

Оцінювання технологічних властивостей горіхових шротів та їх впливу на якість емульсії для здобного печива з рідкими оліями

О. Г. Шидакова-Каменюка, Г. В. Новік, Є. В. Жуков, Ю. А. Мацук,
Г. В. Запаренко, П. В. Бабіч, С. Г. Олійник

Досліджено технологічні властивості шроту кедрового горіху (ШКГ) та шроту волоського горіху (ШВГ). Встановлено, що горіхові шроти є високодисперсними порошками з більшим ступенем дисперсності ніж борошно пшеничне. Розмір до 40 мкм мають 69 % часток ШКГ, 72 % ШВГ і лише 35 % борошна.

У порівнянні з борошном пшеничним за впливу температур 20...60 °С горіхові шроти характеризуються кращою водоутримувальною здатністю. За впливу температури 90 °С шроти та борошно мають близькі значення водоутримувальної здатності. Відмічено, що горіхові шроти краще емульгують рідку олію, ніж тверді жири, що традиційно використовуються в технології здобного печива (маргарин та вершкове масло). Показано, що шротам притаманна висока жирутримувальна здатність (ЖУЗ) по відношенню до рідкої рослинної олії. Відмічено, що значення ЖУЗ для горіхових шротів в інтервалі температур 20...60 °С підвищується в 1,9 рази, в інтервалі 60...80 °С ЖУЗ дослідних зразків майже не змінюється, а за впливу температур 100...140 °С починає зменшуватися.

Досліджено якість емульсії для здобного печива у разі заміни 30 % маргарину на рідку рослинну олію з додаванням різної кількості горіхових шротів. Встановлено, що стійкість емульсії з заміною 30 % маргарину рідкою рослинною олією на 37,5 % менше порівняно з контролем на маргариновій основі. Внесення ШКГ та ШВГ сприяє покращенню стабільності такої емульсії. Відмічено, що зразки емульсії з додаванням 40 % та 50 % ШКГ та ШВГ за значенням показнику стабільності максимально наближені до контрольного, жиромасловою основою для якого був маргарин. Це підтверджено результатами дослідження дисперсності, ефективної в'язкості емульсії та результатами мікроскопіювання.

Отримані результати мають практичне значення для удосконалення технології здобного печива в напрямку часткової заміни маргарину рідкими оліями. Це дозволить покращити харчову та біологічну цінність здобного печива

Ключові слова: шрот, волоський горіх, кедровий горіх, водоутримувальна здатність, жирутримувальна здатність, жироемульгувальна здатність, здобне печиво

1. Вступ

Значний сегмент світового кондитерського ринку займають борошняні вироби. Зокрема, згідно статистичним даним, за 2013–2017 рр. обсяг продаж хлі-

бобулочних та борошняних кондитерських виробів в світі виріс на 3,9 % [1]. Найбільшу питому вагу у виробництві зазначеної продукції (близько 45 %) має печиво [2], в тому числі здобне. Однак особливістю хімічного складу здобного печива є низький вміст життєво важливих нутрієнтів (білків, харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин та ін.). Це зумовлене застосуванням в його технологіях переважно рафінованої сировини (модифіковані жири, цукор, пшеничне борошно вищого сорту тощо).

Одним з основних сировинних компонентів здобного печива (до 35 %) є жири – вершкове масло, тверді рослинні олії натуральні (пальмова, кокосова та ін.), модифіковані стверділі рослинні олії (маргарини, кондитерські, кулінарні жири, спреди та ін.). Жирова сировина має бути твердої консистенції. Такі жири характеризуються пластичністю та здатністю кристалізуватися в дрібнокристалічну форму. Саме жирові кристали значною мірою відповідають за стабілізацію структури збитої емульсії [3]. Зокрема жирові кристали під час емульгування утримуються на бульбашках повітря за рахунок капілярних сил [4, 5]. Це забезпечує формування пористої і розсипчастої структури готових виробів та їх відповідну якість [6].

Використання вершкового масла в технології здобного печива є обмеженим внаслідок його високої вартості та низької мікробіологічної стабільності. Перевага під час виготовлення зазначеної продукції віддається стверділим рослинним оліям, які набули твердої консистенції в результаті певних модифікацій – гідрування, переетерифікування та ін. Однак такі жири характеризуються низькою біологічною цінністю, високим вмістом насичених жирних кислот (ЖК) та наявністю транс-ізомерів ЖК, що здатні негативно впливати на організм людини [7, 8].

У зв'язку з цим актуальним є пошук можливостей повної або часткової заміни гідрованих і переетерифікованих жирів в технологіях здобного печива на більш біологічно цінні (завдяки наявності значної кількості поліненасичених жирних кислот, жиророзчинних вітамінів, відсутності транс-ізомерів ЖК) та дешеві рідкі рослинні олії. Однак використання рідких рослинних олій в технології здобного печива обмежене у зв'язку з виникненням певних технологічних проблем.

По-перше, жири у технології здобного печива мають використовуватися у вигляді тонкодиспергованих емульсій. Це сприяє кращому розподіленню жирових часток у вигляді тонких плівок між часточками борошна, що запобігає набряканню колоїдів борошна. Як наслідок зв'язок між компонентами твердої фази тіста послаблюється, тісто набуває пластичних властивостей. Чим менше товщина жирових плівок тим більш розсипчасту структуру матиме готове печиво [9]. Рідкі олії погано емульгують, тому емульсії, утворені на їх основі, порівняно з емульсіями на твердих жирах характеризуються меншою стійкістю. Це зумовлює і погіршення якості випеченого печива. По-друге, рідкі олії легко відокремлюються від тіста під час випікання та погано утримують пухирці газу, виділеного під час розпаду розпушувачів. Як наслідок знижується пористість й погіршуються органолептичні властивості готових виробів. По-третє, вони погано утримуються печивом в процесі зберігання. В результаті має місце мігра-

ція жиру у пакувальні матеріали і погіршення товарного вигляду та смакових характеристик продукції [9].

З метою забезпечення необхідних структурно-механічних властивостей тіста та високих якісних показників готового печива з використанням рідких олій необхідно додаткове застосування стабілізуючих добавок, які одночасно повинні володіти високими жироемульгувальними, жирутримувальними та вологоутримувальними властивостями [9]. В якості таких добавок використовують високомолекулярні сполуки (білки, крохмалі, камеді, харчові волокна тощо) або натуральну сировину, до складу якої входять зазначені речовини. У зв'язку з цим актуальними є дослідження, спрямовані на пошук натуральних сировинних компонентів, що здатні чинити стабілізуючий вплив на емульсії для печива з рідкими оліями.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

З метою стабілізації емульсійних систем для печива на рідких оліях перспективним є використання добавок рослинного походження. Їх перевагою є наявність у складі комплексу корисних для організму людини нутрієнтів (вітамінів, мінеральних речовин, фенольних сполук та ін.) в найбільш доступній і засвоюваній формі.

Запропоновано в технології цукрового печива замінити 13,5 % маргарину на гарбузову олію, або 20 % – на обліпихову [10]. В якості стабілізуючої добавки в технології печива з гарбузовою олією використано порошки з сушених яблук (6,3 % маси готового печива), з листя малини (1,2 %) та з листя календули лікарської (0,3 %). Під час виготовлення печива з обліпиховою олією автори пропонують додатково вносити порошки з сушених абрикосів (4,9 %) та з медуни лікарської (0,3 %). Використання гарбузової та обліпихової олій дозволяє підвищити вміст у печиві поліненасичених жирних кислот (у 2,5 та 3,3 рази відповідно), а внесення рослинних порошоків з фруктової та лікарської сировини – збагатити вироби пектиновими речовинами, харчовими волокнами, мінеральними речовинами та вітамінами.

Внесення обліпихового шроту у кількості 7 % до маси борошна дозволяє замінити 20 % жиру в технології пісочного печива на лляну олію [11]. При цьому відмічається не тільки збагачення печива корисними нутрієнтами, а й має місце покращення органолептичних та структурно-механічних властивостей виробів – колір набуває золотистого забарвлення, збільшується розсипчастість, покращується здатність печива до намокання, знижується його щільність.

У роботі [12] запропонована повна заміна маргарину у пісочному печиві на соняшникову рафіновану дезодоровану олію. Однак зазначена технологія передбачає суттєві зміни рецептурного складу – пшеничне борошно повністю замінюється на кукурудзяне, якому притаманні високі жирутримувальні властивості [13]. Також рецептурні складові з високою вологістю (молоко незбиране згущене з цукром, яйця курячі, мед) замінюються на сухі порошокоподібні компоненти (молоко сухе знежирене, яєчний порошок, глюкоза). Крім того додатково в рецептуру вносяться (1 % до маси борошна) цитрусові харчові волокна Herbacel AQ Plus – тип N [14]. Також значно ускладнюється технологічний

процес – приготування тіста здійснюється шляхом заварювання гарячою (90...100 °С) водою суміші сухих рецептурних компонентів з соняшниковою олією з наступним внесенням хімічних розпушувачів та ароматизаторів. Перевагою зазначеної технології є отримання продукту для безглютенового харчування. Однак порівняно зі зразком на маргарині в процесі зберігання спостерігається незначна міграція жиру у пакувальні матеріали.

Розроблено [15] технологію пісочного здобного печива з заміною 29 % маргарину рідкою олією з додаванням 2,1 % до маси олії суміші натуральних рослинних добавок стабілізуючої дії (ксантанової та гуарової камеді, пшеничної клітковини та соєвого білкового ізоляту). Печиво, виготовлене за такою технологією, характеризується стабільністю якісних показників в процесі зберігання – ступінь міграції жиру у пакувальні матеріали майже така сама, як у контрольному зразку.

Досліджена можливість заміни 60 % жирової складової в технології пісочного тіста кукурудзяною олією [16]. Така висока концентрація рідкої олії стає можливою завдяки двом факторам. Як стабілізатор використано порошок коріння алтею (2,3 % до маси борошна). Також з'являється додаткова операція попереднього оброблення кукурудзяної олії у спеціальному апараті у вихровому шарі феромагнітних часток.

Таким чином, стабілізування емульсійних систем для печива з додаванням рідких олій здійснюється як за рахунок використання речовин-стабілізаторів, так і за рахунок застосування нетрадиційних технологічних прийомів. Але, останній спосіб передбачає зміни апаратурного оформлення технології, що є економічно недоцільним. Більш перспективним є використання додаткової натуральної сировини, до складу якої входять стабілізуючі речовини та корисних для організму людини біологічно-активні компоненти.

Стабілізуючий ефект на емульсійні системи чинять білкові речовини, розчинні (зокрема пектини) та нерозчинні (наприклад, целюлози) харчові волокна, фосфоліпіди, лецитин та ін. Тобто, можна припустити, що сировина, яка містить зазначені сполуки, матиме позитивний вплив на властивості емульсій для здобного печива та, як наслідок, на структурно-механічні властивості готового виробу.

Рекомендовано внесення до рецептури печива рецептурних компонентів, що містять такі речовини. Зокрема пропонується використання кріопорошків з виноградних вичавків (5 % до маси борошна) [17] та порошку з виноградних кісточок (15 % від маси борошна) [18]. Є пропозиції із застосування яблучного пектину (8 % від маси борошна) [19] або клітковини з насіння гарбуза з ананасом (20 % від маси борошна) [20]. Розглянуто можливість внесення гарбузового пюре (25 % від маси цукру), порошку топінамбура (6 % до маси сухих речовин готового продукту) [21], мікробних полісахаридів [22].

Це сприяє покращенню структури та консистенції готових виробів, що може бути передумовою розробки технологій печива з їх використанням із заміною частини жирового компоненту на рідку олію.

Значна кількість речовин з високими функціонально-технологічними властивостями входить до складу продуктів переробки горіхів, а саме шроту кедро-

вого горіху (ШКГ) та шроту волоського горіху (ШВГ). Зокрема, зазначені продукти характеризуються високим вмістом високомолекулярних сполук [23, 24] табл. 1.

Таблиця 1
Вміст біополімерів у ШКГ та ШВГ

Речовина	Вміст, %	
	ШКГ	ШВГ
Білки:	38,59	33,63
у т.ч. альбуміни	2,86	1,17
глобуліни	10,91	2,74
проламіни	8,27	4,78
глютенін	16,55	24,94
Крохмаль	15,84	15,45
у т.ч. амілоза	11,76	1,03
амилопектин	4,08	14,42
Харчові волокна	18,79	10,99
у т.ч. геміцелюлози	12,65	5,16
целюлоза	0,90	1,85
лігнін	0,04	0,025
пектинові речовини	5,2	3,95

Також горіхові шроти характеризуються високим вмістом фізіологічно-корисних нутрієнтів – поліненасичених жирних кислот, мінеральних речовин (заліза, кремнію, калію, марганцю, міді, цинку та ін.) та деяких фенольних сполук [22]. Це сприятиме покращенню біологічної цінності харчової продукції з їх використанням.

Особливості хімічного складу продуктів переробки горіхів зумовлюють проявлення ними відмінних стабілізуючих властивостей в емульсійних системах – в технології морозива [25], соусів та майонезів [26], сиркових продуктів [27] та м'ясних напівфабрикатів [28].

Аналіз інформаційних джерел за останні 10 років свідчить, що дослідження можливості стабілізації емульсійних систем для печива з рідкими оліями за рахунок горіхових шротів не проводилися. Невирішеним залишається питання вивчення функціонально-технологічних (водоутримувальних, жирутримувальних та жироемульгувальних) властивостей шротів кедрового та волоського горіхів. Відсутні системні уявлення щодо впливу горіхових шротів на якість емульсій для здобного печива з додаванням рідких олій. Зазначене є передумовою проведення досліджень у цих напрямках.

3. Мета та задачі досліджень

Метою досліджень є оцінювання технологічних властивостей горіхових шротів (ШКГ та ШВГ) та перспективності їх використання для стабілізації емульсії для здобного печива з додаванням рідких олій.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання:

– вивчити функціонально-технологічні властивості ШКГ та ШВГ (дисперсність, водоутримувальну, жирутримувальну та жироемульгувальну здатність);

– дослідити ШКГ та ШВГ на властивості емульсії для печива з рідкими оліями (дисперсність, стабільність, в'язкість).

4. Матеріали та методи досліджень функціонально-технологічних властивостей горіхових шротів та якості емульсії для здобного печива з рідкими оліями

В якості матеріалів досліджень використані: борошно пшеничне вищого сорту; ШКГ та ШВГ (виробник – ПП «НВФ «Еліт фіто») та зразки емульсій для здобного печива. Контрольними були зразки емульсій на маргарині (рец. № 160, «Рецептуры на печенье галеты и вафли») (контроль № 1) та із заміною 30 % маргарину рідкою олією (контроль № 2). Дослідними – емульсії для здобного печива із заміною 30 % маргарину на рідку олію та з додаванням ШКГ або ШВГ (20, 40, 50 % від маси емульсії). В якості рідкої олії використано олію соняшникову рафіновану дезодоровану.

Гранулометричний склад борошна та горіхових шротів визначали мікроскопіюванням за збільшення $\times 120$ разів.

Водоутримувальну здатність (ВУЗ) зразків визначали шляхом центрифугування суспензії зразку з водою (1:5) за відношенням різниці між використаною кількістю води та масою отриманого фугату до маси наважки [29]. Жирутримувальну здатність (ЖУЗ) оцінювали за кількістю жиру, що утримався зразком після настоювання і центрифугування [29]. Жироемульгувальну здатність (ЖЕЗ) встановлювали за відношенням об'єму заемульгованого шару до загального об'єму системи після центрифугування впродовж 5 хв за швидкості 2000 об/хв [29].

Дисперсність емульсій визначали за збільшення $\times 400$ разів на мікроскопі Bresser Biolux LCD 50x-2000x за розподілом жирових кульок (в %) за розміром. Стійкість емульсій визначали за [30], ефективну (динамічну) в'язкість емульсій – за допомогою ротаційного віскозиметру Brookfield DV-II+PRO у автономному режимі у діапазоні швидкості обертів шпинделя 0,3...100 об/хв.

Статистичну обробку результатів експериментальних досліджень здійснювали за допомогою стандартних пакетів програм Microsoft Office для серії паралельних вимірів ($n=4-5$, $p<0,05$).

5. Результати досліджень функціонально-технологічних властивостей горіхових шротів та їх впливу на якість емульсії для здобного печива з рідкими оліями

5.1. Результати дослідження функціонально-технологічних властивостей горіхових шротів

Функціонально-технологічні властивості порошкоподібної сировини значною мірою залежать від ступеню її подрібнення [31]. Тому вважали за доцільне

провести оцінювання гранулометричного складу ШКГ та ШВГ у порівнянні з борошном пшеничним вищого сорту (табл. 2).

Таблиця 2

Гранулометричний склад ШКГ та ШВГ порівняно з борошном пшеничним вищого сорту ($n=4, p=0,04$)

Зразок	Гранулометричний склад добавок (у %), мкм					
	10...20	20...40	40...60	60...80	80...100	100...160
Борошно	5	30	43	10	8	4
ШКГ	14	55	14	10	7	-
ШВГ	12	60	15	8	5	-

Експериментальні дані свідчать, що дослідні добавки представляють високодисперсні порошки із близьким гранулометричним складом. Так, розмір до 40 мкм мають 69 % ШКГ, 72 % ШВГ і лише 35 % борошна. Максимальний розмір часток ШКГ і ШВГ не перевищує 100 мкм, тоді як у пшеничному борошні є частки з розміром до 160 мкм.

Основними функціонально-технологічними властивостями, які дозволяють оцінити вплив добавок на структурно-механічні властивості емульсій для здобного печива, є водоутримувальна, жирутримувальна та жироемульгувальна здатності.

Водоутримувальна здатність (ВУЗ) характеризує гідрофільні властивості добавок і відображає інтенсивність міжмолекулярної взаємодії води і поверхні їх частинок. ВУЗ залежить від виду полімерів, які входять до складу добавок, розміру, щільності, стану поверхні їх частинок. Зважаючи на те, що основним вологоутримувальним компонентом в рецептурі здобного печива є борошно, здійснювали оцінку ВУЗ добавок у порівнянні з пшеничним борошном вищого сорту. Дослідження ВУЗ зразків проводили за умов впливу різних температур (від 20 до 90 °С), що зумовлене наявністю стадії випікання в технології печива. Середні значення результатів вимірювання представлено на рис. 1, відносна похибка не перевищувала 3,2 % (для $n=4$).

В ході експериментальних досліджень встановлено, що досліджувані добавки порівняно з борошном пшеничним вищого сорту характеризуються більш високими водоутримувальними властивостями. Зокрема, за температури 20 °С ШКГ перевищує борошно за показником ВУЗ в 3,2 рази, а ШВГ – в 3,9 рази. У разі підвищення температури до 90 °С більш виражена тенденція до зростання значення ВУЗ спостерігається у пшеничного борошна – в 5,6 рази, тоді як для ШКГ це підвищення становить 1,6 рази, а для ШВГ – 1,4 рази. Відмічається, що для ШВГ залежність ВУЗ від температури носить нелінійний характер і дещо знижується в інтервалі температур 45...60 °С.

Жироемульгувальну здатність дослідних добавок оцінювали за відношенням до різних видів жирів: рідкої олії, маргарину та вершкового масла. Середні дані результатів досліджень представлено на рис. 2, відносна похибка вимірювань не перевищувала 3,5 % (для $n=5$).

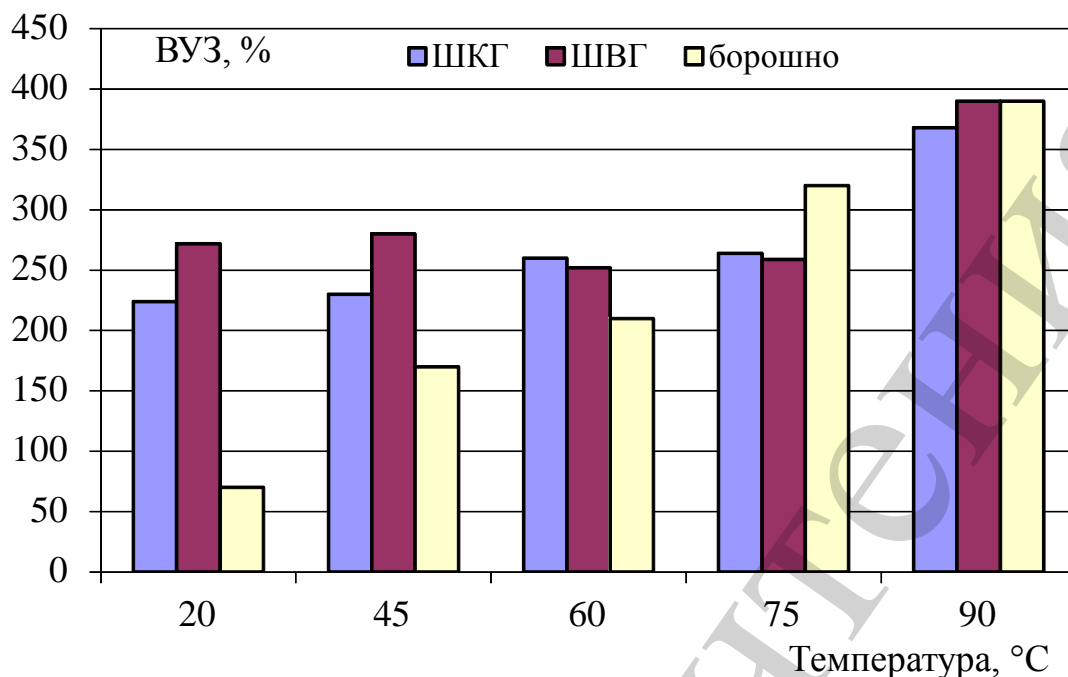


Рис. 1. Водоутримувальна здатність горіхових шротів за різної температури

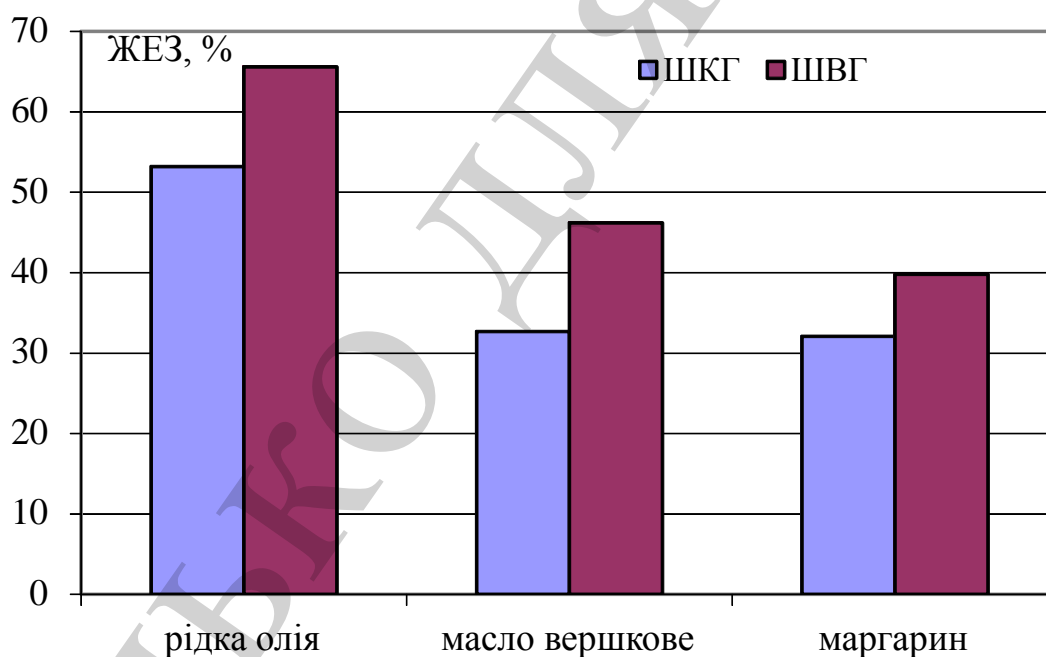


Рис. 2. Жироемувальна здатність ШКГ та ШВГ по відношенню до різних жирів

Встановлено, що ШКГ проявляє майже однакові жироемувальні властивості по відношенню до вершкового масла та маргарину – ЖЕЗ становить 32,7 та 32,1 % відповідно. У ШВГ здатність до емульгування вершкового масла на 16,1 % краща, ніж здатність до емульгування маргарину. ЖЕЗ досліджуваних зразків по відношенню до рідкої олії значно вище, ніж по відношенню до вершкового масла та маргарину – для ШКГ на 62,7 та 65,7 % відповідно, для ШВГ –

на 42,0 та 64,8 %. Відмічається, що ШВГ на 23,3 % краще емульгує рідку олію, ніж ШКГ.

Жирутримувальну здатність дослідних зразків оцінювали по відношенню до рідкої олії в інтервалі температур від 20 до 140 °С. Середні значення отриманих даних подано на рис. 3, відносна похибка вимірювань не перевищувала 3,2 % (для $n=4$).

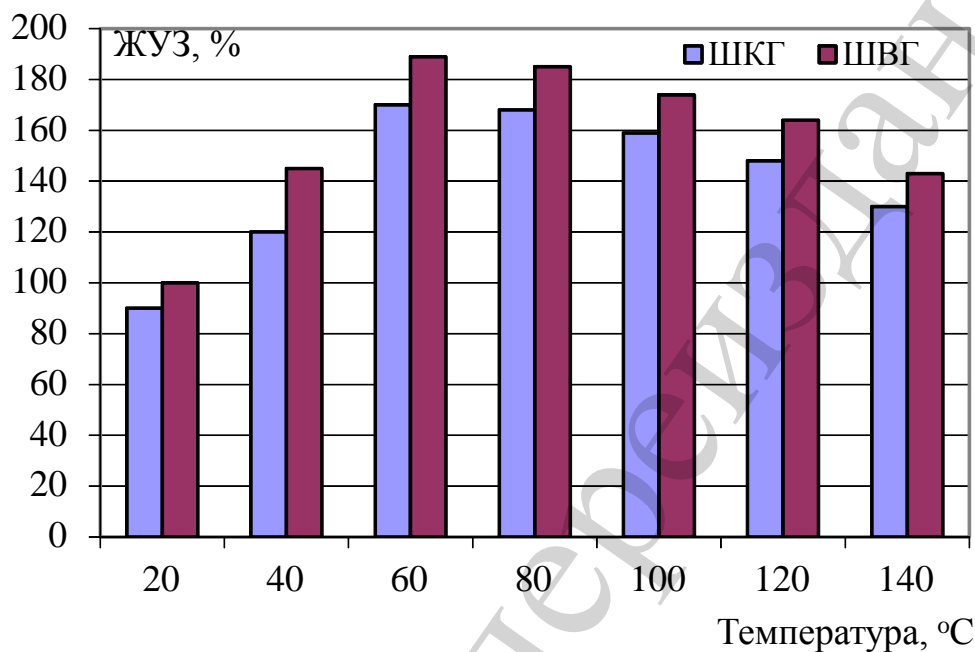


Рис. 3. Жирутримувальна здатність горіхових шротів за різної температури

Встановлено, що в усьому досліджуваному температурному діапазоні ШВГ проявляє кращі жирутримувальні властивості ніж ШКГ. Відмічено, що значення ЖУЗ для ШКГ та ШВГ в інтервалі температур від 20 до 60 °С підвищується в 1,9 рази, в інтервалі 60...80 °С ЖУЗ дослідних зразків майже не змінюється, а за впливу температур 100...140 °С починає зменшуватися.

5. 2. Результати дослідження впливу горіхових шротів на якість емульсії для здобного печива з рідкими оліями

На наступному етапі проведено дослідження стійкості емульсій для здобного печива у разі заміни 30 % маргарину на рідку олію з додаванням різної кількості горіхових шротів. Середні дані визначених результатів представлено на рис. 4, відносна похибка вимірювання не перевищувала 3,0 % (для $n=4$).

Встановлено, що стійкість емульсії з заміною 30 % маргарину рідкою олією (контроль № 2) на 37,5 % менше порівняно з контролем на маргариновій основі (контроль № 1). Внесення 20 % ШКГ та ШВГ сприяє покращенню стабільності такої емульсії на 20,0 та на 32,0 %, додавання 40 % горіхових шротів – на 48 та 56 %, а 50 % – на 52 та 60 % відповідно. Відмічено, що зразки емульсії з додаванням 40 % та 50 % ШКГ та ШВГ за значенням показника стабільності максимально наближені до контрольного зразка, жирною основою для якого був мар-

гарин, що корелює з результатами дослідження дисперсності емульсії (табл. 3) та з результатами мікроскопіювання (рис. 5, 6).

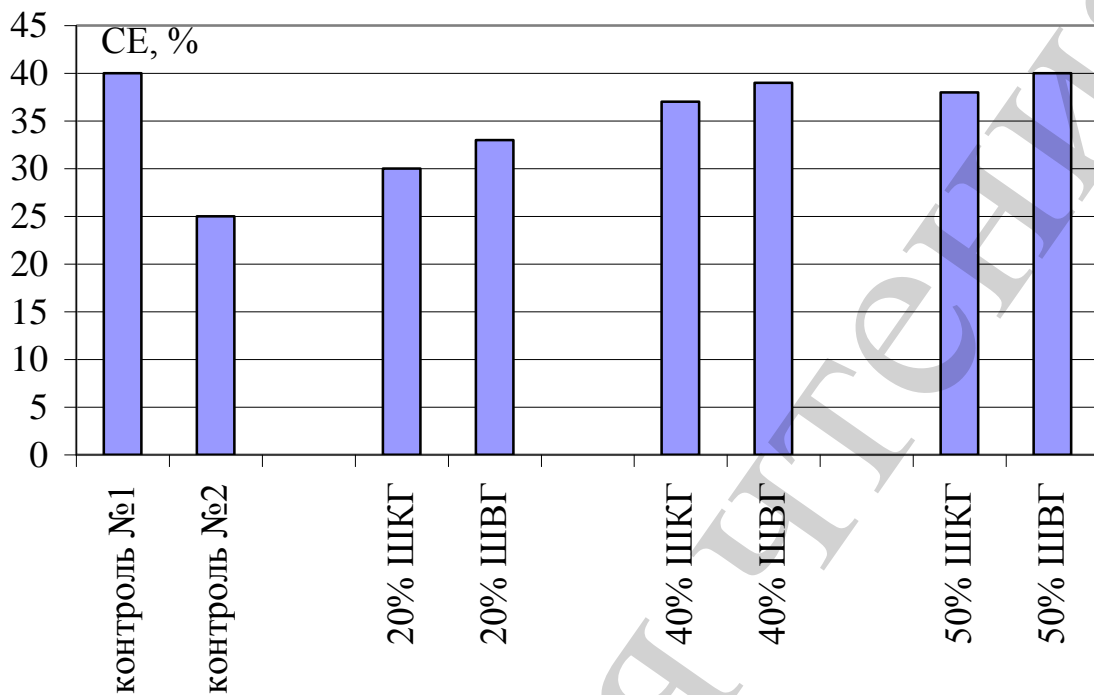


Рис. 4. Стійкість досліджуваних зразків емульсії

Таблиця 3

Дисперсність досліджуваних зразків емульсії ($n=4$, $p=0,03$)

Зразки емульсії	Розподіл жирових кульок (в %) за розміром, мкм				
	до 2	2...4	4...6	6...8	більше 8
Контроль № 1 (рис. 5, а)	3	10	45	24	18
Контроль № 2 (рис. 5, б)	2	11	28	35	24
з 20 % ШКГ	13	30	26	18	13
з 20 % ШВГ	15	34	24	16	11
з 40 % ШКГ (рис. 6, а)	19	40	23	14	4
з 40 % ШВГ (рис. 6, б)	20	42	20	12	6
з 50 % ШКГ	21	41	23	11	4
з 50 % ШВГ	22	43	21	9	5

Загальновідомо, що стабільність емульсії залежить від її дисперсності та однорідності – чим більше частка жирових крапель меншого розміру, тим вище стійкість емульсії до розшарування. З результатів досліджень (табл. 3) видно, що заміна 30 % маргарину на рідку олію спричиняє збільшення кількості крупних крапель жиру в емульсії. Зокрема, в контрольному зразку №1 45 % складають жирові кульки розміром 4...6 мкм, а 24 % – розміром 6...8 мкм. В контрольному зразку № 2 кількість кульок розміром 4...6 мкм знижується до 28 %, а жирових

кульок розміром 6...8 мкм та розміром більше 8 мкм підвищується до 35 та 24 % відповідно. Відмічено, що внесення 40 та 50 % горіхових шротів сприяє підвищенню кількості жирових кульок розміром 2...4 мкм порівняно з контрольними зразками більше ніж в 4 рази.

З результатів мікроскопіювання (рис. 5, 6) видно, що внесення ШКГ та ШВГ забезпечує рівномірність розподілення дрібних жирових кульок, що мають практично однаковий розмір, по всій структурі.

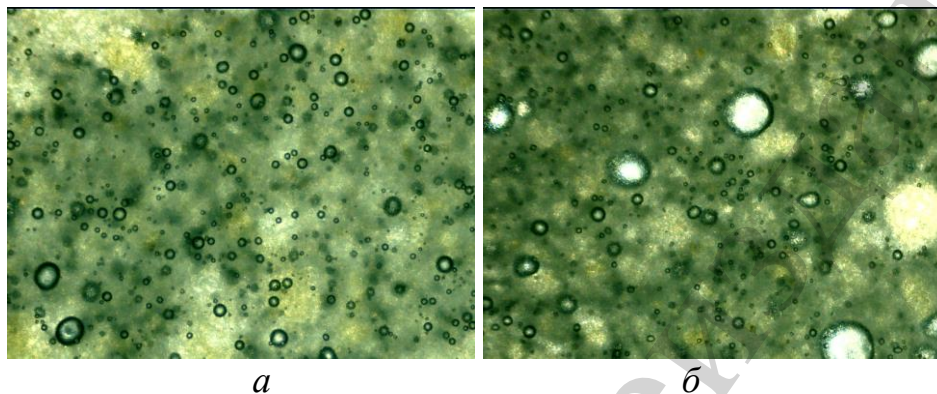


Рис. 5. Мікроструктура контрольних зразків емульсій (за збільшення $\times 300$):
а – контроль № 1; *б* – контроль № 2

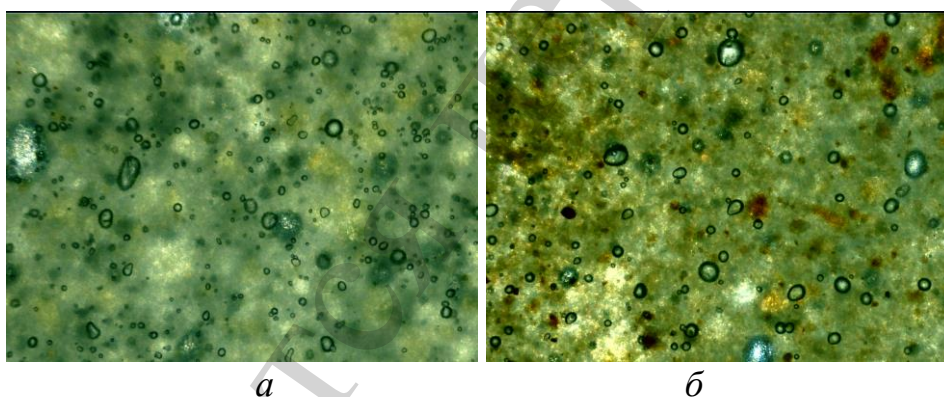


Рис. 6. Мікроструктура емульсій з додаванням горіхових шротів у кількості 40 % (за збільшення $\times 300$): *а* – ШКГ; *б* – ШВГ

Важливою реологічною характеристикою емульсій, яка визначає їх технологічні властивості, є ефективна в'язкість, що характеризує ступінь опору течії (табл. 4).

Відмічено, що у разі внесення 50 % горіхових шротів емульсія набуває високої густини. Технічні можливості приладу не дозволяють отримати достовірні дані щодо значень ефективної в'язкості таких зразків. Тому в даній серії досліджень оцінювали зразки емульсій з максимальним дозуванням горіхових шротів 40 %.

Графічна інтерпретація отриманих результатів подана на рис. 7.

Таблиця 4

Оцінка ефективної в'язкості досліджуваних зразків емульсій ($\eta \cdot 10^{-3}$, Па·с) ($n=4$, $p=0,03$)

	Швидкість, об·хв ⁻¹ .										
	0,5	1	2	2,5	4	5	10	20	50	60	100
Контроль № 1	1090	850	750	610	550	450	380	250	180	140	90
Контроль № 2	355	215	175	100	45	31	15	8	5	4	3
з 20 % ШКГ	394	348	221	183	117	91	35	17	10	9	7
з 20 % ШВГ	630	556	354	293	187	146	55	29	17	15	10
з 40 % ШКГ	400	399	367	322	261	231	139	72	31	26	18
з 40 % ШВГ	720	700	660	580	470	415	250	130	56	46	31

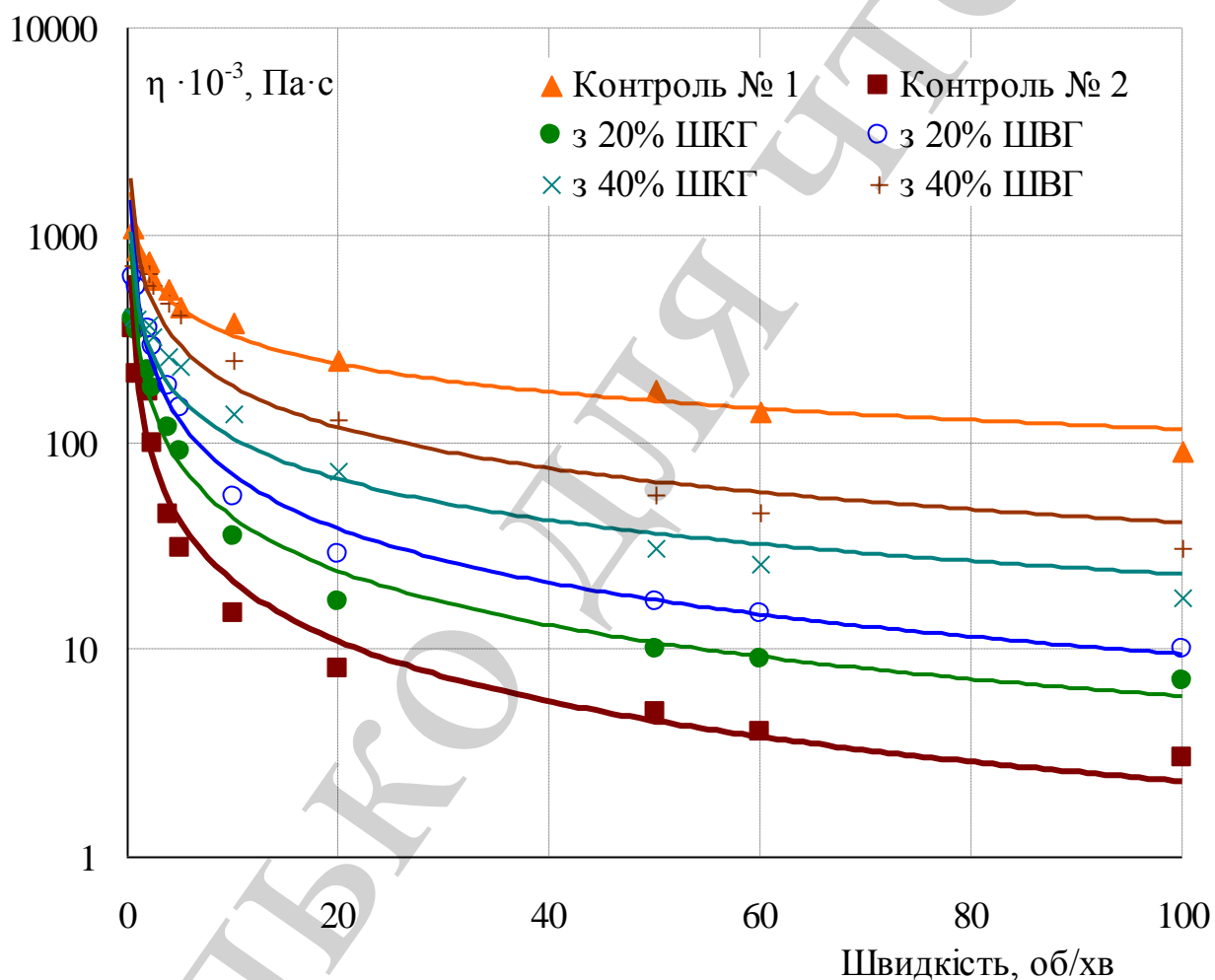


Рис. 7. Залежність ефективної в'язкості досліджуваних зразків емульсій від швидкості обертання шпинделя вимірювального приладу

Наведені криві ефективної в'язкості досліджуваних зразків емульсій мають типовий вигляд для неньютонівських рідин [32]. Ці рідини характеризуються зменшенням значення ефективної в'язкості досліджуваних зразків емульсії при збільшенні швидкості обертання шпинделя вимірювального приладу.

Ефективну (динамічну) в'язкість досліджуваних зразків загальноприйнято описувати рівнянням наступного виду:

$$\eta_{\text{еф}} = B \cdot \gamma^{-m}, \quad (1)$$

де $\eta_{\text{еф}}$ – ефективна в'язкість, Па·с, B – коефіцієнт консистенції, пропорційний в'язкості, Па·с, γ – швидкість зсуву, m – темп руйнування структури.

Результати математичної обробки експериментальних даних із табл. 4 наведено в табл. 5.

Таблиця 5
Коефіцієнти рівняння (1)

Зразок	B , Па·с	m	R^2
Контроль № 1	0,92	0,45	0,98
Контроль № 2	0,20	0,97	0,97
з 20 % ШКГ	0,32	0,87	0,98
з 20 % ШВГ	0,51	0,86	0,98
з 40 % ШКГ	0,49	0,67	0,93
з 40 % ШВГ	0,85	0,66	0,93

Розрахункові значення коефіцієнтів детермінації (R^2) свідчать про високу достовірність аналітичних рівнянь, які описують поведінку кожного із досліджених зразків.

Встановлено, що коефіцієнт консистенції емульсії з заміною 30 % маргарину рідкою олією (контроль № 2) порівняно з контролем на маргариновій основі (контроль № 1) зменшується у 4,6 разів при збільшенні темпу руйнування структури у 2,1 рази. При додаванні 20 % ШКГ або ШВГ цей показник збільшується в 1,6 та 2,4 рази відповідно. Збільшення концентрації шротів до 40 % призводить до зростання коефіцієнту консистенції відповідно в 2,6 та 4,2 рази. Для емульсії із частковою заміною маргарину рідкою олією темп руйнування структури становить 0,97 од. При введенні ШКГ не залежно від його концентрації значення цього показника зменшується на 10 %. Введення ШВГ призводить до зниження темпу руйнування структури на 30 %.

6. Обговорення результатів дослідження функціонально-технологічних властивостей горіхових шротів та їх впливу на якість емульсії для здобного печива з рідкими оліями

Дослідження водоутримувальних властивостей дослідних добавок (рис. 1) показало, що за температури 20 °С їм притаманне більш високе значення ВУЗ, ніж пшеничному борошну. Це можна пояснити меншим розміром частинок добавок (табл. 2) та особливостями білок-полісахаридного складу досліджуваних зразків. Зокрема, борошно на 70 % представлене крохмалем, близько 78 % якого складає амілопектин. Порівняно з амілозою амілопектин характеризується кращими гідрофільними властивостями, що зумовлено високою здатністю до

утворювання водневих зв'язків завдяки високій молекулярній масі та розгалуженій структурі. Однак амілопектин знаходиться у середині крохмального зерна і може вийти за його межі лише після руйнування оболонки зерна, що відбувається за підвищення температури вище 60 °С (для пшеничного крохмалю), що пояснює суттєве збільшення ВУЗ борошна в інтервалі температури 60...90 °С. Більш високі гідрофільні властивості ШКГ та ШВГ за температури 20 °С зумовлені наявністю у їх складі значної кількості харчових волокон (18,79 та 10,99 % відповідно) та білків (38,59 та 33,63 %) (табл. 1). Незважаючи на те, що вміст зазначених біополімерів вище у ШКГ він дещо поступається ШВГ за своєю здатністю до утримування води. Це можна пояснити якісним складом гідроколоїдів. Зокрема, білки ШКГ містять значну кількість альбумінової та глобулінової фракції (їх сумарний вміст становить 13,77 г/100 г шроту, а для ШВГ – 3,91 г/100 г шроту). Також, не зважаючи на те, що дослідні шроти містять однакову кількість крохмалю (табл. 1), крохмаль ШКГ представлений амілозою (співвідношення амілоза:амілопектин становить 11,76:4,08), а крохмаль ШВГ – амілопектином (співвідношення амілоза:амілопектин становить 1,03:14,42). Крім того, дослідні добавки відрізняються за складом харчових волокон – ШКГ містить значну кількість розчинних у воді геміцелюлоз та пектинових речовин (12,65 та 5,2 % проти 5,16 та 3,95 % у ШВГ). Як наслідок, розчинні харчові речовини (альбуміни, глобуліни, амілоза, геміцелюлоза та пектин) розчиняючись у рідині, підвищують її відносну в'язкість і уповільнюють набрякання нерозчинних полісахаридів, зокрема целюлози. Відомо, що целюлоза має велику кількість гідроксильних груп і характеризується розвинутою системою тонких субмікроскопічних капілярів, що зумовлює її високі водоутримувальні властивості [33]. Зважаючи на те, що вміст целюлози у ШВГ в 2 рази вище, ніж у ШКГ, він проявляє більш високу водоутримувальну здатність.

За температури 45 °С має місце активне набухання харчових волокон та крохмальних зерен, що зумовлює підвищення показнику ВУЗ у дослідних зразках. У зв'язку з тим, що пшеничне борошно містить значно більше крохмалю, ніж досліджувані добавки, для нього характерне інтенсивне збільшення значень показнику ВПЗ в даному інтервалі температур. За нагрівання до 60 та 75 °С відбувається денатурація білків, як наслідок значення ВУЗ для ШКГ майже не змінюється, а для ШВГ зменшується. Можливо, це пов'язане з більш глибокою денатурацією білків ШВГ. Також можна припустити, що крохмальні зерна горіхових шротів мають менші розміри, ніж зерна пшеничного крохмалю. Як наслідок вони клейстеризуються за більш високих температур, внаслідок чого показник ВУЗ шротів підвищується лише за температури 90 °С.

Дослідження жироемульгуювальної здатності дослідних добавок (рис. 2) показали, що вони краще емульгують рідку олію, ніж тверді жири, які традиційно використовуються в технології здобного печива (маргарин та вершкове масло). Це можна пояснити тим, що маргарин та вершкове масло по суті є емульсіями, в яких емульгаторами виступають власні білкові речовини. Стабілізуюча дія емульгаторів зумовлена тим, що їх молекули мають гідрофільні та гідрофобні функціональні групи, які відповідним чином орієнтуються на межі розділу фаз та знижують поверхневий натяг. При цьому гідрофільні речовини зв'язують

частину дисперсійного середовища і утворюють навколо жирової краплі захисну сольватну оболонку. Можна припустити, що у разі внесення до емульсії досліджуваних горіхових шротів в системі значно збільшується кількість емульгаторів. Як наслідок, на поверхні жирових крапель формується другий шар молекул стабілізатора, функціональні групи якого орієнтуються протилежним чином. Цей факт спричиняє зниження стійкості системи [34].

Висока жирутримувальна здатність горіхових шротів (рис. 3) зумовлена їх дрібнодиспергованим станом, що забезпечує високу доступність гідрофобних угруповань. Крім того, харчові волокна та білкові речовини добавок мають пористу структуру. Це дозволяє фізично зв'язувати і утримувати вільний жир. Покращення ЖУЗ добавок у разі їх прогрівання за температури 40 та 60 °С можна пояснити термічною денатурацією білків. В результаті конформація його молекули змінюється, вивільнюються гідрофобні ділянки, які раніше були згруповані всередині молекули. Зниження ЖУЗ горіхових шротів за нагрівання від 100 до 140 °С може бути зумовлене деструкцією білкових молекул. Також можна припустити, що при цьому відбуваються взаємодії між білками та іншими компонентами. Як наслідок, утворюються зокрема білок-вуглеводні та білок-ліпідні комплекси, що супроводжується загальним зниженням функціональних груп у білковій молекулі.

Позитивний вплив горіхових шротів на стійкість (рис. 4) та дисперсність (табл. 3, рис. 5, 6) емульсії для здобного печива із заміною 30 % маргарину рідкою олією пояснюється їх високими водоутримувальними властивостями та хорошими жирутримувальними та жироемульгувальними здатностями по відношенню до рідких олій. Крім того, відомо, що високодисперсні порошки можуть виконувати роль твердих емульгаторів. При цьому частинки порошоків змочуються різними ділянками поверхні відповідною фазою емульсії, концентруються на поверхні розділу і захищають краплі жиру від коалесценції так званими бронювальними оболонками [34].

Оцінювання в'язкісних властивостей досліджуваних зразків (табл. 4, рис. 7) показали, що заміна в емульсії 30 % маргарину рідкою олією призводить до суттєвого зниження її ефективної в'язкості. Введення горіхових шротів в таку емульсію спричиняє збільшення коефіцієнту консистенції. Зона лавинного руйнування структури у зразків зі шротами за однакової швидкості зсуву настає за більших значень швидкості зсуву, ніж у зразку з рідкою олією. Отриманий ефект можна пояснити наявністю у складі добавок харчових волокон, що корелює з результатами інших дослідників [35–37]. Відзначено, що ШВГ більшим чином порівняно з ШКГ уповільнює темп руйнування структури емульсії з додаванням рідкої олії. Це підтверджує отримані раніше результати дослідження стійкості емульсій і пояснюється особливостями складу біополімерів добавок. Таким чином, використання горіхових шротів (ШКГ, ШВГ) підвищує в'язкість емульсії для здобного печива з рідкими оліями і робить її більш стійкою до руйнування.

Відмічається, що при збільшенні концентрації горіхових шротів до 50 % значення ефективної в'язкості перебільшили припустимий діапазон вимірювання. Це свідчить про те, що за рахунок набрякання гідроколоїдів додаткової

сировини відбулось надмірне ущільнення емульсії. З технологічної точки зору таке ущільнення не дозволить отримати характерну для здобного печива структуру. Тобто, можна рекомендувати для покращення властивостей емульсії для здобного печива з рідкими оліями вносити до 40 % шроту кедрового або волоського горіха.

Отримані результати свідчать про доцільність використання для покращення характеристик емульсії для здобного печива з рідкими оліями до 40 % горіхових шротів. Однак якість здобного печива залежить значною мірою від якості тіста. Тобто, перспективними є подальші дослідження впливу горіхових шротів на характеристики тіста для здобного печива з рідкими оліями і на якість випечених виробів.

7. Висновки

1. Дослідження функціонально-технологічних властивостей горіхових шротів показали наступне. За розміром часток досліджувані шроти є високодисперсними порошками з більшим ступенем дисперсності ніж борошно пшеничне. Розмір до 40 мкм мають 69 % часток ШКГ, 72 % ШВГ і лише 35 % борошна. Встановлено, що добавки характеризуються високою водоутримувальною та жирутримувальною здатністю. Відмічено, що горіхові шроти краще емульгують рідку олію, ніж тверді жири, які традиційно використовуються в технології здобного печива (маргарин та вершкове масло).

2. Встановлено позитивний вплив горіхових шротів на якість емульсії для здобного печива із заміною 30 % маргарину на рідку олію. Відмічено, що зразки емульсії з додаванням 40 та 50 % горіхових шротів за значенням показнику стабільності максимально наближені до контрольного, жиромовою основою для якого був маргарин. Цей факт корелює з результатами дослідження дисперсності, ефективної в'язкості емульсії та результатами мікроскопіювання. Відмічається, що за збільшення концентрації горіхових шротів до 50 % за рахунок набрякання гідроколоїдів добавок має місце надмірне ущільнення емульсії. З технологічної точки зору таке ущільнення не дозволить отримати характерну для здобного печива структуру.

Література

1. За 2013-2017 гг продажи хлебобулочных и мучных кондитерских изделий в мире выросли на 3,9%: со 103 до 107 млн т. // Электронный журнал «Бизнес-аналитик». URL: <https://rusanalytic.ru/researches/za-gg-prodazhi-hlebobulochnyh-i-muchnyh-konditerskih-izdeliy-v-mire-vyrosli-na-so-do-mln-t-1492>
2. Заніздра В. Виробництво печива // Baker-Group. URL: <https://uk.baker-group.net/confectionery-formulations-technology-raw-materials-and-ingredients/4264-production-of-biscuits.html>
3. Carr N. O., Hogg W. F. A manufacturer's perspective on selected palm-based products // Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition. 2005. Vol. 14, Issue 4. P. 381–386.
4. Spreading of partially crystallized oil droplets on an air/water interface / Notrum N. E., Cohen Stuart M. A., van Vliet T., van Aken G. A. // Colloids and Sur-

faces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2004. Vol. 240, Issue 1-3. P. 83–92. doi: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2004.03.015>

5. Stabilization of air bubbles in oil by surfactant crystals: A route to produce air-in-oil foams and air-in-oil-in-water emulsions / Brun M., Delample M., Harte E., Lecomte S., Leal-Calderon F. // *Food Research International*. 2015. Vol. 67. P. 366–375. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.044>

6. Боднарчук О. В. Конструювання жирової основи спреду // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2015. Т. 2, № 1 (89). С. 31–36.

7. Zollner N., Tato F. Fatty acid composition of the diet: impact on serum lipids and atherosclerosis // *The Clinical Investigator*. 1992. Vol. 70, Issue 11. P. 968. doi: <https://doi.org/10.1007/bf00180309>

8. Advances in food biochemistry / F. Yildiz (Ed.). CRC Press Taylor & Francis Group, 2010. URL: [http://gtu.ge/Agro-Lib/\[Fatih_Yildiz\]_Advances_in_Food_Biochemistry\(BookFi.org\).pdf](http://gtu.ge/Agro-Lib/[Fatih_Yildiz]_Advances_in_Food_Biochemistry(BookFi.org).pdf)

9. Цибизова М. Е., Мячина А. Г. Расширение ассортимента жировых компонентов в рецептурах мучных кондитерских изделий // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2005. № 2-3. С. 67–69.

10. Tkachenko A., Pakhomova I. Consumer properties improvement of sugar cookies with fillings with non-traditional raw materials with high biological value // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 3, Issue 11 (81). P. 54–61. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.70950>

11. Би́ла Е. Ю., Кирпиченкова О. Н. Технология песочного печенья повышенной пищевой ценности // *Теория и практика современной науки*. 2017. № 6 (24). URL: <https://docplayer.ru/60913571-Tehnologiya-pesochnogo-pechenya-rovyshennoy-pishchevoy-cennosti.html>

12. Рензяева Т. В., Тубольцева А. С., Артюшина С. И. Разработка рецептуры и технологии безглютенового печенья на основе природного растительного сырья // *Техника и технология пищевых производств*. 2015. Т. 39, № 4. С. 87–92.

13. Мерман А. Д. Разработка и оценка качества мучных кондитерских изделий с растительными маслами: дис. ... канд. техн. наук. Кемерово, 2013. 169 с.

14. Цитрусовые волокна Herbacel AQ Plus – тип N. Спецификации для пищевых добавок и рецептуры. URL: <http://specin.ru/kletchatka/109.htm>

15. Рензяева Т. В., Мерман А. Д. Моделирование рецептур печенья функционального назначения // *Техника и технология пищевых производств*. 2013. № 1. С. 35–41.

16. Гордієнко Л. В., Жидецька І. В. Вплив співвідношення рецептурних компонентів на реологічні властивості емульсії для пісочного тіста // *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2010. Т. 1, Вип. 38. С. 214–217.

17. Maner S., Sharma A. K., Banerjee K. Wheat Flour Replacement by Wine Grape Pomace Powder Positively Affects Physical, Functional and Sensory Properties of Cookies // *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Sec-*

tion B: Biological Sciences. 2017. Vol. 87, Issue 1. P. 109–113. doi: <https://doi.org/10.1007/s40011-015-0570-5>

18. Influence of grape seeds powder on preservation of fats in confectionary glaze / Gorodyska O., Grevtseva N., Samokhvalova O., Gubsky S., Gavrish T., Denisenko S., Grigorenko A. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 6, Issue 11 (86). P. 36–43. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.147760>

19. Михайлик В. С., Ткаченко Л. В. Інноваційна технологія пісочного печива // SWorld. Modern problems and ways of their solution in science, transport, production and education. 2014. URL: <https://sworld.com.ua/konfer35/612.pdf>

20. Юрченко С. Л., Колеснікова М. Б., Юрченко Е. П. Удосконалення рецептурного складу пісочного печива з використанням клітковини // Молодий вчений. 2016. № 3 (30). С. 284–287.

21. Зміна якості цукрового печива з внесенням пребіотичної добавки / Коркач Г. В., Крусир Г. В., Єгорова А. В., Кушнір Ю. Р. // Харчова наука та технологія. 2015. Т. 9, № 3. С. 49–56. doi: <https://doi.org/10.15673/2073-8684.3/2015.50282>

22. Вплив мікробних полісахаридів на властивості пшеничного борошна / Самохвалова О. В., Чернікова Ю. О., Олійник С. Г., Касабова К. Р. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. Т. 6, № 10 (78). С. 11–15. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.56177>

23. Перспективи використання шротів горіхової сировини для збагачення борошняних кондитерських виробів / Шидакова-Каменюка О. Г., Новік Г. В., Касабова К. Р., Кравченко О. І. // Прогресивні техніка та технологія харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі. 2015. Вип. 2. С. 69–81.

24. Шидакова-Каменюка Е., Новик А., Болховитина Е. Анализ содержания основных пищевых веществ в продуктах переработки грецкого и кедрового ореха // Scientific Letters of Academic of Michal Baludansky. 2017. № 5 (4). С. 121–124.

25. Субботина М. А. Технология жидких молочно-растительных смесей для мороженого // Техника и технология пищевых производств. 2009. № 4. С. 31–35.

26. Золотим А. Ю., Симоненко С. В. Майонезы и майонезные соусы на основе эмульсии ядра кедрового ореха // Масложировая промышленность. 2012. № 3. С. 15–17.

27. Орлова О. Ю., Насонова Ю. К. Использование грецкого ореха молочно-восковой спелости для разработки функциональных продуктов питания // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2014. № 2.

28. Хвьяля С. И. Микроструктура и состав полуфабрикатов для геродиетического питания с мясом кур и жмыхом кедрового ореха // Мясной бизнес. 2011. № 10. С. 63–65.

29. Лапшинская Н. А., Драгун Н. А., Аленичева Ю. Ю. Молочные продукты с комбинированной жировой фазой // Сибирский торгово-экономический журнал. 2009. № 8. С. 163–165.

30. A mixture design approach to optimizing low cholesterol mayonnaise formulation prepared with wheat germ protein isolate / Rahbari M., Aalami M., Kashaninejad M., Maghsoudlou Y., Aghdaei S. S. A. // *Journal of Food Science and Technology*. 2014. Vol. 52, Issue 6. P. 3383–3393. doi: <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1389-4>
31. Development of energy-efficient IR dryer for plant raw materials / Cherevko A., Kiptelaya L., Mikhaylov V., Zagorulko A., Zagorulko A. // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. Vol. 4, Issue 8 (76). P. 36–41. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.47777>
32. Textural, Rheological and Sensory Properties and Oxidative Stability of Nut Spreads – A Review / Shakerardekani A., Karim R., Ghazali H., Chin N. // *International Journal of Molecular Sciences*. 2013. Vol. 14, Issue 2. P. 4223–4241. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms14024223>
33. Пищевые волокна / Дудкин М. С., Черно Н. К., Казанцева И. С. и др. Киев, 1988. 152 с.
34. Архипов А. Н. Теоретические основы структурообразования дисперсных систем для придания им агрегатной устойчивости // *Техника и технология пищевых производств*. 2009. № 3. С. 17–19.
35. Структурно-механічні властивості житньо-пшеничного тіста з клітковиною горох / Сильчук Т. А., Назар М. І., Карпенко Т. С., Доценко В. Ф., Цирульнікова В. В. // *Харчова наука і технологія*. 2015. № 2. С. 86–89. doi: <https://doi.org/10.15673/2073-8684.31/2015.44280>
36. Криворучко М., Форостяна Н. Реологічні властивості пшеничного тіста з кокосовою клітковиною // *Товари і ринки*. 2016. № 2. С. 177–184.
37. Awad-Allah M. A. A. Evaluation of Selected Nuts and Their Proteins Functional Properties // *Journal of Applied Sciences Research*. 2013. Vol. 9, Issue 1. P. 885–896.