

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра харчових технологій

Допущено до захисту
_____ 20____ р.
Зав. кафедри, к. с.-г. н, доцент
_____ **Андрій ЧЕРНЕГА**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
МАГІСТРА

ВПЛИВ ВИДУ ЖИРОЗАМІННИКА НА ЯКІСТЬ КЕКСУ

Виконала – студентка II курсу, групи 22 м-тз
освітньої програми Технології зерна та
зернопродуктів
спеціальності 181 «Харчові технології»
Залевська Ангеліна Юріївна

Науковий керівник – доктор с.-г. наук, професор
Любич Віталій Володимирович

УМАНЬ – 2023

ЗМІСТ

Анотація	3
Вступ	5
Розділ 1 Огляд літератури	7
Розділ 2 Умови, схема та методика проведення досліджень	12
Розділ 3 Результати досліджень	15
Розділ 4 Технологічна частина	26
Розділ 5 Охорона праці	27
Розділ 6 Економічна ефективність	29
Висновки	31
Рекомендації виробництву	33
Список використаних джерел	34

ANNOTATION

The research results show that when using margarine cupcakes with a fat content of 30–40%, a blend of margarine (30%) 50% + oil 50% and sunflower oil, the dough was liquid. The use of a blend of oil (82%) 50% + oil 50% provided the dough with a semi-creamy consistency. The rest of the experiment variants formed a creamy consistency of the cupcake dough. Physico-chemical indicators of cupcake quality varied depending on margarine fat content, butter and spread. With increasing fat content in such products, cupcake weight increased.

Cupcake volume varied significantly depending on the type of fat substitute. Thus, the highest figure was while using margarine, 40% – 207 cm³, a blend of butter (82%) 50% + oil 50% – 218 and vegetable cream spread, 72.5% – 222 cm³.

The type of fat substitute did not affect the colour of the cupcake surface and its crumb. The concave surface of the cupcake was obtained using a blend of butter (82%) 50% + oil 50%, vegetable cream spread, 72.5% and sunflower oil. The formation of a concave surface of the cupcake spoils its appearance. Therefore, these two types of fat substitute and sunflower oil are not suitable for cupcake production.

The smell and taste of the consumer evaluation of the cupcake did not change depending on fat substitute type. The evaluation of three experts was high – 9 points. Cupcake porosity varied depending on fat substitute type. Thus, with the use of vegetable cream spread, 72.5% of the non-porous part of the crumb occupied 26–50% of the cross section. When using sunflower oil, the non-porous part of the crumb occupied 51–75% of the cross section. While using other fat substitutes, the porosity corresponded to 9 points – small thick-walled, uniform.

The use of margarine, 40%, butter, 82% and butter, 73% provides a cupcake with a volume of 198–208 cm³, moisture content 13.9–19.1% with a

concave surface and the highest culinary quality – 9 points. The use of margarine, 30%, margarine, 82%, a blend of margarine (30%) 50% + oil 50%, spread, 73% provides products with a volume of 155–181 cm³, moisture content 16.3–20.9% with concave surface, culinary quality at the level of 9 points with elastic, soft, juicy, with crumbs that do not clump. The use of vegetable cream spread, 72.5%, sunflower oil and a blend of oil (82%) 50% + oil 50% provides a cupcake that does not meet the requirements of the regulatory document.

ВСТУП

Обґрунтування теми дослідження. Жир відіграє важливу роль у харчових продуктах, крім основного харчування. Це сприяє багатьом сенсорним і якісним властивостям продуктів, включаючи фізичні, текстурні та сенсорні фактори, які впливають на загальний смак. Багато продуктів покладаються на дієтичні жири для задоволення цих смакових якостей, щоб підтримувати сприйняття та споживання споживачами.

Всесвітня організація охорони здоров'я разом з багатьма національними органами охорони здоров'я рекомендують зменшити споживання дискреційних закусок через їх низький поживний вміст. Надмірне споживання жиру з їжею, особливо з дискреційних закусок, є одним із ключових чинників надлишкового споживання енергії та збільшення ваги. Тому дослідження можливості застосування низькокалорійних жирозамінників у технології кексів є актуальними.

Мета і завдання дослідження. Мета статті – вивчити питання щодо визначення значення виду жирозамінника в технології кексу.

Для досягнення мети необхідно було виконати такі завдання:

- визначити формування фізико-хімічних показників якості кексу з різними жирозамінниками;
- встановити органолептичні показники якості кексів;
- визначити економічну ефективність застосування різних жирозамінників у технології кексів.

Наукова новизна одержаних результатів. Встановлено, що жирозамінники мають різний вплив на формування якості кексів. Доведено, що в технології кексів обґрунтовано застосовувати маргарин, 30 %, 40 %, 82 %, масло, 82 %, масла, 73 % суміш маргарину (30 %) 50 % + олія 50 %, спред, 73 %.

Практичне значення одержаних результатів. У технології кексів необхідно застосовувати маргарин, 30 %, 40 %, 82 %, масло, 82 %, масла,

73 % суміш маргарину (30 %) 50 % + олія 50 %, спред, 73 %. Застосування таких жирозамінників забезпечує формування кексу з об'ємом 198–208 см³, вологістю 13,9–19,1 % з випуклою поверхнею та найвищою кулінарною якістю – 9 бала.

Апробація результатів роботи. Основні результати проведених досліджень доповідались і обговорювались на студентських конференціях Уманського НУС (м. Умань, 2022–2023 рр.).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано одну наукову працю.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Жир відіграє важливу роль у харчових продуктах, крім основного харчування. Це сприяє багатьом сенсорним і якісним властивостям продуктів, включаючи фізичні, текстурні та сенсорні фактори, які впливають на загальний смак. Багато закусок, зокрема, покладаються на дієтичні жири для задоволення цих смакових якостей, щоб підтримувати сприйняття та споживання споживачами.

Всесвітня організація охорони здоров'я [1] разом з багатьма національними органами охорони здоров'я [2, 3, 4, 5] рекомендують зменшити споживання дискреційних закусок через їх низький поживний вміст. Надмірне споживання жиру з їжею, особливо з дискреційних закусок, є одним із ключових чинників надлишкового споживання енергії та збільшення ваги [6].

Поширеність надмірної ваги та ожиріння зростає в усьому світі [7,8], що викликає занепокоєння, оскільки ожиріння пов'язане з підвищеним ризиком серцево-судинних захворювань [9], цукрового діабету 2 типу [10] та деяких видів раку [11]. Незважаючи на обізнаність споживачів і маркування продуктів [12,13], споживання закусок є відносно високим з невеликою компенсацією за підвищене споживання енергії [14,15,16]. Багато промоутерів пояснювали збільшенням споживання закусок, таких як зручність, смак, маркетинг і ціноутворення [16,17]. Щоб задовольнити ці рекомендації та вимоги споживачів, компанії-виробники все частіше розробляють снеки, які містять більше поживних речовин, ніж традиційні снеки, такі як чіпси та тістечка, які зазвичай мають високий вміст жиру, цукру та натрію. Деякі приклади таких типів інноваційних закусок включають йогурти, батончики, пудинги, крекери та чіпси, які містять популярні здорові продукти (або суперпродукти), такі як насіння, горіхи, старовинні злаки, інші цільнозернові продукти, харчові волокна, бобові,

фрукти та овочі. Хоча багато з цих закусок можуть мати високий вміст білка та харчових волокон, багато з них також зазвичай містять велику кількість жиру, цукру та натрію в раціоні споживачів [18].

Необхідно докласти зусиль, щоб розробити привабливі закуски з високим вмістом білка та харчових волокон, але не вносити велику кількість натрію, цукру та жиру. Категорії закусок, такі як торти та кекси, ще не побачать значних інновацій у створенні альтернатив з високим вмістом білка або клітковини [16]. Крім цього, на ринку все ще є обмежені варіанти цих хлібобулочних виробів зі зниженим вмістом жиру, ймовірно, через технологічні труднощі у виробництві таких продуктів. Зрештою, існує потреба збільшити кількість доступних варіантів поживних закусок, які задовольняють вищезазначені фактори, одночасно зменшуючи склад жиру та, отже, загальне споживання енергії.

Запечені закуски, які не містять дієтичного жиру як альтернативу «з низьким вмістом жиру», часто мають погані сенсорні властивості, такі як розсипчастість, сухість, погане відчуття в роті та загальне зниження сприйняття споживачами [19, 20, 21, 22, 23]. Передбачається низка потенційних «замінників жиру» для того, щоб зменшити вміст жиру в харчових матрицях, зберігаючи при цьому сенсорні властивості, які зазвичай приписують харчовому жиру.

Замінники жиру поділяються на замінники жиру або імітатори жиру. Замінники жиру повторюють функціональні та сенсорні властивості жиру в їжі, зазвичай не містять енергії або містять менше енергії, ніж жир, і можуть використовуватися для заміни частини або всього жиру, який зазвичай присутній у продукті [24, 25].

Імітатори жиру – це інгредієнти на основі білків або вуглеводів, які не використовуються для повної заміни жиру, а скоріше відтворюють деякі властивості, які жир надає в їжі [24, 25]. Багато хлібобулочних виробів на ринку в даний час використовують замінники жиру, щоб зменшити

загальну енергію або вміст жиру, зберігаючи при цьому визнання споживачів.

Складні вуглеводні, замінники жиру, варіюються від засвоюваних крохмалів до неперетравлюваних рослинних волокон. Слід зазначити, що заміна дієтичного жиру складними вуглеводами знижує енергетичну щільність усіх харчових продуктів, незалежно від стану клітковини, через те, що складні вуглеводи менш енергетичні, ніж жир.

Використання клітковини замість крохмалю може мати перевагу на ринку, оскільки харчові продукти можуть відповідати критеріям щодо вмісту клітковини. Інулін, неперетравлювана харчова клітковина, яка зазвичай одержується з кореня цикорію, має найбільший успіх у заміні дієтичного жиру в хлібобулочних виробках, де рівень заміни жиру досягає 75% у бобових крекерах і тістечках (1: 1, інулін: вода; і 1:2 інулін: вода, відповідно) вдалося знизити загальну енергію без будь-яких змін у сприйнятті споживачами [33,34].

Слід зазначити, що додавання інуліну дійсно змінило текстуру та фізичні властивості крекерів і тортів. Хоча прийнятність інуліну в кексах не вимірювалася, 50% мав найменші сенсорні та фізичні зміни порівняно з 75% і 100% [35]. Крім того, вчені протестували використання чотирьох комерційних композицій інуліну в кексах, які відрізнялися співвідношенням інуліну до води та розчинністю, але результати для кожного були подібними [35]. Мальтодекстрин також був успішним при рівні замінника жиру 75% у крекерах з бобових і при 66% у кексах, хоча спостерігалися зміни в ароматі, зовнішньому вигляді, смаку та текстурі [33, 36]. Загальна кількість інуліну або мальтодекстрину (100%) мала значне зниження сприйняття споживачами, тому не рекомендується повністю замінювати жир у випічці. Результати також були багатообіцяючими для інуліну, який використовувався як замінник жиру в печивах, хоча відбулися деякі помітні зміни текстурних і фізичних властивостей [33, 34, 35, 37, 38, 39].

Інші складні вуглеводи, які використовувалися як замітники жиру в печивах, включали екстракт люпину, мальтодекстрин, кукурудзяну клітковину та рисовий крохмаль, хоча всі вони мали значний вплив на сенсорні властивості печива, за винятком рисового крохмалю [40]. Рисовий крохмаль не має значного впливу на сенсорні властивості, але його тестували лише при 20% заміні жиру. Усі складні вуглеводні замітники жиру мали значний вплив на фізичні властивості тіста та випечених виробів із значним збільшенням щільності, в'язкості, міцності на розрив, вологості та зменшенням об'єму майже для всіх тестованих продуктів [41].

Однак про використання хлібопекарських жирів у технології приготування тістечок відомо лише небагато. У дослідженнях отримано результати, які свідчать про можливе перенесення правил, відомих для хліба, у технологію виробництва тортів. Вироблені поверхнево-активні речовини стабілізували бульбашки газу в тісті для торта, що призвело до більш гладкої текстури та більшої довжини виробів. Ефект черствіння, який вимірюється якістю їжі та сприйнятою свіжістю, також покращився. Однак вони використовували лише одну ліпазу та один рецепт торта [42].

Ліпази можуть впливати на якість випікання тортів як покращувачі. Лише мало відомо про їхній можливий вплив на якість тіста для тортів. Особливо важливість рецептури торта раніше не вивчалася. У праці було досліджено вплив на щільність тіста, липкість і реологічні властивості різної кількості ліпази. І ліпаза, і рецептура торта мали вплив на ступінь покращення тіста. Найбільші ефекти, викликані ліпазою, спостерігалися в торті без яєць, ймовірно, через відсутність внутрішніх емульгаторів. Реакції ліпази, здається, були пригнічені в дріжджовому тістечку. Для основного торта та кексу три ліпази зменшили щільність тіста (до 3,7%) і липкість (до 42,7%) і призвели до розрідження тіста. Це полегшує механічну обробку тіста, обробленого ліпазою, для виробництва тортів і відкриває багато можливостей для застосування ліпаз у тортах та інших вишуканих хлібобулочних виробах [43].

Дослідження 44 заповнює прогалину в безперервному дослідженні рецептури та характеристики скорочення торта з нульовим транс-трансляцією (ZTC), а також дослідження впливу на сенсорні властивості, текстуру торта з високим співвідношенням і реологічну поведінку тіста. Результати показали, що тісто, отримане з рецептурного шортенінгу ZTC, мало найвищий діапазон лінійної в'язкопружності ($LVE = 0,384\%$) як показник однорідності тіста, найнижчий G' наприкінці LVE (552 Па), найнижчий «а» значення (415,88 Па) у степеневій моделі, підігнаний на основі даних розгортки частоти як міра твердості та міцності, і найнижче значення «m» (49,11 Па sn) у степеневій моделі, підігнаний на даних уявної в'язкості як коефіцієнт консистенції тіста. Крім того, остаточний пиріг, виготовлений із шортенінгу ZTC, мав другу найм'якшу текстуру після зразка SM101 і найвищий загальний бал прийнятності (6,88) у сенсорній оцінці. Завдяки цьому дослідженню було доведено, що найм'якша текстура не обов'язково призводить до найвищого сприйняття споживачами, а текстурні характеристики торта не залежать виключно від реології тіста, тобто більш тверде тісто не завжди призводить до збільшення твердості торта.

Жир надає важливим сенсорним властивостям хлібобулочним харчовим продуктам, таким як колір, смак, консистенція та запах, усі вони сприяють загальному сприйняттю споживачами. Хлібобулочні продукти, такі як крекери, тістечка та печиво, зазвичай містять велику кількість жиру. Проте зростає попит на здорові закуски зі зниженим вмістом жиру. Для підтримки споживчого сприйняття при одночасному зниженні загального вмісту жиру були використані замінники жиру. Існує ряд замінників жиру, які були досліджені в хлібобулочних харчових продуктах, починаючи від складних вуглеводів, гумок і гелів, цільних харчових матриць і їх комбінацій. Замінники жиру мають різні властивості, які впливають на якість харчового продукту. У цьому огляді ми узагальнюємо літературу про вплив замінників жиру на якість

хлібобулочних продуктів. Ідеальними заміниками жиру для різних видів випічки з низьким вмістом жиру були комбінація полідекстрази та гуарової камеді в печивах із 70% заміни жиру (FR), олеогелів у тістечках із 100% FR та інуліну в крекерах із 75% FR. Використання оатріму (100% FR), бобового пюре (75% FR) або пюре із зеленого горошку (75% FR) як заміників жиру в печиві було однаково успішним [44].

Поглиблений аналіз функціональності різних ліпаз у тістечках відсутній. Також не було встановлено широкого промислового застосування для випікання ліпаз у тортах. Здебільшого це пов'язано з двома факторами. По-перше, неприємний смак може виникнути, коли ліпази реагують із великою кількістю жиру, який використовується в тістечках. Це особливо стосується тих випадків, коли вершкове масло є частиною рецепту та виділяються коротколанцюгові жирні кислоти, такі як масляна кислота. Цю проблему можна подолати за допомогою ліпаз, які, зокрема, не вивільняють коротколанцюгові жирні кислоти. По-друге, хоча хліб здебільшого складається з борошна, води, дріжджів і невеликої кількості солі та цукру, у різних частинах світу існує багато різних визначень торта. Функціональність їх інгредієнтів відрізняється залежно від рецепту. Більшість містить цукор, яйця, жири або олії та розпушувачі. Утворення клейковини більше не має вирішального значення для якості випічки. Натомість жир, цукор і яйця виступають як структурні компоненти. Окрім різноманітних функціональних інгредієнтів, також широкий спектр класів ліпідів із доданого жиру та яєць заважає прогнозуванню впливу ліпаз на якість тортів.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, СХЕМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили у навчально-науковій лабораторії «Оцінювання якості зерна та продуктів його перероблення» кафедри харчових технологій Уманського національного університету садівництва.

Тісто для кексу готували за такою рецептурою: борошно – 70 г, цукор – 50 г, маргарин – 50 г, яйця – 50 г, сіль – 0,2 г, розпушувач (сода харчова + фосфат натрію) – 2,5 г, цукор ванільний – 0,3 г. Спочатку готували тісто. До маргарину кімнатної температури добавляли сіль і цукор ванільний. Потім його збивали 5–7 хв у тістомісильній машині (Royalty Line RL-РKM1900.7, Німеччина) з обертами 60–65 за 1 хв. Після цього добавляли цукрову пудру і збивали ще 5–7 хв. Потім добавляли яйця і збивали 10 хв. Після цього добавляли борошно пшеничне вищого сорту і перемішували у міксері 3–5 хв. Температура випікання 180–185 °С.

У якості жирозамінника використовували маргарин, масло та спред з різним вмістом жиру. Крім цього, застосовували олію соняшникову та її суміші з маргарином і маслом.

Упікання хліба визначали за формулою

$$Y = \frac{m_1 - m_2}{100 \cdot m_1},$$

де Y – упікання хліба, %;

m_1 – маса тіста до випікання, г;

m_2 – маса гарячого хліба, г.

Усихання хліба визначали за формулою

$$Y = \frac{m_1 - m_2}{100 \cdot m_1},$$

де Y – усихання хліба, %;

m_1 – маса гарячого хліба, г;

m_2 – маса охолодженого хліба, г.

Питомий об'єм – за формулою

$$V_p = \frac{V}{m},$$

де V_p – питомий об'єм, см³/г;

V – об'єм, см³;

m – маса, г.

Об'єм кексу виражали у см³ до 100 г суміші борошна пшеничного та в см³ до 100 г тіста. Об'єм визначали різницею між об'ємом ємкості, наповненої дрібнонасінною культурою без кексу і з ним. Питомий об'єм визначали у см³/г кексу та см³/г тіста. Вологість кексу визначали термогравіметрично відповідно до ДСТУ 4505:2005. Зовнішній вигляд і консистенцію м'якушки кексу та сенсорні показники визначали відповідно до шкали (табл. 1).

Таблиця 1

Шкала оцінювання кексу з борошна тритикале і пшениці

Бал	9	7	5	3	1
Колір поверхні кексу	Від світло-коричневого до темно-коричневого. Колір нижньої кірочки може відрізнитися від кольору верхньої і бокової кірочки				
Поверхня	Поверхня не підгоріла. Поверхня кексів, виготовлених на хімічних розпушувачах, може бути з наявністю тріщин і розривів, які не змінюють товарного виду продукції. Зазначити опукла, рівна або увігнута.				
	Визначають для кексів без розпушувачів				
	без тріщин або наявність тріщин не псує зовнішнього вигляду	з одиничними тріщинами, ширина яких не більше 1,0 см	з тріщинами, ширина яких 1,0–2,0 см, що займають до 25 % поверхні	з тріщинами, ширина яких 1,0–2,0 см, що займають до 25–50 % поверхні	з тріщинами, ширина яких понад 2,0 см, що займають ≥51 % поверхні
Консистенція м'якушки	Визначають фактичну консистенцію. Вона може бути розсипчаста, з порами, без пор, пластична, м'яка, тверда, жорстка, соковита, суха, жирна, не жирна, липка, гумоподібна, еластична, нееластичний, мало еластичний, щільна, комкується сильно, слабо, не комкується				
	Колір м'якушки (зазначають фактичний)				

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Нині зростають вимоги на функціональні та корисні продукти харчування. Тому харчова промисловість зосередилася на виробництві традиційних продуктів харчування для оптимізації біологічної цінності зі збереженням або поліпшенням смаку продукту [1]. Хлібобулочні вироби – найбільш поширені продукти харчування у світі [2]. Серед цих продуктів кекс подобається споживачам завдяки його хорошим сенсорним властивостям, але через високий вміст цукру та жиру безперервне і тривале вживання викликає збільшення маси тіла та супутні проблеми із здоров'ям [3]. Одним із способів зниження енергетичної цінності кексу є застосування меншої кількості жиру.

У технології кексу з нижчою енергетичною цінністю зазвичай використовують плодоовочеву продукцію або продукти перероблення харчових виробництв. Зниження енергетичної цінності досягається завдяки зменшенню кількості тіста. Вибір добавок до різних хлібобулочних виробів залежить від їх властивостей та економічної ефективності. У технології кексів використовують жирозамінник, цукор і яйцепродукти. Модифікація й маніпулювання сировиною для підвищення якості та збільшення терміну зберігання харчових продуктів є потужним інструментом в умовах виробництва кондитерських виробів [4]. Тому було проведено низку досліджень у галузі заміни і модифікації кожного складника рецептури кексу з метою збагачення і поліпшення харчової цінності або виробництва функціональних продуктів для пацієнтів із специфічними захворюваннями.

Приклади включають заміну яєць ізолятом соєвого білка в рецептурах кексів з метою зниження рівня холестерину та алергенів [5], отримання нежирних тістечок заміною олії на інулін [4] і використання цукрозамінників у рецептурах низькокалорійних кексів [6]. Багато

досліджень було проведено з метою виробництва функціональних кексів частковою заміною пшеничного борошна в рецептурі борошном *Elaeagnus angustifolia* [7], насінням льону [8], борошном із сочевиці [9], борошном із сорго [10], а також сумішами кукурудзяного та рисового борошна [11].

Добавляння нетрадиційної сировини може змінювати технологічні властивості готового продукту. Так, зі зростанням частки порошку зизифусу в рецептурі бісквіту, об'єм тіста збільшувався, але твердість зменшувалася. Також результати показали, що збільшення кількості борошна *Elaeagnus angustifolia* в рецептурі кексу призвело до зменшення в'язкості тіста, жиру, рН тіста, об'єму, вмісту білка та збільшення вмісту клітковини без будь-якого негативного впливу на фізико-хімічні та сенсорні властивості кінцевого продукту. Це дослідження свідчить про те, що заміна пшеничного борошна борошном *Elaeagnus angustifolia*, як функціональної сировини під час приготування кексів, забезпечує оптимальну комбінацію для рецептури готового виробу [12]. Добрі результати забезпечує використання обойного борошна з пастою гарбузовою у технології кексів. Кулінарна якість їх дуже висока [13].

Абрикос (*Prunus armeniaca*) – джерело поживних речовин, є однією з найвідоміших культур у світі. Абрикосові кісточки є джерелом харчового білка, олії і клітковини, а також мають високу антиоксидантну та антимікробну активність [14]. Абрикосові кісточки зазвичай використовуються у виробництві олії, бензальдегідів, косметики, активованого вугілля, ароматизаторів, борошна. Борошно отримують подрібненням ядра абрикосових кісточок. Воно містить близько 48 % білка, переважно альбумінів, калій, магній, вітаміни групи В і токоферол. Олія абрикосового борошна багата поліненасиченими жирними кислотами, особливо олеїною та лінолевою [15].

Слід відзначити, що в проаналізованій літературі збагачення кексу функціональними складовими досягається завдяки добавлянню нетрадиційної сировини. Відсутні результати досліджень щодо зниження

вмісту жиру в кексі застосуванням жирозамінників з низькою енергетичною цінністю. Тому дослідження різних видів жирозамінників у технології кексів є актуальними.

Результати досліджень свідчать, що за використання у технології кексів маргарину з вмістом жиру 30–40 %, суміші маргарин (30 %) 50 % + олія 50 % і соняшникової олії консистенція тіста була рідкою (табл. 3.1). Застосування суміші масло (82 %) 50 % + олія 50 % забезпечувало формування тіста з напівкремоподібною консистенцією. Решта варіантів дослідів формували кремоподібну консистенцію тіста кексу. Фізико-хімічні показники якості кексу змінювались залежно від вмісту жиру в маргарині, маслі та спреду. Зі збільшенням вмісту жиру в таких продуктах маса кексу збільшувалась. Так, між масою кексу та упіканням встановлено обернений дуже високий кореляційний зв'язок ($r = -0,97$). Між масою кексу та усушкою цей зв'язок був оберненим високим ($r = -0,88$), а з вологістю готового виробу оберненим дуже високим ($r = -0,98$).

Таблиця 3.1

Фізико-хімічні показники якості кексу залежно від виду жирозамінника

Жирозамінник	Показник				
	Упікання, %	Усушка, %	Вологість, %	Маса кексу з 100 г тіста, г	Консистенція тіста
Маргарин, 30 %	16,8	4,1	20,9	79,1	рідка
Маргарин, 40 %	15,1	4,0	19,1	80,9	рідка
Маргарин (30 %) 50 % + олія 50 %	11,7	3,3	15,0	85,0	рідка
Маргарин, 82 %	11,3	2,0	13,3	86,7	кремоподібна
Масло, 73 %	12,9	2,7	15,6	84,4	кремоподібна
Масло, 82 %	11,8	2,1	13,9	86,1	кремоподібна
Масло (82 %) 50 % + олія 50 %	10,5	2,8	13,3	86,7	напівкремоподібна
Спред рослинно-вершковий, 72,5 %	14,2	2,9	17,1	82,9	кремоподібна
Спред, 73 %	13,3	3,0	16,3	83,7	кремоподібна
Олія соняшникова	10,9	0,6	11,5	88,5	рідка
<i>НІР₀₅</i>	<i>0,6</i>	<i>0,2</i>	<i>0,7</i>	<i>4,3</i>	—

Об'єм кексу істотно змінювався залежно від виду жирозамінника (табл. 3.2). Так, найбільший цей показник був за використання маргарину, 40 % – 207 см³, суміші масло (82 %) 50 % + олія 50 % – 218 і спреду рослинно-вершкового, 72,5 % – 222 см³. Питомий об'єм кексу змінювався подібно до його об'єму. Зі збільшенням об'єму показники питомого об'єму зростали. Відношення об'єму кексу до об'єму тіста змінювалось подібно до об'єму готового виробу. Найбільші значення отримано за використання маргарину, 40 %, суміші масло (82 %) 50 % + олія 50 % і спреду рослинно-вершкового, 72,5 % – 2,19–2,35.

Таблиця 3.2

Характеристика об'єму кексу залежно від виду жирозамінника

Жирозамінник	Показник			
	Об'єм, см ³ /100 г тіста	Питомий об'єм кексів, см ³ /г тіста	Питомий об'єм кексів, см ³ /г кексу	Відношення об'єму кексу до об'єму тіста
Маргарин, 30 %	155	1,55	1,96	1,64
Маргарин, 82 %	160	1,60	1,85	1,70
Маргарин (30 %) 50 % + олія 50 %	169	1,69	1,98	1,79
Маргарин, 40 %	207	2,07	2,56	2,19
Масло, 82 %	198	1,98	2,30	2,10
Масло, 73 %	208	2,08	2,46	2,20
Масло (82 %) 50 % + олія 50 %	218	2,18	2,51	2,31
Спред, 73 %	181	1,81	2,16	1,92
Спред рослинно-вершковий, 72,5 %	222	2,22	2,68	2,35
Олія соняшникова	198	1,98	2,24	2,10
<i>HIP₀₅</i>	<i>9</i>	<i>0,09</i>	<i>0,10</i>	<i>0,10</i>

Вид жирозамінника не впливав на колір поверхні кексу та колір його м'якушки (табл. 3.3). Увігнуту поверхню кексу отримано за використання суміші масло (82 %) 50 % + олія 50 %, спреду рослинно-вершкового, 72,5 % і олії соняшникової. Формування увігнутої поверхні кексу погіршує його зовнішній вигляд. Тому ці два види жирозамінника та олія

соняшникова непридатні для виробництва кексів. Решта досліджених видів жирозамінників за цим показником можна застосовувати у технології кексів.

Таблиця 3.3

Зовнішній вигляд кексу залежно від виду жирозамінника

Жирозамінник	Показник		
	Колір поверхні	Колір м'якуша	Поверхня
Маргарин, 30 %	коричневий	світло-жовтий	випукла
Маргарин (30 %) + олія 50 %	коричневий	світло-жовтий	випукла
Маргарин, 82 %	коричневий	світло-жовтий	випукла
Маргарин, 40 %	коричневий	світло-жовтий	випукла
Масло, 82 %	коричневий	світло-жовтий	випукла
Масло (82 %) + олія 50 %	коричневий	світло-жовтий	увігнута
Масло, 73 %	коричневий	світло-жовтий	випукла
Спред, 73 %	коричневий	світло-жовтий	випукла
Спред рослинно-вершковий, 72,5 %	коричневий	світло-жовтий	увігнута
Олія соняшникова	коричневий	світло-жовтий	увігнута

Запах і смак споживного оцінювання кексу не змінювався залежно від виду жирозамінника (табл. 3.4). Оцінка трьох експертів була високою – 9 бала. Пористість кексу змінювалась залежно від виду жирозамінника. Так, за умови застосування спреду рослинно-вершкового, 72,5 % безпориста частина м'якушки займала 26–50 % перерізу. За використання олії соняшникової безпориста частина м'якушки займала 51–75 % перерізу. За використання решти жирозамінників пористість відповідала 9 бала – дрібна товстостінна, рівномірна.

Таблиця 3.4

Кулінарна якість кексу залежно від виду жирозамінника, бал

Жирозамінник	Пористість	Запах споживний			Смак споживний		
		1	2	3	1	2	3
Маргарин, 30 %	9	9	9	9	9	9	9
Маргарин (30 %) 50 % + олія 50 %	9	9	9	9	9	9	9
Маргарин, 82 %	9	9	9	9	9	9	9
Маргарин, 40 %	9	9	9	9	9	9	9
Масло, 82 %	9	9	9	9	9	9	9
Масло (82 %) 50 % + олія 50 %	9	9	9	9	9	9	9
Масло, 73 %	9	9	9	9	9	9	9
Спред, 73 %	9	9	9	9	9	9	9
Спред рослинно-вершковий, 72,5 %	5	9	9	9	9	9	9
Олія соняшникова	3	9	9	9	9	9	9
<i>НІР₀₅</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>

Встановлено, що застосування спреду рослинно-вершкового, 72,5 % та олії соняшникової формувало розсипчасту, не еластичну, суху, з крупними порами, жирну консистенцію м'якушки кексу (табл. 3.5). Застосування решти видів жирозамінників забезпечували отримання готових виробів з еластичною, м'якою, соковитою, з порами, що не комкується м'якушкою.

Встановлено, що фізико-хімічні показники якості, об'єм і пористість кексу залежить від виду жирозамінника. Застосування маргарину, 40 %, масла, 82 % і масла, 73 % забезпечує формування кексу з об'ємом 198–208 см³, вологістю 13,9–19,1 % з випуклою поверхнею і найвищою кулінарною якістю – 9 бала. Застосування маргарину, 30 %, маргарину, 82 %, суміші маргарину (30 %) 50 % + олія 50 %, спреду, 73 % забезпечує отримання виробів з об'ємом 155–181 см³, вологістю 16,3–20,9 % з випуклою поверхнею, кулінарною якістю на рівні 9 бала з еластичною,

м'якою, соковитою, з порами, що не комкується м'якушкою. Застосування спреду рослинно-вершкового, 72,5 %, олії соняшникової і суміші масло (82 %) 50 % + олія 50 % забезпечує отримання кексу, що не відповідає вимогам нормативного документу.

Таблиця 3.5

Характеристика м'якуша кексу залежно від виду жирозамінника

Жирозамінник	Характеристика
Маргарин, 30 %	еластичний, м'який, соковитий, з порами, не комкується
Маргарин (30 %) 50 % + олія 50 %	еластичний, м'який, соковитий, з порами, не комкується
Маргарин, 82 %	еластичний, м'який, соковитий, з порами, не комкується
Маргарин, 40 %	еластичний, м'який, соковитий, з порами, не комкується
Масло, 82 %	еластичний, м'який, соковитий, з порами, не комкується
Масло (82 %) 50 % + олія 50 %	розсипчаста, не еластичний, сухий, з крупними порами, жирний
Масло, 73 %	еластичний, м'який, соковитий, з порами, не комкується
Спред, 73 %	еластичний, м'який, соковитий, з порами, не комкується
Спред рослинно-вершковий, 72,5 %	еластичний, м'який, соковитий, з порами, не комкується
Олія соняшникова	розсипчаста, не еластичний, сухий, з крупними порами, жирний

Слід відзначити, що за вологістю, його зовнішнім виглядом і консистенцією м'якушки готові вироби відповідали ДСТУ 4505:2005 «Кекси. Загальні технічні умови» та ISO 22000:2018, крім спреду рослинно-вершкового, 72,5 % та олії соняшникової. Очевидно якість кексу залежить від вмісту твердого за консистенцією жиру, що представлений насиченими жирними кислотами. Рідка рослинна олія слабше утримується тістом, що зумовлює формування жирної м'якушки кексу.

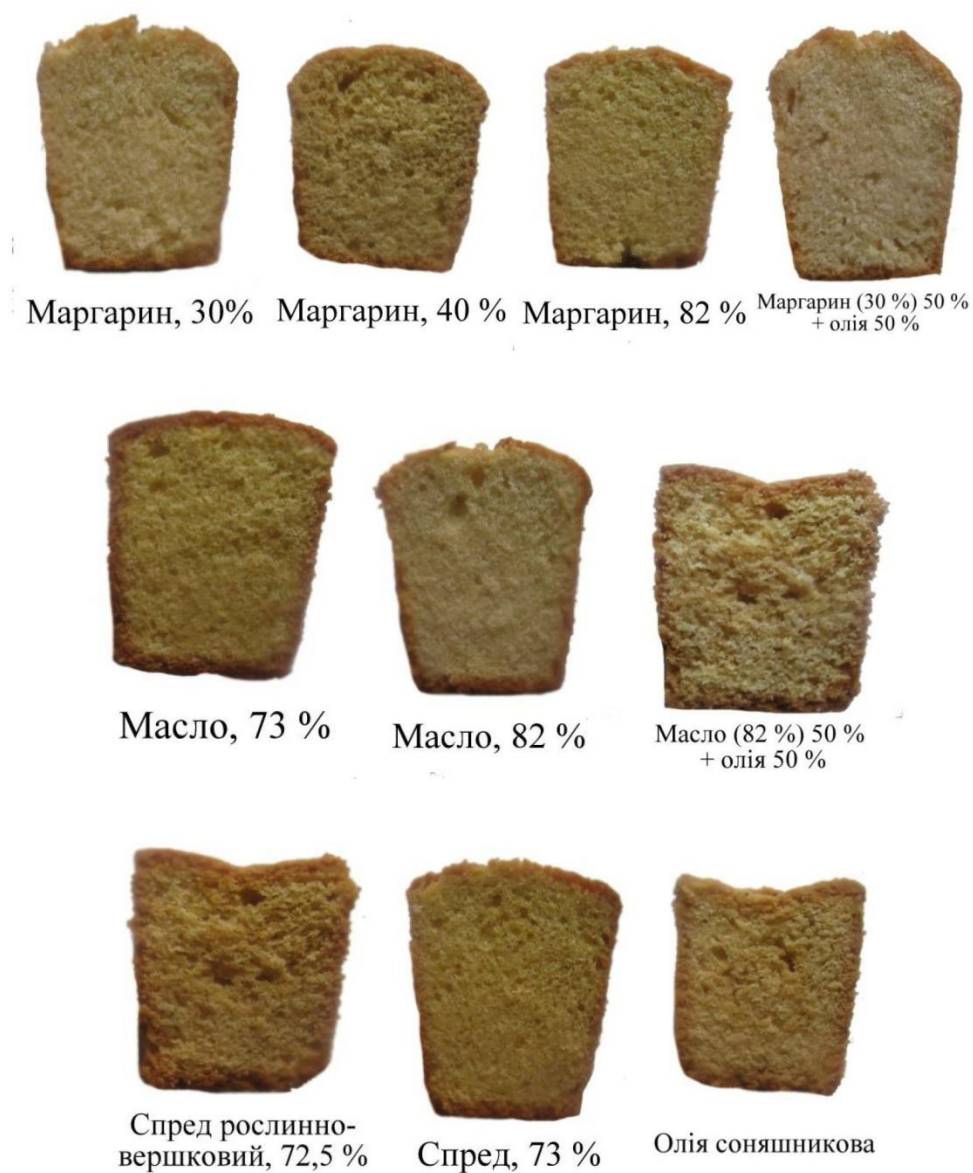


Рис. 1 Вигляд кексу в поперечному розрізі залежно від виду жирозамінника

Отже, в результаті проведених досліджень встановлено, що:

Результати досліджень свідчать, що за використання в технології кексів маргарину з вмістом жиру 30–40 %, суміші маргарин (30 %)

50 % + олія 50 % і соняшникової олії консистенція тіста була рідкою. Застосування суміші масло (82 %) 50 % + олія 50 % забезпечувало формування тіста з напівкремоподібною консистенцією. Решта варіантів дослідів формували кремоподібну консистенцію тіста кексу. Фізико-хімічні показники якості кексу змінювались залежно від вмісту жиру в маргарині, маслі та спреду. Зі збільшенням вмісту жиру в таких продуктах маса кексу збільшувалась.

Об'єм кексу істотно змінювався залежно від виду жирозамінника. Так, найбільший цей показник був за використання маргарину, 40 % – 207 см³, суміші масло (82 %) 50 % + олія 50 % – 218 і спреду рослинно-вершкового, 72,5 % – 222 см³.

Вид жирозамінника не впливав на колір поверхні кексу та колір його м'якушки. Увігнуту поверхню кексу отримано за використання суміші масло (82 %) 50 % + олія 50 %, спреду рослинно-вершкового, 72,5 % і олії соняшникової. Формування увігнутої поверхні кексу погіршує його зовнішній вигляд. Тому ці два види жирозамінника та олія соняшникова не підходить для виробництва кексів.

Запах і смак споживного оцінювання кексу не змінювався залежно від виду жирозамінника. Оцінка трьох експертів була високою – 9 бала. Пористість кексу змінювалась залежно від виду жирозамінника. Так, за умови застосування спреду рослинно-вершкового, 72,5 % безпориста частина м'якушки займала 26–50 % перерізу. За використання олії соняшникової безпориста частина м'якушки займала 51–75 % перерізу. За використання решти жирозамінників пористість відповідала 9 бала – дрібна товстостінна, рівномірна.

Застосування маргарину, 40 %, масла, 82 % і масла, 73 % забезпечує формування кексу з об'ємом 198–208 см³, вологістю 13,9–19,1 % з випуклою поверхнею та найвищою кулінарною якістю – 9 бала. Застосування маргарину, 30 %, маргарину, 82 %, суміші маргарину (30 %) 50 % + олія 50 %, спреду, 73 % забезпечує отримання виробів з об'ємом

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Технологічна схема виробництва кексів включає приготування тіста, формування, випікання, охолодження, пакування і зберігання.

Приготування тіста

Масло кімнатної температури збивають на тістомісильній машині спочатку при малій, а потім при великій частоті обертання протягом 5–7 хв. Додають цукор і продовжують збивати протягом 5–7 хв. Далі поступово додають меланж через дозатор і збивають 5–7 хв. Так само повільно додають розпушувач за допомогою дозатора, попередньо змішаний з борошном і замішують тісто. Загальна тривалість замішування тіста складає 25–35 хв.

Формування

Тісто через насос для перекачування потрапляє з відкатної діжі в дозатори, а звідти дозується в прямокутні форми, що рухаються транспортером, попередньо встелені папером, заповнюючи 1/3 форми.

Випікання

Далі по транспортеру надходять в тунельну піч і випікаються протягом 75–80 хв за температури 160–200°C. до вологості кексу 12–16%.

Охолодження

Готовий виріб охолоджується за температури 20–25°C протягом 4 год на вагонетках.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

Під час виробництва кексів необхідно дотримуватися вимог щодо безпеки, встановлених «Правилами безпеки для кондитерського виробництва». Умови виробництва продуктів повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6. 042–99. Вміст газів і пари шкідливих речовин не повинен перевищувати ГДК. Рівень шуму відповідати «Державним санітарним нормам виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» (ДСН 3.3.6. 037–99). Вібраційна безпека відповідати «Державним санітарним нормам виробничої загальної та локальної вібрації» (ДСН 3. 3. 6. 039-99).

Практика показує, що травма або навіть загибель працівника настає через недбалість, недотримання елементарних правил безпечної поведінки та норм техніки безпеки на робочому місці. До основних причин виникнення нещасних випадків на виробництві відносять:

- порушення трудової та виробничої дисципліни виконавцями робіт;
- неналежний стан контролю з боку посадових осіб підприємства;
- недотримання працівниками вимог інструкцій з охорони праці та техніки безпеки;
- допуск до роботи працівників без навчання та перевірки знань з питань охорони праці;
- відсутність або недосконалість системи управління охороною праці.

Успішне вирішення завдання попередження нещасних випадків, професійних захворювань та аварій повинно закладатись вже на етапі планування виробництва і забезпечуватись на всіх його стадіях. Для того, щоб гарантувати на виробництві виконання всіх робіт найбільш безпечним способом і позбавити працівників від небажаного ризику травм, пошкодження здоров'я чи майна, охорона праці використовує системний підхід й аналіз.

Безпека роботи працівників кондитерського виробництва можлива за

постійного оцінювання небезпечних ситуацій, яка добре подається в моделюванні небезпечних ситуацій. Під час роботи на кондитерському виробництві може виникнути виробнича небезпека (рис. 4.1).

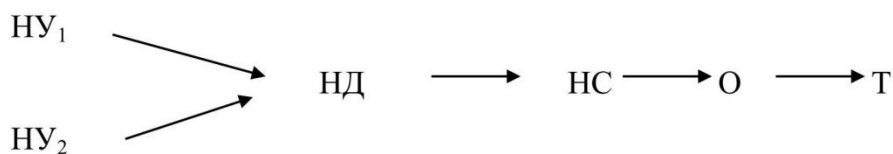


Рис. 4.1 Моделювання небезпечної ситуації під час виробництва
кексів в умовах виробництва

НУ1 – робота з електрообладнанням;

НУ2 – недотримання правил безпеки під час роботи з обладнанням;

НД – робота без захисних рукавиць;

НС – порушена цілісність електродротів;

О – ураження струмом;

Т – травма.

Отже, під час роботи на виробництві необхідно постійно дотримуватись правил безпеки. Необхідно відзначити, що контролювати виникнення небезпечних ситуацій важко, оскільки під час виробництва кексів використовують дуже велику кількість обладнання.

РОЗДІЛ 6

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

У роботі вивчали формування якості кексів залежно від виду жирозамінника, тому економічну ефективність розраховували за показниками витрати складових його рецептури.

Приймали оптові ціни за складові рецептури кексу – борошно вищого сорту – 13,5 грн/кг, сіль – 15,1 грн/кг, цукор – 22,1 грн/кг, ароматизатор – 2000 грн/кг, меланж – 36,7 грн/кг, розпушувач – 250 грн/кг. Вартість жирозамінників – маргарин, 30 % – 80 грн/кг, маргарин, 82 % – 142 грн/кг, маргарин (30 %) 50 % + олія 50 % – 78 грн/кг, маргарин, 40 % – 92 грн/кг, масло, 82 % – 450 грн/кг, масло, 73 % – 350 грн/кг, спред, 73 % – 220 грн/кг. Розрахунок проводили на діючій лінії виробництва кексів.

Результати економічної ефективності застосування борошна гарбузового наведено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Економічна ефективність виробництва 1 т кексів з різними жирозамінниками

Жирозамінник	Показник			
	Витрати на сировину, тис. грн/т	Валовий дохід від реалізації 1 т хліба, тис. грн	Чистий дохід, тис. грн	Рівень рентабельності, %
Маргарин, 30 %	46,6	145,0	98,4	111
Маргарин (30 %) 50 % + олія 50 %	46,1	140,0	93,9	104
Маргарин, 40 %	49,7	146,0	96,3	94
Маргарин, 82 %	62,7	150,0	87,3	39
Масло, 82 %	142,8	166,0	23,2	-84
Масло, 73 %	116,8	160,0	43,2	-63
Спред, 73 %	83,0	155,0	72,0	-13

Обраховано, що застосування в рецептурі кексів маргаринів, а також

суміші маргарину й олії було економічно доцільним, оскільки прибуток становив 87,3–98,4 тис. грн/т готового продукту. Застосування масла було збитковим, що зумовлено високою його ціною.

Отже, в технології кексів економічно доцільно застосовувати маргарин, 30 %, 40 %, 82 %, суміш маргарину (30 %) 50 % + олія 50 %.

ВИСНОВКИ

Результати досліджень свідчать, що за використання в технології кексів маргарину з вмістом жиру 30–40 %, суміші маргарин (30 %) 50 % + олія 50 % і соняшникової олії консистенція тіста була рідкою. Застосування суміші масло (82 %) 50 % + олія 50 % забезпечувало формування тіста з напівкремоподібною консистенцією. Решта варіантів дослідів формували кремоподібну консистенцію тіста кексу. Фізико-хімічні показники якості кексу змінювались залежно від вмісту жиру в маргарині, маслі та спреду. Зі збільшенням вмісту жиру в таких продуктах маса кексу збільшувалась.

Об'єм кексу істотно змінювався залежно від виду жирозамінника. Так, найбільший цей показник був за використання маргарину, 40 % – 207 см³, суміші масло (82 %) 50 % + олія 50 % – 218 і спреду рослинно-вершкового, 72,5 % – 222 см³.

Вид жирозамінника не впливав на колір поверхні кексу та колір його м'якушки. Увігнуту поверхню кексу отримано за використання суміші масло (82 %) 50 % + олія 50 %, спреду рослинно-вершкового, 72,5 % і олії соняшникової. Формування увігнутої поверхні кексу погіршує його зовнішній вигляд. Тому ці два види жирозамінника та олія соняшникова не підходить для виробництва кексів.

Запах і смак споживного оцінювання кексу не змінювався залежно від виду жирозамінника. Оцінка трьох експертів була високою – 9 бала. Пористість кексу змінювалась залежно від виду жирозамінника. Так, за умови застосування спреду рослинно-вершкового, 72,5 % безпориста частина м'якушки займала 26–50 % перерізу. За використання олії соняшникової безпориста частина м'якушки займала 51–75 % перерізу. За використання решти жирозамінників пористість відповідала 9 бала – дрібна товстостінна, рівномірна.

Застосування маргарину, 40 %, масла, 82 % і масла, 73 % забезпечує формування кексу з об'ємом 198–208 см³, вологістю 13,9–19,1 % з випуклою поверхнею та найвищою кулінарною якістю – 9 бала. Застосування маргарину, 30 %, маргарину, 82 %, суміші маргарину (30 %) 50 % + олія 50 %, спреду, 73 % забезпечує отримання виробів з об'ємом 155–181 см³, вологістю 16,3–20,9 % з випуклою поверхнею, кулінарною якістю на рівні 9 бала з еластичною, м'якою, соковитою, з порами, що не комкується м'якушкою. Застосування спреду рослинно-вершкового, 72,5 %, олії соняшникової і суміші масло (82 %) 50 % + олія 50 % забезпечує отримання кексу, що не відповідає вимогам нормативного документу.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

У технології кексів необхідно застосовувати маргарин, 30 %, 40 %, 82 %, суміш маргарину (30 %) 50 % + олія 50 %. Застосування таких жирозамінників забезпечує формування кексу з об'ємом 198–208 см³, вологістю 13,9–19,1 % з випуклою поверхнею та найвищою кулінарною якістю – 9 бала.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. J. Lim, S. Jeong, J. Lee, S. Park, J. Lee, S. Lee, Effect of shortening replacement with oleogels on the rheological and tomographic characteristics of aerated baked goods. *J. Sci. Food Agric.* 97(11), 3727–3732 (2017).
2. G.M. de Oliveira, M.A. Stahl, A.P.B. Ribeiro, R. Grimaldi, L.P. Cardoso, T.G. Kieckbusch, Development of zero trans/low sat fat systems structured with sorbitan monostearate and fully hydrogenated canola oil. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 117(11), 1762–1771 (2015).
3. Z. Saghafi, B. Nikooyeh, A. Jamali, M. Mehdizadeh, A. Zargaraan, Influence of time and temperature on stability of added vitamin D3 during cooking procedure of fortified vegetable oils. *Nutr. Food Sci. Res.* 5(4), 43–48 (2018).
4. E. Zoulias, V. Oreopoulou, C. Tzia, Effect of fat mimetics on physical, textural and sensory properties of cookies. *Int. J. Food Prop.* 3(3), 385–397 (2000).
5. L.L. Darweesh, R. Toma, H.C. Lee, T. Weiss, Chemical and sensory evaluation of lipid blends used in pie crusts. *Food Chem.* 39(1), 87–98 (1991).
6. V. Dhaka, N. Gulia, K.S. Ahlawat, B.S. Khatkar, Trans fats—sources, health risks and alternative approach—a review. *J. Food Sci. Technol.* 48(5), 534–541 (2011).
7. F.C. Wang, A.J. Gravelle, A.I. Blake, A.G. Marangoni, Novel trans fat replacement strategies. *Curr. Opin. Food Sci.* 7, 27–34 (2016).
8. H. Zhong, K. Allen, S. Martini, Effect of lipid physical characteristics on the quality of baked products. *Food Res. Int.* 55, 239–246 (2014).
9. J. Zhou, J.M. Faubion, C.E. Walker, Evaluation of different types of fats for use in high-ratio layer cakes. *LWT Food Sci. Technol.* 44(8), 1802–1808 (2011).
10. A. Zargaraan, R. Dinarvand, H. Hosseini, Nutritional traffic light labeling and taxation on unhealthy food products in Iran: health policies to

prevent non-communicable diseases. Iran. Red Crescent Med. J. (2017). <https://doi.org/10.5812/ircmj.57874>.

11. G.R. List, T. Pelloso, Zero/low trans margarine, spreads, and shortening, in *Trans Fats in Foods*, eds. by G.R. List, D. Kritchevsky, N. Ratnayake (AOCS Press, Urbana, 2007).

12. B. Leelawat, P. Munde, Effect of trans-fat free shortening and temperature on the rheological characteristics of pie crust dough and quality of pie crust. *Food Process. Eng.* (2014). <https://doi.org/10.14456/fabj.2014.9>.

13. O. Daglioglu, M. Tasan, U. Gesgel, F. Daglioglu, Changes in oxidative stability of selected bakery products during shelf life. *Food Sci. Technol. Res.* 10(4), 464–468 (2007).

14. S. Rønholt, J.J.K. Kirkensgaard, K.F. Høyer, K. Mortensen, J.C. Knudsen, The effect of capacity, rotational speed and storage on crystallization and rheological properties of puff pastry butter. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 91(1), 29–38 (2014).

15. N. Grigelmo-Miguel, E. Carreras-Boladeras, O. Martín-Belloso, Influence of the addition of peach dietary fiber in composition, physical properties and acceptability of reduced-fat muffins. *Food Sci. Technol. Int.* 7(5), 425–431 (2001).

16. H.Y.L. Kim, H.W. Yeom, H.S. Lim, S.-T. Lim, Replacement of shortening in yellow layer cakes by corn dextrins. *Cereal Chem.* 78, 267–271 (2001).

17. H.A. Khouryieh, F.M. Aramouni, T.J. Herald, Physical and sensory characteristics of no-sugar-added/low-fat muffin. *J. Food Qual.* 28(5–6), 439–451 (2005).

18. I.S. Dogan, I. Javidipour, T. Akan, Effects of interesterified palm and cottonseed oil blends on cake quality. *Int. J. Food Sci. Technol.* 42(2), 157–164 (2007).

19. J. deMan, L. deMan, Palm oil as a component for high quality margarine and shortening formulations. *Malays. Oil Sci. Technol.* 4, 56–60 (1995).
20. R.A. Latip, Y.-Y. Lee, T.-K. Tang, E.-T. Phuah, C.-P. Tan, O.-M. Lai, Physicochemical properties and crystallisation behaviour of bakery shortening produced from stearin fraction of palm-based diacylglycerol blended with various vegetable oils. *Food Chem.* 141(4), 3938–3946 (2013).
21. T. Jeyarani, M.I. Khan, S. Khatoon, Trans-free plastic shortenings from coconut stearin and palm stearin blends. *Food Chem.* 114(1), 270–275 (2009).
22. W. Jirasubkunakorn, A. Bell, M. Gordon, K. Smith, Effects of variation in the palm stearin:palm olein ratio on the crystallisation of a low-trans shortening. *Food Chem.* 103(2), 477–485 (2007).
23. S.Y. Reddy, T. Jeyarani, Trans-free bakery shortenings from mango kernel and mahua fats by fractionation and blending. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 78(6), 635–640 (2001).
24. A.P.B. Ribeiro, R. Grimaldi, L.A. Gioielli, L.A. Gonçalves, Zero trans fats from soybean oil and fully hydrogenated soybean oil: physico-chemical properties and food applications. *Food Res. Int.* 42(3), 401–410 (2009).
25. Z. Saghafi, M.H. Naeli, M. Tabibiazar, A. Zargaraan, Zero-trans cake shortening: formulation and characterization of physicochemical, rheological, and textural properties. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 95(2), 171–183 (2018).
26. A. Zargaraan, Z. Saghafi, M. Hasandokht Firouz, G. Fadavi, S. Ghorbani Gorji, M.A. Mohammadifar, Effect of rheological properties on sensory acceptance of two-model dysphagia-oriented food products. *J. Texture Stud.* 46(3), 219–226 (2015).
27. M. Jekle, T. Becker, Dough microstructure: novel analysis by quantification using confocal laser scanning microscopy. *Food Res. Int.* 44(4), 984–991 (2011).

28. N. Hesso, C. Garnier, C. Loisel, S. Chevallier, B. Bouchet, A. Le-Bail, Formulation effect study on batter and cake microstructure: correlation with rheology and texture. *Food Struct.* 5, 31–41 (2015).
29. A. Aydogdu, G. Sumnu, S. Sahin, Effects of addition of different fibers on rheological characteristics of cake batter and quality of cakes. *J. Food Sci. Technol.* 55(2), 667–677 (2018).
30. M. Gómez, F. Ronda, P.A. Caballero, C.A. Blanco, C.M. Rosell, Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocoll.* 21(2), 167–173 (2007).
31. A.M. Frye, C.S. Setser, Optimizing texture of reduced-calorie yellow layer cakes. *Cereal Chem.* 69, 338–343 (1992).
32. A.R. Patel, P.S. Rajarethinem, A. Gredowska, O. Turhan, A. Lesaffer, W.H. De Vos, D. Van de Walle, K. Dewettinck, Edible applications of shellac oleogels: spreads, chocolate paste and cakes. *Food Funct.* 5(4), 645–652 (2014).
33. E. Wilderjans, A. Luyts, K. Brijs, J.A. Delcour, Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends Food Sci. Technol.* 30(1), 6–15 (2013).
34. A. Zargaraan, Y. Omaræe, R. Rastmanesh, N. Taheri, G. Fadavi, F. Zaeri, M.A. Mohammadifar, Rheological and clustering approach to classify Iranian soft/liquid food products to meet dysphagia diet requirements. *Ital. J. Food Sci.* 26(3), 243 (2014).
35. S.M. Lee, J. Yoo, G.E. Inglett, S. Lee, Particle size fractionation of high-amylose rice (Goami 2) flour as an oil barrier in a batter-coated fried system. *Food Bioprocess. Technol.* 6, 1–8 (2013).
36. J. Rodríguez-García, A. Salvador, I. Hernando, Replacing fat and sugar with inulin in cakes: bubble size distribution, physical and sensory properties. *Food Bioprocess. Technol.* 7(4), 964–974 (2014).
37. O. Sakiyan, G. Sumnu, S. Sahin, G. Bayram, Influence of fat content and emulsifier type on the rheological properties of cake batter. *Eur. Food Res. Technol.* 219(6), 635–638 (2004).

38. S.S. Sahi, J.M. Alava, Functionality of emulsifiers in sponge cake production. *J. Sci. Food Agric.* 83(14), 1419–1492 (2003).
39. M. Sowmya, T. Jeyarani, R. Jyotsna, D. Indrani, Effect of replacement of fat with sesame oil and additives on rheological, microstructural, quality characteristics and fatty acid profile of cakes. *Food Hydrocoll.* 23(7), 1827–1836 (2009).
40. R. Kumari, T. Jeyarani, C. Soumya, D. Indrani, Use of vegetable oils, emulsifiers and hydrocolloids on rheological, fatty acid profile and quality characteristics of pound cake. *J. Texture Stud.* 42(5), 377–386 (2011).
41. V. Psimouli, V. Oreopoulou, The effect of alternative sweeteners on batter rheology and cake properties. *J. Sci. Food Agric.* 92(1), 99–105 (2012).
42. K. Shelke, J. Faubion, R. Hoseney, The dynamics of cake baking as studied by a combination of viscometry and electrical resistance oven heating. *Cereal Chem.* 67(6), 575–580 (1990).
43. K. Ghiasi, R. Hoseney, E. Varriano-Marston, Effects of flour components and dough ingredients on starch gelatinization. *Cereal Chem.* 60(1), 58–61 (1983).
44. S. Dinç, I. Javidipour, Ö.Ö. Özbas, A. Tekin, Utilization of zero-trans non-interesterified and interesterified shortenings in cookie production. *J. Food Sci. Technol.* 51(2), 365–370 (2014).
45. Поперечний А. М., Потапов В. О., Корнійчук В. Г. *Моделювання процесів та обладнання харчових виробництв*. Київ: Центр учбової літератури, 2012. 312 с.