pm 0,4$
	14	$12,6 \pm 0,3$	$47,2 \pm 0,3$	$46,8 \pm 1,3$	$28,1 \pm 0,4$
	21	$12,3 \pm 0,3$	$46,8 \pm 0,4$	$45,3 \pm 1,3$	$26,8 \pm 0,5$
	30	$12,0 \pm 0,3$	$46,5 \pm 0,4$	$43,9 \pm 1,4$	$25,9 \pm 0,5$
7 % соргове + 7 % соризне	7	$13,2 \pm 0,2$	$47,2 \pm 0,3$	$50,1 \pm 1,2$	$29,0 \pm 0,4$
	14	$12,8 \pm 0,3$	$46,9 \pm 0,3$	$48,6 \pm 1,3$	$27,6 \pm 0,4$
	21	$12,5 \pm 0,3$	$46,5 \pm 0,4$	$47,1 \pm 1,3$	$26,3 \pm 0,5$
	30	$12,2 \pm 0,3$	$46,2 \pm 0,4$	$45,8 \pm 1,4$	$25,5 \pm 0,5$

Значне зменшення вмісту фенольних сполук зафіксовано впродовж усього періоду зберігання. Найбільше падіння концентрації фенолів спостерігалось у варіанті з комбінованим додаванням борошна – від 46,5 до 42,8 мг/100 г, що може бути наслідком окислення полі фенолів.

Варто вказати, що протягом зберігання у всіх дослідних варіантах спостерігається поступове зменшення вологості, що є типовим проявом процесів дегідратації. Зниження вологості особливо помітне у зразках з більшим вмістом соргового борошна. Ймовірно, це пов'язано з вищою гігроскопічною здатністю соризного борошна, що частково компенсує втрати вологи і сприяє її утриманню в продукті (табл. 1).

Вміст білків зазнає незначних змін упродовж терміну зберігання. Невелике зниження може бути зумовлене частковою деградацією білкових компонентів або їх взаємодією з іншими складниками матриці тіста. Визначено, що у крафінах із додаванням соргового та соризного борошна відбуваються незначні зміни хімічного складу та фізико-технологічних характеристик. Вміст білків коливався в межах 9,1–10,0 % і зазнавав незначного зниження з часом, що можна пояснити частковою деградацією білкових компонентів або їх взаємодією з іншими складниками тіста. Кислотність виробів поступово зростала від 0,37 до 0,52 г/100 г, що свідчить про слабкі ферментативні процеси та зміни кислотно-лужного балансу. Паралельно з цим спостерігалось підвищення твердості крафінів (8,3–9,9 Н), пов'язане зі зменшенням вологи та старінням структури продукту.

Органолептичні оцінки зразків демонстрували помірне зниження: найвиразніше це проявлялося у зразках із 3 % додаванням борошна, де середній бал зменшився з 8,6 до 7,5, що пов'язано із погіршенням текстури, соковитості

та інтенсивності смаку. Зразки із 5–7 % додаванням борошна зберігали вищий початковий рівень жирів, вуглеводів та фенольних сполук, проте показники швидше знижувалися з часом. Загалом, усі дослідні варіанти демонструють однакові тенденції: зниження вмісту основних компонентів і поступове погіршення сенсорних характеристик під впливом тривалого зберігання.

Загалом, у всіх дослідних варіантах відзначаються схожі тенденції: зниження вмісту жирів, вуглеводів, фенольних сполук, а також зростання кислотності й твердості під впливом зберігання. При цьому крафіни з вищим вмістом соргового та соризного борошна (5 % і 7 %) демонструють вищі початкові значення фенольних сполук, жирів та вуглеводів, однак у них ці показники швидше зменшуються з часом.

Зразки з 3 % додаванням зберігають відносно високий рівень фенольних сполук, але характеризуються гіршими сенсорними оцінками наприкінці зберігання (табл. 2).

Табл. 2. Хімічний склад крафінів залежно від тривалості зберігання та вмісту соргового і соризного борошна

Вміст соргового + соризного борошна, %	Тривалість зберігання, діб	Білки, %	Кислотність, г/100	Твердість, Н	Органолептична оцінка (бал)
100 % пшеничне борошно	7	$10,2 \pm 0,3$	$0,38 \pm 0,02$	$7,9 \pm 0,2$	$8,8 \pm 0,2$
3 % соргове + 3 % соризне	7	$9,6 \pm 0,2$	$0,37 \pm 0,02$	$8,3 \pm 0,3$	$8,6 \pm 0,2$
	14	$9,5 \pm 0,3$	$0,39 \pm 0,02$	$8,7 \pm 0,3$	$8,2 \pm 0,2$
	21	$9,3 \pm 0,3$	$0,41 \pm 0,02$	$9,1 \pm 0,4$	$7,8 \pm 0,3$
	30	$9,1 \pm 0,3$	$0,43 \pm 0,02$	$9,4 \pm 0,4$	$7,5 \pm 0,3$
5 % соргове + 5 % соризне	7	$9,8 \pm 0,2$	$0,40 \pm 0,02$	$8,5 \pm 0,3$	$8,4 \pm 0,2$
	14	$9,6 \pm 0,3$	$0,42 \pm 0,02$	$8,9 \pm 0,3$	$8,0 \pm 0,2$
	21	$9,5 \pm 0,3$	$0,45 \pm 0,02$	$9,3 \pm 0,4$	$7,6 \pm 0,3$
	30	$9,3 \pm 0,3$	$0,48 \pm 0,02$	$9,7 \pm 0,4$	$7,3 \pm 0,3$
7 % соргове + 7 % соризне	7	$10,0 \pm 0,2$	$0,43 \pm 0,02$	$8,7 \pm 0,3$	$8,2 \pm 0,2$
	14	$9,8 \pm 0,3$	$0,46 \pm 0,02$	$9,1 \pm 0,3$	$7,8 \pm 0,2$
	21	$9,7 \pm 0,3$	$0,49 \pm 0,02$	$9,5 \pm 0,4$	$7,4 \pm 0,3$
	30	$9,5 \pm 0,3$	$0,52 \pm 0,02$	$9,9 \pm 0,4$	$7,0 \pm 0,3$

Таким чином, зберігання негативно впливає як на органолептичні властивості (смак, консистенцію), так і на вміст біологічно активних сполук, що обумовлює потребу в подальшому вдосконаленні рецептур та пакувальних технологій для збереження якості таких виробів.

Визначено, що оптимальне співвідношення соргового та соризного борошна – 7 % для збереження органолептичних властивостей і збільшення терміну зберігання та дозволяє зберегти оптимальну якість крафінів протягом 21–30 діб. Проведені дослідження із збільшеним вмістом соргового і соризного

борошна у крафіках вказують, що чим вищий вміст такого борошна тим вища жирність і білковий вміст та після 21–30 діб у всіх зразках спостерігалось зниження вмісту жирів і білків через окислення та деградацію.

Встановлено, що вміст вуглеводів знижувався упродовж зберігання, особливо у зразках із більшим вмістом альтернативного борошна. Найвищий рівень фенольних сполук (антиоксидантів) зафіксовано у варіантах з 25 % суміші соргового та соризного борошна. Водночас, їхній вміст поступово зменшувався через окислювальні процеси, що є типовим для фенольних сполук під час зберігання. У контрольному варіанті вміст жирів змінювався незначно (від 1,8 % до 2,0 %), що свідчить про повільність процесів окислення. Вміст вуглеводів зменшувався з 72,0 % до 71,5 %, що вважається неістотним. Рівень фенольних сполук знизився з 10,5 до 8,2 мг/100 г, що свідчить про їх поступову деградацію, типову для продуктів рослинного походження. Втрата вологи з 28,3 % на 7-й день до 25,0 % на 30-й також засвідчує поступове висушування виробу.

Встановлено, що для пшеничного борошна під час тривалого зберігання спостерігаються такі зміни: зменшення вмісту вуглеводів і фенольних сполук, втрата вологи, а також незначне зростання кислотності. Згодом це призводить до погіршення органолептичних характеристик, зокрема, текстура стає твердішою, а смак менш виразним (табл. 3).

Табл. 3. Вплив соргового та соризного борошна на тривалість зберігання крафів

Вміст соргового + соризного борошна, %	Тривалість зберігання, діб	Жири, %	Вуглеводи, %	Фенольні сполуки, мг/100 г	Вологість, %
10 % соргове + 10 % соризне	7	13,5 ± 0,2	47,0 ± 0,3	52,0 ± 1,2	28,5 ± 0,4
	14	13,2 ± 0,3	46,7 ± 0,3	50,3 ± 1,3	27,2 ± 0,4
	21	12,9 ± 0,3	46,3 ± 0,4	48,8 ± 1,3	26,1 ± 0,5
	30	12,6 ± 0,3	46,0 ± 0,4	47,4 ± 1,4	25,4 ± 0,5
15 % соргове + 15 % соризне	7	13,8 ± 0,2	46,5 ± 0,3	55,5 ± 1,2	28,0 ± 0,4
	14	13,5 ± 0,3	46,2 ± 0,3	53,9 ± 1,3	26,8 ± 0,4
	21	13,2 ± 0,3	45,8 ± 0,4	52,3 ± 1,3	25,7 ± 0,5
	30	12,9 ± 0,3	45,5 ± 0,4	50,8 ± 1,4	25,0 ± 0,5
20 % соргове + 20 % соризне	7	14,2 ± 0,2	46,1 ± 0,3	58,3 ± 1,2	27,5 ± 0,4
	14	13,8 ± 0,3	45,8 ± 0,3	56,7 ± 1,3	26,3 ± 0,4
	21	13,5 ± 0,3	45,4 ± 0,4	55,2 ± 1,3	25,2 ± 0,5
	30	13,2 ± 0,3	45,1 ± 0,4	53,8 ± 1,4	24,6 ± 0,5
25 % соргове + 25 % соризне	7	14,6 ± 0,2	45,7 ± 0,3	61,2 ± 1,2	27,0 ± 0,4
	14	14,2 ± 0,3	45,4 ± 0,3	59,6 ± 1,3	25,9 ± 0,4
	21	13,9 ± 0,3	45,0 ± 0,4	58,1 ± 1,3	24,8 ± 0,5
	30	13,6 ± 0,3	44,7 ± 0,4	56,7 ± 1,4	24,2 ± 0,5

Зниження вмісту білка у контрольному зразку виявилось незначним – з 10,2 % до 9,5 %. Зростання твердості пов'язане із втратою вологи, а органолептична оцінка знизилася з 8,8 до 7,2 балів, що свідчить про погіршення текстури та смакових якостей. Відмічено, що крафіни, до складу яких входило 10–25 % соргового та соризного борошна, продемонстрували кращу стабільність біохімічних показників. Натомість контрольні зразки (без додавання безглютенового борошна) швидше втрачали вологу й м'якість. Досліджено, що з часом вміст фенольних сполук знижувався через процеси окислення й розпаду поліфенолів. Найбільш стійкий баланс антиоксидантної активності зафіксовано у зразках із 10–15 % вмістом соргового та соризного борошна (табл. 3).

Найшвидше зниження вмісту вуглеводів зафіксовано в контрольному зразку до 46,0 % на 30-й день. У зразках із додаванням соргового та соризного борошна цей процес відбувався повільніше, що свідчить про кращу стабільність вуглеводного складу й потенційно довший термін зберігання (табл. 4).

Табл. 4. Тривалість зберігання крафінів залежно від виду борошна

Вміст соргового + соризного борошна, %	Тривалість зберігання, діб	Білки, %	Кислотність, г/100 г	Твердість, Н	Органолептична оцінка (бал)
10 % соргове + 10 % соризне	7	10,3 ± 0,2	0,45 ± 0,02	8,9 ± 0,3	8,0 ± 0,2
	14	10,1 ± 0,3	0,48 ± 0,02	9,3 ± 0,3	7,6 ± 0,2
	21	10,0 ± 0,3	0,51 ± 0,02	9,7 ± 0,4	7,2 ± 0,3
	30	9,8 ± 0,3	0,54 ± 0,02	10,1 ± 0,4	6,9 ± 0,3
15 % соргове + 15 % соризне	7	10,6 ± 0,2	0,47 ± 0,02	9,1 ± 0,3	7,8 ± 0,2
	14	10,4 ± 0,3	0,50 ± 0,02	9,5 ± 0,3	7,5 ± 0,2
	21	10,3 ± 0,3	0,53 ± 0,02	9,9 ± 0,4	7,1 ± 0,3
	30	10,1 ± 0,3	0,56 ± 0,02	10,3 ± 0,4	6,7 ± 0,3
20 % соргове + 20 % соризне	7	10,9 ± 0,2	0,49 ± 0,02	9,3 ± 0,3	7,6 ± 0,2
	14	10,7 ± 0,3	0,52 ± 0,02	9,7 ± 0,3	7,3 ± 0,2
	21	10,6 ± 0,3	0,55 ± 0,02	10,1 ± 0,4	6,9 ± 0,3
	30	10,4 ± 0,3	0,58 ± 0,02	10,5 ± 0,4	6,5 ± 0,3
25 % соргове + 25 % соризне	7	11,2 ± 0,2	0,51 ± 0,02	9,5 ± 0,3	7,4 ± 0,2
	14	11,0 ± 0,3	0,54 ± 0,02	9,9 ± 0,3	7,1 ± 0,2
	21	10,9 ± 0,3	0,57 ± 0,02	10,3 ± 0,4	6,7 ± 0,3
	30	10,7 ± 0,3	0,60 ± 0,02	10,7 ± 0,4	6,3 ± 0,3

Експериментально встановлено, що збільшення частки альтернативного борошна сприяло подовженню терміну зберігання крафінів. Якщо контрольний зразок (100 % пшеничне борошно) залишався придатним до споживання лише протягом 7 діб, то вироби з 25 % соргового і 25 % соризного борошна зберігали якість до 14 діб. Найбільше погіршення якості продукції спостерігалось після 21–30 діб зберігання, переважно в зразках із мінімальним додаванням соргового й соризного борошна. Оптимальним співвідношенням для забезпечення

стабільності показників і прийнятної органолептичної якості є додавання 10–15 % альтернативного борошна. Зразки з 15 % і 20 % суміші соргового та соризного борошна мали найвищі показники кислотності та твердості, що негативно позначалося на їхніх сенсорних властивостях, зокрема текстурі та смаку.

Експериментально підтверджено, що у контрольному зразку з пшеничного борошна також відбуваються аналогічні зміни, проте їхній прояв є менш вираженим. Це можна пояснити вищим вмістом глютену та нижчим рівнем жирів, які менш схильні до окислення. Загальна тенденція полягає в тому, що більший вміст соргового і соризного борошна позитивно впливає на збереження якості завдяки високому рівню антиоксидантів. Динаміка змін у складі крафінів свідчить, що жири є важливим чинником збереження текстури й аромату.

У процесі зберігання жирова фракція поступово зменшувалась через окислення, однак зразки з додаванням альтернативного борошна мали вищий початковий вміст жирів, що сприяло збереженню м'якості. Зокрема, у зразках із 25 % соргового і соризного борошна вміст жирів на 30-ту добу становив 13,6 %, тоді як у контрольному – лише 12,6 % (табл. 4). Фенольні сполуки – це потужні антиоксиданти, які сповільнюють процеси псування. Варто вказати, що початково вміст фенольних сполук зростав із збільшенням частки безглютенового борошна (від 45,6 мг/100 г у контролі до 61,2 мг/100 г у зразку з 25 % соргового + соризного борошна). З часом їх кількість знижувалася у всіх зразках, проте деградація була найменш вираженою у зразках із вищим вмістом соргового та соризного борошна. Це підтверджує, що соргове та соризне борошно підвищує антиоксидантну стабільність крафінів, що безпосередньо впливає на подовження терміну зберігання.

Встановлено, що втрата вологи є ключовим фактором при зберіганні випічки. Контрольний зразок втратив більше вологи порівняно з тестовими варіантами, що призвело до його швидкого затвердіння. Оптимальна стабільність спостерігалася у варіантах із 10–15 % соргового та соризного борошна (табл. 5).

Табл. 5. Вплив частки соргового та соризного борошна на хімічні та фізико-технологічні показники крафінів

Вміст соргового + соризного борошна, %	Фенольні сполуки, мг/100 г	Твердість (Н)	pH
30	62,4 ± 1,1	8,6 ± 0,2	5,6 ± 0,1
35	64,1 ± 1,2	9,1 ± 0,2	5,7 ± 0,1
40	65,9 ± 1,3	9,5 ± 0,2	5,7 ± 0,1
45	67,2 ± 1,4	10,0 ± 0,2	5,8 ± 0,1
50	69,5 ± 1,4	10,4 ± 0,2	5,8 ± 0,1
60	72,8 ± 1,5	11,0 ± 0,2	5,9 ± 0,1
75	75,4 ± 1,6	11,7 ± 0,2	6,0 ± 0,1
80	78,2 ± 1,6	12,2 ± 0,2	6,0 ± 0,1
90	81,5 ± 1,7	12,8 ± 0,2	6,1 ± 0,1
100	85,2 ± 1,8	13,5 ± 0,2	6,2 ± 0,1

Кислотність поступово зростала у всіх зразках протягом зберігання, що є наслідком процесів ферментації та розкладання жирів. Зразки з 20–25 % соргового + соризного борошна мали вищу кислотність на 30-ту добу, що може впливати на органолептичні властивості.

Досліджено, що найбільш м'якими залишалися зразки з 15–20 % соргового та соризного борошна, тоді як контрольні крафіни затвердівали найшвидше. Смак, текстура та аромат найбільш збалансованими залишалися у зразках з 10–15 % соргового та соризного борошна. При 20–25 % спостерігалось надмірне ущільнення текстури та помітна зміна смаку, що може знизити привабливість для споживачів (табл. 5).

Таким чином, чим більший вміст антиоксидантних сполук (фенолів) покращує збереженість виробів. Соргове та соризне борошно подовжує термін зберігання випічки за рахунок уповільнення втрати вологи, окислення жирів та збереження антиоксидантів, а надмірна частка (20-25%) може погіршувати текстуру та смак через зміну білкового та крохмального складу тіста.

У наших дослідженнях було вивчено співвідношення соргового і соризного борошна від 30 до 100 % і відмічено, що збільшення частки соргового та соризного борошна значно подовжує термін зберігання крафінів. Якщо контрольний зразок (100 % пшеничне борошно) зберігався 7 діб, то варіант із 100 % соргового + соризного борошна – до 30 діб (табл. 6).

Табл. 6. Вплив співвідношення соргового та соризного борошна на тривалість зберігання та зміну біохімічного складу крафінів

Вміст соргового + соризного борошна, %	Тривалість зберігання, діб	Вологість, %	Жири, %	Вуглеводи, %
30	14	27,5 ± 0,4	13,8 ± 0,2	45,8 ± 0,3
35	16	27,1 ± 0,3	14,1 ± 0,2	45,4 ± 0,3
40	17	26,8 ± 0,3	14,5 ± 0,2	44,9 ± 0,3
45	18	26,5 ± 0,3	14,9 ± 0,2	44,3 ± 0,3
50	20	26,1 ± 0,3	15,3 ± 0,2	43,8 ± 0,3
60	22	25,7 ± 0,3	15,8 ± 0,2	43,2 ± 0,3
75	24	25,2 ± 0,3	16,3 ± 0,2	42,7 ± 0,3
80	25	24,8 ± 0,3	16,7 ± 0,2	42,1 ± 0,3
90	27	24,3 ± 0,3	17,1 ± 0,2	41,6 ± 0,3
100	30	23,9 ± 0,3	17,6 ± 0,2	41,0 ± 0,3

Встановлено, що зменшення вологи з підвищенням частки соргового та соризного борошна пов'язане з його високою гігроскопічністю. При 100 % альтернативного борошна вологість була 23,9 % (що нижче за контроль), що може впливати на текстуру виробу. А жири збільшуються із зростанням частки соргового та соризного борошна – від 13,8 % (30 %) до 17,6 % (100 %), що позитивно впливає на стабільність виробу під час зберігання. Досліджено, що

вуглеводи зменшуються від 45,8 % до 41,0 %, що пояснюється вищим вмістом білків та фенольних сполук у сорговому та соризному борошні.

Найбільше фенольних сполук у зразках із 100 % соргового + соризного борошна (85,2 мг/100 г), що у 1,9 раза вище, ніж у контролі. Це підтверджує, що соргове та соризне борошно має виражену антиоксидантну активність та може подовжувати термін зберігання, однак за такого співвідношення якості крафінів низька. Оцінено, що твердість збільшується зі зростанням безглютенового борошна – від 8,6 Н (30 %) до 13,5 Н (100 %). При 75 % і вище зразки стають надто щільними, що може впливати на сприйняття споживачами (табл. 6). Найнижчий рН – у контрольному зразку (пшеничне борошно), що сприяє швидшому розвитку мікроорганізмів, а за 100% соргового + соризного борошна рН = 6,2, що знижує ризик псування виробу (табл. 6).

Таким чином, за співвідношення – 40–60 % соргового + соризного борошна, відзначено термін зберігання до 20–22 діб та збереження приємної текстури (без надмірної твердості). Містить більше антиоксидантів для стабільності під час зберігання. За 75 % і вище тісто стає надто щільним і сухим, що може знизити споживчі якості виробу, а 100 % соргове та соризне борошно показало максимальну стабільність, але текстурні зміни роблять виріб менш привабливим.

Встановлено, що є кореляція на зниження вмісту жирів із збільшенням тривалості зберігання. Так, для зразків з 3 % соргового + 3 % соризного борошна вміст жирів зменшився з 12,6 % на 7-й день до 11,0 % на 60-й день. Це свідчить про можливу деградацію ліпідів під впливом тривалого зберігання, що може впливати на текстуру та органолептичні властивості продукту. Вуглеводи також знижуються зі збільшенням терміну зберігання. Так, у зразках з 3 % соргового + 3 % соризного борошна вміст вуглеводів зменшився з 47,8 % на 7-й день до 44,5 % на 60-й день. Аналогічна тенденція спостерігається і в інших варіантах, де вміст вуглеводів поступово знижується, що вказує на можливу часткову деградацію вуглеводів чи гідроліз крохмалю під час зберігання. Найбільше зниження спостерігається у вмісті фенольних сполук, які відомі своєю антиоксидантною активністю. Для зразків з 3 % соргового + 3 % соризного борошна вміст фенольних сполук знизився з 46,5 мг/100 г на 7-й день до 37,5 мг/100 г на 60-й день. Це свідчить про зниження антиоксидантної активності продукту в результаті окислення під час тривалого зберігання.

Досліджено, що зміни у вологості незначні, проте варто вказати про деяке зниження з часом. Для зразків з 3 % соргового + 3 % соризного борошна вологість зменшилася з 29,9 % на 7-й день до 23,0 % на 60-й день. Зниження вологості може бути результатом випаровування води, що є типовим при тривалому зберіганні без герметичної упаковки (табл. 7). Відмічено, що зміни у вмісті білків незначні, що вказує на їх стабільність при зберіганні. Наприклад, у зразках з 3 % соргового + 3 % соризного борошна вміст білків знизився з 9,6 % на 7-й день до 8,5 % на 60-й день. Цей показник залишається в межах стандартних значень. Коливання кислотності були незначними. Так, зокрема, у зразках із 3 % соргового + 3 % соризного борошна кислотність зросла з 0,37 г/100 г на 7-й день до 0,50 г/100 г на 60-й день, що може вказувати на накопичення органічних кислот внаслідок розпаду деяких компонентів.

Табл. 7. Зміни складу крафінів за різної тривалості зберігання

Співвідношення борошна	Тривалість зберігання (дні)	Жири, %	Вуглеводи, %	Фенольні сполуки, мг/100 г	Вологість, %
3 % соргове + 3 % соризне	45	11,7 ± 0,3	45,2 ± 0,4	40,5 ± 1,5	25,0 ± 0,5
5 % соргове + 5 % соризне	45	12,2 ± 0,3	44,8 ± 0,4	41,0 ± 1,4	24,5 ± 0,5
7 % соргове + 7 % соризне	45	12,5 ± 0,3	44,5 ± 0,4	42,0 ± 1,3	24,0 ± 0,5
3 % соргове + 3 % соризне	50	11,4 ± 0,3	44,8 ± 0,4	39,0 ± 1,5	24,2 ± 0,5
5 % соргове + 5 % соризне	50	12,0 ± 0,3	44,5 ± 0,4	40,5 ± 1,4	23,8 ± 0,5
7 % соргове + 7 % соризне	50	12,3 ± 0,3	44,2 ± 0,4	41,5 ± 1,3	23,5 ± 0,5
3 % соргове + 3 % соризне	60	11,0 ± 0,3	44,5 ± 0,4	37,5 ± 1,6	23,0 ± 0,5
5 % соргове + 5 % соризне	60	11,7 ± 0,3	44,2 ± 0,4	39,0 ± 1,5	22,8 ± 0,5
7 % соргове + 7 % соризне	60	12,0 ± 0,3	43,9 ± 0,4	40,0 ± 1,4	22,5 ± 0,5
100 % пшеничне борошно	60	2,0 ± 0,1	71,5 ± 0,3	8,2 ± 0,3	22,0 ± 0,4

Твердість зразків збільшувалась із тривалістю зберігання виробів. У зразках з 3 % соргового + 3 % соризного борошна твердість зросла з 8,3 Н на 7-й день до 9,9 Н на 60-й день (табл. 8). Органолептична оцінка вказує на поступове зниження якості продукту в результаті зберігання. Для зразків з 3 % соргового + 3 % соризного борошна органолептична оцінка знизилася з 8,6 балів на 7-й день до 6,5 балів на 60-й день, що свідчить про зниження споживчих властивостей через зміни у текстурі, смаку та запаху.

Варто вказати, що усі досліджувані зразки демонструють аналогічні тенденції зниження важливих компонентів та органолептичної якості з часом. Проте, зразки з вищим вмістом соргового та соризного борошна (5 % і 7 %) зберігають свою стабільність протягом більшого часу, зокрема вміст білків і вологість зберігаються на трохи вищому рівні порівняно з 3 %-ми зразками

Загалом, найсуттєвішими результатами дослідження є зниження органолептичної якості та антиоксидантної активності продуктів у процесі зберігання. Це підкреслює важливість удосконалення технологічних підходів до зберігання крафінів з метою збереження їх стабільних властивостей протягом усього терміну придатності (табл. 8). Аналіз результатів досліджень свідчить, що тривалість зберігання крафінів суттєво впливає на їх хімічний склад та фізико-харчові показники.

Табл. 8. Характеристика крафінів за складом борошна та терміном зберігання

Співвідношення борошна	Тривалість зберігання (дні)	Білки, %	Кислотність, г/100 г	Твердість, Н	Органолептична оцінка
3 % соргове + 3 % соризне	45	8,7 ± 0,3	0,46 ± 0,02	9,6 ± 0,4	7,2 ± 0,3
5 % соргове + 5 % соризне	45	9,0 ± 0,3	0,48 ± 0,02	9,9 ± 0,4	7,4 ± 0,3
7 % соргове + 7 % соризне	45	9,2 ± 0,3	0,50 ± 0,02	10,2 ± 0,4	7,1 ± 0,3
3 % соргове + 3 % соризне	50	8,6 ± 0,3	0,48 ± 0,02	9,8 ± 0,4	6,8 ± 0,3
5 % соргове + 5 % соризне	50	8,9 ± 0,3	0,50 ± 0,02	10,1 ± 0,4	7,0 ± 0,3
7 % соргове + 7 % соризне	50	9,1 ± 0,3	0,52 ± 0,02	10,3 ± 0,4	6,9 ± 0,3
3 % соргове + 3 % соризне	60	8,5 ± 0,3	0,50 ± 0,02	9,9 ± 0,4	6,5 ± 0,3
5 % соргове + 5 % соризне	60	8,8 ± 0,3	0,52 ± 0,02	10,2 ± 0,4	6,7 ± 0,3
7 % соргове + 7 % соризне	60	9,0 ± 0,3	0,54 ± 0,02	10,4 ± 0,4	6,6 ± 0,3
100 % пшеничне борошно	60	9,5 ± 0,3	0,42 ± 0,02	9,2 ± 0,3	7,2 ± 0,3

Так, вміст жирів коливався в межах 11,0–12,5 %, вуглеводів – 43,9–45,2 %, фенольних сполук – 37,5–42,0 мг/100 г, білків – 8,5–9,2 %, при цьому вологість продукту зменшувалася від 25,0 % до 22,5 % із збільшенням тривалості зберігання. Кислотність зросла від 0,46 до 0,54 г/100 г, твердість – від 9,6 до 10,4 Н, а органолептична оцінка коливалася в межах 6,5–7,4 бала. Коефіцієнти варіації для більшості показників не перевищували 4 %, що свідчить про відносну стабільність параметрів крафінів при різній тривалості зберігання та різних співвідношеннях соргового і соризного борошна. Спостерігалася тенденція до зменшення вуглеводів та вологи та одночасного підвищення кислотності та твердісті з ростом часу зберігання (табл. 9).

Таким чином, спостерігається поступове зниження вмісту жирів, фенольних сполук та вуглеводів з часом, що підтверджує тенденцію до деградації активних компонентів. Зниження вмісту фенольних сполук та змін у органолептичних оцінках свідчить про зниження антиоксидантної активності і загальної якості продукту після 60 діб зберігання. Незначні зміни у вмісті білків і кислотності свідчать про стабільність цих компонентів при зберіганні. Ці зміни вказують на необхідність оптимізації умов зберігання для збереження високої якості крафінів протягом тривалого періоду.

Табл. 9. Статистичні показники крафінів за складом і якістю

Показник	Мінімум	Максимум	V (%)
Жири, %	11,0	12,5	4,5
Вуглеводи, %	43,9	45,2	0,9
Фенольні сполуки, мг/100 г	37,5	42,0	6,0
Вологість, %	22,5	25,0	3,8
Білки, %	8,5	9,2	3,2
Кислотність, г/100 г	0,46	0,54	7,9
Твердість, Н	9,6	10,4	3,0
Органолептична оцінка, балах	6,5	7,4	6,1

Висновки. В процесі зберігання крафінів спостерігається поступове зниження вмісту основних компонентів, зокрема жирів, вуглеводів і фенольних сполук, що вказує на їх розпад і окиснення. У варіантах з 3 % соргового + 3 % соризного борошна вміст жирів зменшився з 12,6 % на 7-й день до 11,0 % на 60-й день, вуглеводів – з 47,8 % до 44,5 %, а фенольних сполук – з 46,5 мг/100 г до 37,5 мг/100 г. Упродовж зберігання рівень вологи закономірно знижувався. У зразках з додаванням 3 % соргового і соризного борошна вологість зменшилась із 29,9 % до 23,0 %. Це, своєю чергою, призводить до збільшення твердості продукту – з 8,3 Н до 9,9 Н, що відображає загальне висихання і ущільнення структури. Зміни вмісту білків є незначними, зниження складає всього 1,1 % за 60 діб (з 9,6 % до 8,5 %), а кислотність зросла з 0,37 г/100 г до 0,50 г/100 г.

Спостерігається поступове зниження органолептичних характеристик, зниження якості продукту виражається у зниженні оцінки з 8,6 балів на 7-й день до 6,5 балів на 60-й день для зразків з 3 % соргового + 3 % соризного борошна. Зразки з більшим вмістом соргового та соризного борошна (5 % і 7 %) демонструють більш стабільні результати в порівнянні з 3 % варіантами, зокрема в частині вмісту білків, вуглеводів і вологості. Тривале зберігання негативно впливає на хімічний склад і органолептичні характеристики крафінів. Для зменшення втрат якості необхідно вдосконалити умови пакування та зберігання продукції. Для промислового виробництва доцільно використовувати співвідношення соргового та соризного борошна в межах 3–15 %, оскільки це забезпечує кращу структурну стійкість, довший термін зберігання і задовільні органолептичні властивості.

Література:

1. Шелудько В. М. Використання обліпихи в технології сучасних борошняних виробів. *Науковий вісник полтавського університету економіки і торгівлі*. Серія «Технічні науки». 2020. № 96(1). С. 16–21.
2. Кравченко М. Ф. Інноваційні технології борошняних кондитерських виробів з борошняних сумішей. *Sustainable food chain and safety through science, knowledge and business : scientific monograph. – rīga, latvia : baltija publishing*, 2023. Р. 99–116. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-328-6-5>.
3. Kravchenko M., Demichkovska M. Технологія борошняних кулінарних напівфабрикатів із дієтичними добавками. *International scientific-practical journal commodities and markets*. 2009. Т. 7. № 1. С. 44–50.

4. Дзюндзя О. В., Звагольська К. М. Аналіз нетрадиційної борошняної сировини для виробництва хлібобулочних виробів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2021. № 1. С. 22–29.
5. Лебединець В. Т., Донцова І. В., Гаврилишин В. В., Лебединець А. І. Розширення асортименту безглютенових бісквітних напівфабрикатів. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2021. № 25. С. 52–59.
6. Миколенко С. Ю., Козяр Ю. В. Розроблення безглютенового печива на основі нетрадиційних видів борошна. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2018. Т. 29 (68). № 4(2). С. 125–130.
7. Сова Н., Худайбердієва, К., Коваленко, Н., Михненко, І. Використання борошна із насіння нішевих культур у технології виробництва кексів. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. 2021. № 4 (10). С. 94–100.
8. Жукова В., Тарасенко В. Поліпшення якості кондитерських виробів за рахунок використання нетрадиційної сировини. *Інновації та технології в сфері послуг і харчування*. 2021. № 1–2 (3–4). С. 44–50.
9. Філінська Т., Шевченко В., Філінська А., Павлюк С., Суха І. Дослідження властивостей багатокомпонентних сумішей борошна. *Технічні науки та технології*. 2023. № 1 (31). С. 117–125.
10. Araki E., Ikeda T. M., Ashida K., Takata K., Yanaka M., Iida S. Effects of rice flour properties on specific loaf volume of one-loaf bread made from rice flour with wheat vital gluten. *Food Science and Technology Research*. 2009. Vol. 15. №. 4. P. 439–448.
11. Borla O. P., Motta E. L., Saiz A. I., Fritz R. Quality parameters and baking performance of commercial gluten flours. *LWT-Food Science and Technology*. 2004. Vol. 37. № 7. P. 723–729.
12. Gazmuri A. M., Bouchon P. Analysis of wheat gluten and starch matrices during deep-fat frying. *Food Chemistry*, 2009. Vol. 115. № 3. P. 999–1005.
13. Michniewicz J., Biliaderis C. G., Bushuk W. Technological Characteristics of Dough and Gluten'. *Cereal Chem.* 1991. Vol. 68. № 3. P. 252–258.
14. Sasaki T., Yasui T., Kohyama K. Influence of starch and gluten characteristics on rheological properties of wheat flour gel at small and large deformation . *Cereal Chemistry*. 2008. Vol. 85. № 3. P. 329–334.
15. Kyung-Koh B., Ah-Song K. Effects of trypsin-hydrolyzed wheat gluten peptide on wheat flour dough. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2008. Vol. 88. № 14. P. 2445–2450.
16. Torbica A., Hadnađev M., Hadnađev T. D. Possibility of using durum wheat flour as an improvement agent in bread making process . *Procedia Food Science*. 2011. Vol. 1. P. 1628–1632.
17. Подпрятков Г. І., Рожко В. І., Скалецька Л. Ф. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва: підручник. К. : Аграрна освіта, 2014. 393 с.
18. Подпрятков Г. І., Скалецька Л. Ф. Технологія виробництва борошна, крупи та олій. К. : Вид-во НАУ, 2000. 202 с.
19. Технологія кондитерських виробів: навчальний посібник для К 95 самостійного вивчення курсу [Електронний ресурс] / укл. : З. І. Кучерук, Н. В. Шматченко. Електрон. дані. Х. :ХДУХТ, 2020.
20. Сирохман І. В. Лебединець І. Т. Асортимент і якість кондитерських виробів : навч. посібник. К.: Центр навчальної літ-ри, 2009. 636 с.

21. Ростовський В. С., Кукуєва О. М. Технологія виробництва борошніаних кондитерських виробів. Абетка кондитерського мистецтва : навч. посібник. К.: Кондор-Видавництво, 2016. 497 с.

References:

1. Sheludko, V. M. (2020). Use of sea buckthorn in the technology of modern flour products. *Scientific Bulletin of Poltava University of Economics and Trade. Series: Technical Sciences*, 96(1), 16–21. [in Ukrainian].
2. Kravchenko, M. F. (2023). Innovative technologies of flour confectionery products made from flour blends. In *Sustainable food chain and safety through science, knowledge and business: Scientific monograph* (pp. 99–116). Baltija Publishing. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-328-6-5>.
3. Kravchenko, M., Demichkovska, M. (2009). Technology of flour culinary semi-finished products with dietary additives. *Commodities and Markets*, 7(1), 44–50. [in Ukrainian].
4. Dziundzia, O. V., Zvaholska, K. M. (2021). Analysis of unconventional flour raw materials for the production of bakery products. *Tavriian Scientific Bulletin. Series: Technical Sciences*, 1, 22–29. [in Ukrainian].
5. Lebedynets, V. T., Dontsova, I. V., Havrylyshyn, V. V., Lebedynets, A. I. (2021). Expansion of the assortment of gluten-free sponge semi-finished products. *Bulletin of LTEU. Technical Sciences*, 25, 52–59. [in Ukrainian].
6. Mykolenko, S. Yu., Koziar, Yu. V. (2018). Development of gluten-free cookies based on unconventional types of flour. *Scholarly Notes of V. I. Vernadsky Taurida National University. Series: Technical Sciences*, 29(68), 4(2), 125–130. [in Ukrainian].
7. Sova, N., Khudaiberdiieva, K., Kovalenko, N., Mykhnenko, I. (2021). Use of flour from seeds of niche crops in the technology of cupcake production. *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series: New Solutions in Modern Technologies*, 4(10), 94–100. [in Ukrainian].
8. Zhukova, V., Tarasenko, V. (2021). Improving the quality of confectionery products through the use of unconventional raw materials. *Innovations and Technologies in Services and Nutrition*, 1–2(3–4), 44–50. [in Ukrainian].
9. Filinska, T., Shevchenko, V., Filinska, A., Pavliuk, S., Sukha, I. (2023). Study of the properties of multicomponent flour mixtures. *Technical Sciences and Technologies*, 1(31), 117–125. [in Ukrainian].
10. Araki, E., Ikeda, T. M., Ashida, K., Takata, K., Yanaka, M., Iida, S. (2009). Effects of rice flour properties on the specific loaf volume of one-loaf bread made from rice flour with wheat vital gluten. *Food Science and Technology Research*, 15(4), 439–448.
11. Borla, O. P., Motta, E. L., Saiz, A. I., Fritz, R. (2004). Quality parameters and baking performance of commercial gluten flours. *LWT – Food Science and Technology*, 37(7), 723–729.
12. Gazmuri, A. M., Bouchon, P. (2009). Analysis of wheat gluten and starch matrices during deep-fat frying. *Food Chemistry*, 115(3), 999–1005.
13. Michniewicz, J., Biliaderis, C. G., Bushuk, W. (1991). Technological characteristics of dough and gluten. *Cereal Chemistry*, 68(3), 252–258.
14. Sasaki, T., Yasui, T., Kohyama, K. (2008). Influence of starch and gluten characteristics on rheological properties of wheat flour gel at small and large deformation. *Cereal Chemistry*, 85(3), 329–334.

15. Kyung-Koh, B., Ah-Song, K. (2008). Effects of trypsin-hydrolyzed wheat gluten peptide on wheat flour dough. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(14), 2445–2450.
16. Torbica, A., Hadnađev, M., Hadnađev, T. D. (2011). Possibility of using durum wheat flour as an improvement agent in the breadmaking process. *Procedia Food Science*, 1, 1628–1632.
17. Podpriatov, H. I., Rozhko, V. I., Skaletska, L. F. (2014). Technology of storage and processing of plant products: Textbook. Ahrarna Osvita. 393 p. [in Ukrainian].
18. Podpriatov, H. I., Skaletska, L. F. (2000). Technology of flour, groats, and oil production. NAU Publishing House. 202 p. [in Ukrainian].
19. Kucheruk, Z. I., Shmatchenko, N. V. (2020). Confectionery technology: Self-study textbook [Electronic resource]. KhDUKhT. [in Ukrainian].
20. Syrokhman, I. V., Lebedynets, I. T. (2009). Assortment and quality of confectionery products: Textbook. Center for Educational Literature. 636 p. [in Ukrainian].
21. Rostovskyi, V. S., Kukuieva, O. M. (2016). Technology of flour confectionery products. The ABC of confectionery art: Textbook. Kondor Publishing. 497 p. [in Ukrainian].

Annotation

Voitovska V. I., Yevchuk Ya. V.

Transformations of the chemical composition and organoleptic characteristics of kraffins based on sorghum and soriso flour under prolonged storage conditions

The study examined the effect of sorghum and rice flour content on changes in the biochemical composition, physicochemical properties, and shelf life of cruffins during storage. It was established that reduction in phenolic compounds was observed in all variants; however, their initial concentration was higher in samples with a greater proportion of alternative flour (up to 85.2 mg/100 g at 100% substitution). A gradual decrease in moisture content was noted, leading to an increase in product hardness, particularly at high levels of sorghum and rice flour (from 8.6 N to 13.5 N). The protein content remained relatively stable, while acidity increased, which may be attributed to enzymatic processes.

It was found that products containing 10–15% gluten-free flour exhibited an optimal balance of antioxidant stability, texture, and sensory characteristics. At concentrations of 20–25%, excessive texture densification was observed. The control sample (100% wheat flour) demonstrated the fastest quality loss (7 days of storage), whereas samples with 25% sorghum + 25% rice flour maintained stability for up to 14 days, and those with 100% alternative flour remained stable for up to 30 days. Fat content varied depending on the flour ratio, and its degradation influenced the aromatic properties of the products. During storage, carbohydrate content decreased (up to 41.0%), likely due to starch hydrolysis. The reduction in phenolic compounds (down to 37.5 mg/100 g by the 60th day) indicated antioxidant oxidation, which affected overall product quality. Moisture loss was most pronounced in samples containing sorghum and rice flour, explained by their high hygroscopicity. Organoleptic scores declined from 8.6 to 6.5 points over 60 days, reflecting degradation of consumer characteristics. Thus, increasing the proportion of sorghum and rice flour positively influenced the shelf life of cruffins; however, concentrations exceeding 20–25% resulted in deteriorated textural and sensory properties. The optimal ratio was found to be 3–15%, ensuring a balance between storage duration and product quality.

Key words: ratio, proteins, fats, acidity, hardness, moisture