

Вивчення впливу борошна люпину вузьколистого на реологічні властивості тіста з пшеничного борошна

Л. М. Присяжнюк*, С. О. Ляшенко, І. В. Смульська, Т. М. Хоменко

Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна,
*e-mail: prysiazhniuk_l@ukr.net

Мета. Установити закономірності зміни реологічних властивостей тіста та лабораторної випічки залежно від кількості борошна з різних сортів люпину, доданого до пшеничного борошна. **Методи.** Хлібопекарські якості аналізували за допомогою альвеографа та фаринографа. **Результати.** На основі оцінювання показників альвеографа, фаринографа та лабораторної випічки хліба визначено закономірності зміни реологічних властивостей тіста за додавання борошна люпину до пшеничного борошна. Частка впливу сорту люпину на показники сили борошна, пружності та розтяжності тіста, індексу еластичності становить від 1 до 4%, концентрації борошна – 82–98%. На основі отриманих даних визначено рівняння регресії залежностей між показниками альвеографа та кількістю борошна люпину, доданого до пшеничного. Установлено лінійну залежність між фізичними характеристиками тіста і концентрацією борошна люпину. Частка впливу сорту люпину на час утворення тіста, показник розрідження тіста, валориметричну оцінку борошняної суміші становить 4–18%, концентрації борошна люпину – 57–76%. Показник об'ємного виходу хліба на 86% визначається концентрацією борошна люпину і на 6% – його сортом. На основі рівнянь регресії між фізичними властивостями тіста та концентрацією борошна люпину виявлено експоненціальну, лінійну та поліноміальну залежності. Лінійну залежність установлено між об'ємним виходом хліба та концентрацією борошна люпину в пшенично-люпиновій суміші. **Висновки.** На реологічні властивості тіста, а також об'ємний вихід хліба найістотніше впливає концентрація борошна люпину в пшенично-люпиновій борошняній суміші (57–98%). Частка впливу на ці показники сортів люпину, використаних у дослідженні, не перевищує 18%. Установлені рівняння регресії між концентрацією борошна люпину та фізичними характеристиками тіста дають змогу прогнозувати їх зміни залежно від кількості люпинового борошна, доданого в пшеничне.

Ключові слова: люпин вузьколистий; реологічні властивості тіста; відсоток впливу фактора; коефіцієнт кореляції.

Вступ

Одним з напрямів збагачення хлібобулочних виробів фізіологічно цінними компонентами і надання їм додаткових корисних властивостей є додавання до пшеничного борошна з круп'яних, бобових та інших культур [1]. Досліджено вплив вівсяного борошна на хлібопекарські якості пшеничного борошна [1], використання рисової мучки як біологічно активної добавки та вивчено її вплив на реологію тесту [2]. Також досліджено можливість використання борошна, отриманого з плодкових культур, для підвищення харчової цінності та зміни хімічних властивостей тіста бісквітних напівфабрикатів [3].

Люпин є економічно та агрономічно цінною культурою. Його насіння використовують як джерело білка для тварин і харчування в різ-

них частинах світу. Люпин має високий вміст білка (28–48% залежно від виду й сорту), який легше засвоюється організмом людини порівняно з білком інших бобових.

Останніми роками споживання люпину для харчових цілей збільшилося. Ця культура є джерелом низки поживних речовин, як от білки, ліпіди, харчові волокна, мінерали та вітаміни. Завдяки своїм поживним характеристикам перспективним є використання різних продуктів насіння люпину (борошно, ядра волокна, білкові ізоляти та концентранти) для випікання хлібобулочних виробів [4]. Завдяки високому вмісту білка його борошно вважається перспективною сировиною для доповнення різних харчових продуктів і широко використовується як замітник яєць, наприклад у тортах, млинцях та печиві, як додаток до макаронних виробів, чипсів і хліба. Люпин не містить глютену, тож іноді він використовується як функціональний інгредієнт у безглютенових продуктах [4, 5].

Досліджено [6–9] вплив борошна люпину білого та вузьколистого за різних концентрацій суміші на фізичні властивості тіста й випічку хліба різного типу, проте реологічні властивості тіста залежно від концентрації борошна люпину, яке додане до пше-

Larysa Prysiazhniuk
<http://orcid.org/0000-0003-4388-0485>
Svitlana Liashenko
<https://orcid.org/0000-0002-6371-230X>
Ivanna Smulska
<https://orcid.org/0000-0001-9675-0620>
Tetiana Khomenko
<https://orcid.org/0000-0001-9199-6664>

ничного, та сорту ще вивчено недостатньо. Для борошна люпину або білків для досягнення ринку як добавки для хлібопечення важливо встановити, що властивості змішування тіста не зазнають негативного впливу. В Україні селекціонерами створено сорти люпину безалкалоїдного, які завдяки їх хімічним властивостям можна використовувати в харчовій промисловості. У попередніх дослідженнях [10, 11] вивчали вплив різної концентрації борошна люпину вузьколистого безалкалоїдного на фізичні властивості тіста за допомогою альвеографа та фаринографа, а також на якість лабораторної випічки хліба. Установлено, що борошно люпину вузьколистого підвищує в'язкість і формоутримувальну здатність тіста, погіршує його еластичність і газоутримувальну здатність. Визначено, що оптимальним для забезпечення належних структурно-механічних властивостей тіста та необхідного підвищення біологічної цінності хліба є додавання не більш ніж 6% люпинового борошна до загальної маси пшеничного. Проте, інтерес викликає також визначення впливу як сорту люпину, так і концентрації його борошна на досліджувані показники борошна та лабораторної випічки. Отримана інформація щодо реологічних властивостей за змішування та розширення тіста допоможе передбачити кінцеву якість хлібопродуктів.

Мета досліджень – установити закономірності зміни реологічних властивостей тіста та лабораторної випічки залежно від кількості борошна з різних сортів люпину, даного до пшеничного борошна.

Матеріали та методика досліджень

Матеріалом для досліджень були п'ять сортів люпину вузьколистого ('Віват', 'Віктан', 'Грозинський 9', 'Олімп' та 'Переможець'), надані Інститутом фізіології рослин та генетики НАН України. Як контроль використовували борошно пшениці м'якої озимої сорту 'Подільська'. Досліджувані сорти люпину характеризуються високим умістом білка (36–40%), який добре збалансований за амінокислотним складом. Уміст жиру становить 6–6,5%, пектину – 9–10% та 26% харчових волокон, а тому воно може бути природним концентратом біологічно повноцінних білків і пектину [10–12].

Для дослідження впливу борошна люпину вузьколистого безалкалоїдного на реологічні властивості тіста, а також його хлібопекарські властивості, до пшеничного борошна додавали борошно люпину досліджуваних сор-

тів у різній концентрації – 3, 6, 9, 12 та 15%. Дослідження проводили в лабораторії визначення біохімічних та технологічних показників якості відділу лабораторних досліджень з кваліфікаційної експертизи сортів рослин (Центр сертифікаційних випробувань) Українського інституту експертизи сортів рослин у 2017 р.

Борошно із зерна пшениці та люпину отримали за допомогою лабораторного автоматичного млина (MLU 202, Buhler, Switzerland). Для дослідження реологічних та фізичних властивостей тіста із пшеничного борошна та пшенично-люпинової борошняної суміші визначали показники альвеографа (Chopin Technologies, Франція) та фаринографа (Brabender, Німеччина). Хлібопекарські властивості досліджували на основі лабораторної випічки хліба. Усі роботи виконували відповідно до Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва [13].

Для визначення частки впливу факторів на досліджувані показники та кореляційних зв'язків між ними проводили дисперсійний і регресійний аналіз відповідно до загальноприйнятих методик [14].

Результати досліджень

Дослідження властивостей тіста за допомогою альвеографа

Білки пшеничного борошна здатні утворювати пружний гідратований гель, який істотно впливає на структурно-механічні властивості тіста. Для визначення впливу люпину вузьколистого на реологічні та хлібопекарські властивості тіста з пшеничного борошна проводили аналіз із додаванням 3–15% борошна різних сортів люпину. Реологічні властивості оцінювали за допомогою альвеографа за такими показниками: еластичність (P) і розтяжність тіста (L), індекс еластичності (I.e.) та сила борошна (W). За визначення реологічних властивостей на альвеографі, тісто розтягується на всіх напрямках, що є характерним для нього в процесі бродіння. За допомогою дисперсійного аналізу визначено вплив сорту та концентрації люпинової добавки на реологічні показники тіста [10, 11]. Так, частка впливу сорту люпину становила від 1 до 4%. Суттєвішим на показники пружності, розтяжності, індексу еластичності та сили борошна був вплив концентрації борошна люпину в пшенично-люпиновій суміші – від 92 до 98% (рис. 1–4).

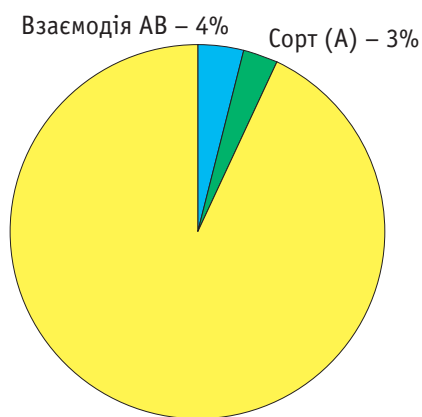


Рис. 1. Частка впливу факторів на показник сили борошна

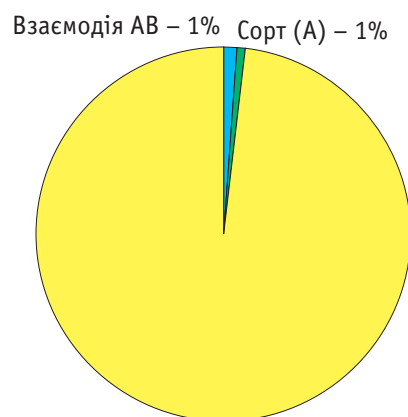


Рис. 3. Частка впливу факторів на показник розтяжності тіста

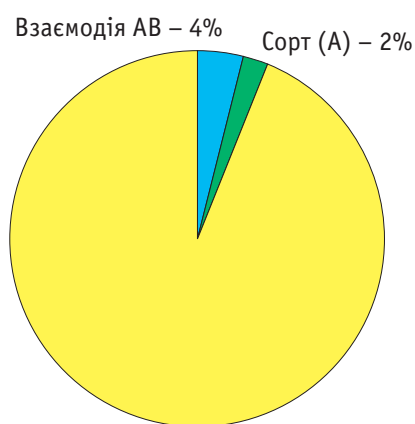


Рис. 2. Частка впливу факторів на показник пружності тіста

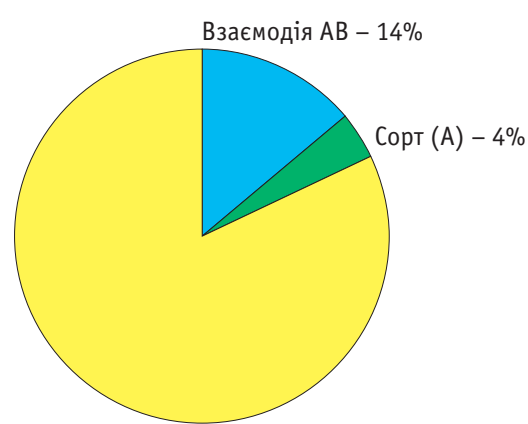


Рис. 4. Частка впливу факторів на показник індексу еластичності

Зокрема, відповідно до отриманих даних, частки впливу сорту люпину та концентрації його борошна на реологічні показники тіста становлять: на показник сили борошна – 3 та 93%; пружності тіста – 2 та 94%; розтяжності тіста – 1 та 98% відповідно.

За допомогою дисперсійного аналізу визначено, що на показник індексу еластичності концентрація борошна люпину впливає на 82%, сорт – на 4%, а їхня взаємодія – на 14%. Відзначено, що сорт люпину має найбільший вплив на індекс еластичності порівняно з іншими показниками, визначеними на альвеографі. Також найбільшим серед досліджуваних показників є сумарний вплив концентрації борошна люпину та його сорту.

З огляду на досить низький відсоток впливу сорту на фізичні характеристики тіста, для порівняння показників альвеографа розраховували їх середні значення в межах однієї концентрації (табл. 1) [11–12].

Додавання люпинового борошна збільшило показник пружності тіста від 98,00 мм у контрольному варіанті до 145,40 мм у разі додавання 15%, водночас показник розтяжності тіста зменшувався від 93 до 34 мм. Показник збалансованості, оскільки він являє собою відношення P/L, також має тенденцію до збільшення порівняно з контролем залежно від кількості доданого борошна люпину.

Визначено, що показник сили борошна знизився з 314,00 у контрольному варіанті до $204,00 \times 10^{-4}$ Дж за 15%-ої концентрації борошна люпину. Також відзначено, що зі збільшенням концентрації борошна зменшується також індекс еластичності тіста: від 59,50 у контролі до 0% за 15%-ої концентрації.

На основі отриманих даних визначено рівняння регресії залежності між фізичними характеристиками тіста за альвеографом та концентрацією борошна люпину, доданого

Таблиця 1

Середні значення фізичних характеристик тіста з додаванням борошна люпину, визначені за альвеографом

Уміст борошна люпину	Пружність тіста (P), мм	Розтяжність тіста (L), мм	Сила борошна (W), $\times 10^{-4}$ Дж	Збалансованість P/L	Індекс еластичності (I.e.), %
Контроль (0%)	98,00	93,00	314,00	1,05	59,50
3%	96,33	72,33	254,33	1,35	57,05
6%	111,00	54,60	230,60	2,06	53,08
9%	120,40	43,80	208,80	2,77	39,24
12%	132,00	36,20	196,80	3,69	9,20
15%	145,40	34,00	204,00	4,30	0,00
HIP _{0,05}	1,10	1,25	1,72	0,32	0,21

до пшеничного. Установлено, що між фізичними характеристиками тіста та концентрацією борошна люпину існує лінійна залежність. Отримано рівняння регресії залежності

між кількістю борошна люпину (%) і силою борошна, пружністю та розтяжністю тіста, а також індексом еластичності (рис. 5–8).

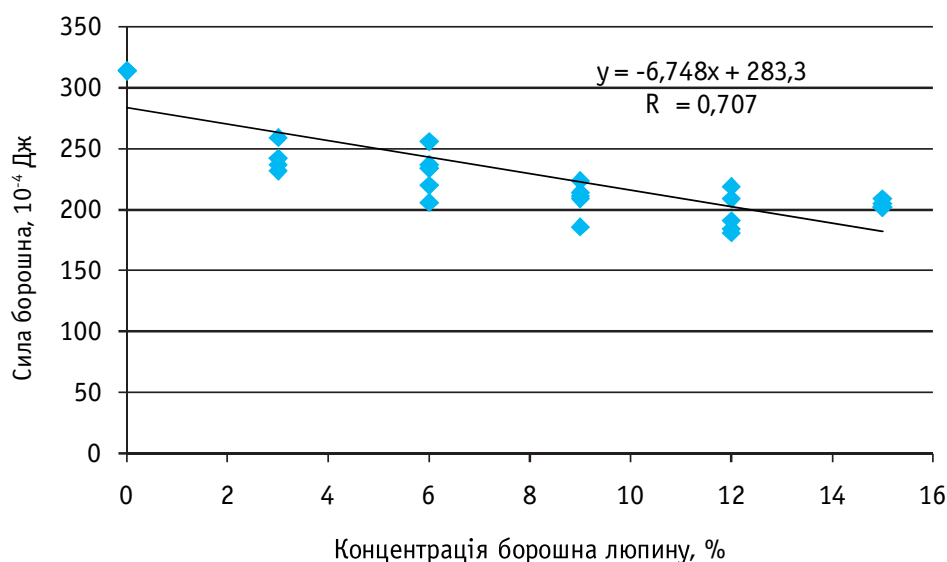


Рис. 5. Залежність показника сили борошна від концентрації борошна люпину

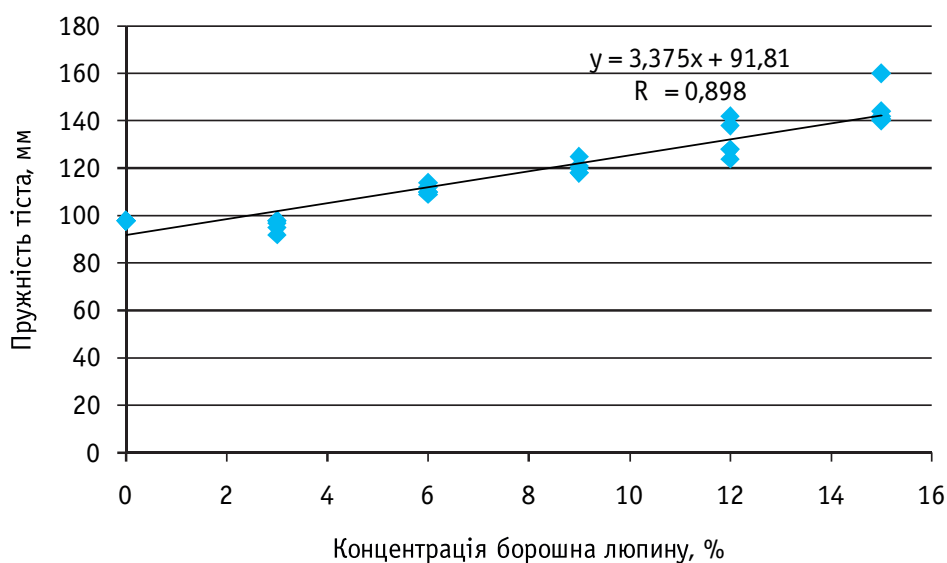


Рис. 6. Залежність показника пружності тіста від концентрації борошна люпину

За результатами аналізу встановлено обернену лінійну залежність між концентрацією люпинового борошна (рис. 5) та показником сили борошна, а також пряму залежність між кількістю борошна та індексом еластичності тіста. Зокрема, залежність між показником сили борошна й кількістю доданого люпинового борошна можна описати рівнянням регресії:

$$y = -6,748x + 283,38,$$

де y – значення показника сили борошна; x – кількість борошна люпину в пшенично-люпиновій борошняній суміші. Ця ознака досить тісно корелює з кількістю борошна люпину ($r = 0,71$).

Взаємозв'язок між кількістю люпинового борошна та пружністю тіста описується таким рівнянням регресії:

$$y = 3,3752x + 91,819,$$

де y – значення показника пружності тіста; x – кількість борошна люпину в пшенично-люпиновій борошняній суміші. Коефіцієнт кореляції досліджуваних ознак має тісну позитивну силу зв'язку ($r = 0,90$), що свідчить про те, що збільшення концентрації борошна люпину призводить до підвищення пружності тіста.

Між показником розтяжності тіста та концентрацією борошна люпину є обернена лінійна залежність, яка описується таким рівнянням:

$$y = -6,748x + 283,38,$$

де y – значення показника розтяжності тіста; x – кількість борошна люпину в пшенично-люпиновій борошняній суміші. Коефіцієнт кореляції, як і в попередніх двох випадках, є високим – $r = 0,89$ (рис. 7).

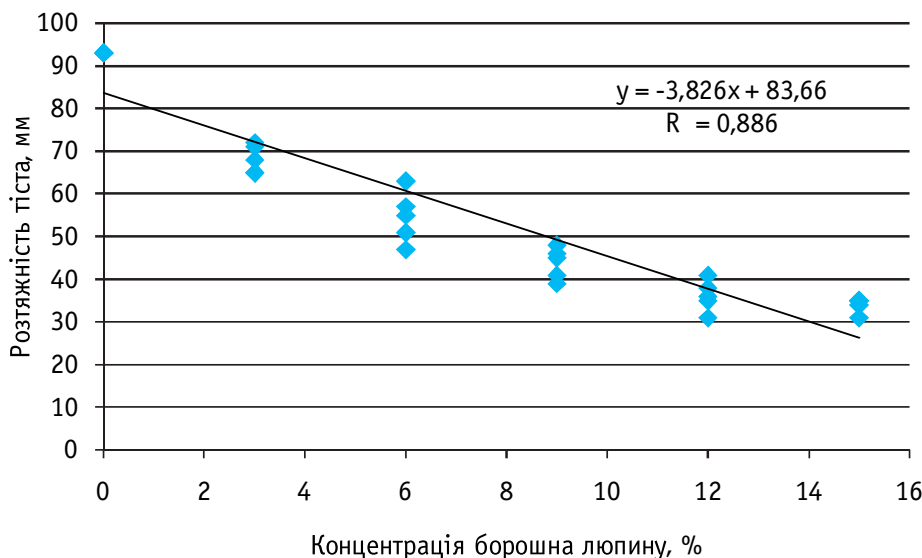


Рис. 7. Залежність показника розтяжності тіста від концентрації борошна люпину

Отже, отримане рівняння регресії дає змогу з високим рівнем точності (на 89%) спрогнозувати зміну показника розтяжності тіста за умови додавання різної кількості борошна люпину.

Відповідно до отриманих даних, зв'язок між показником індексу еластичності та кількістю люпинового борошна можна описати таким рівнянням регресії:

$$y = -4,3183x + 68,65,$$

де y – значення показника індексу еластичності, x – кількість борошна люпину в пшенично-люпиновій борошняній суміші. Між показником індексу еластичності та кількістю борошна люпину є обернена лінійна залежність. Коефіцієнт кореляції становить 0,73.

Отже, отримані рівняння регресії дають змогу з високим рівнем точності (на 70–90%)

спрогнозувати зміни показників сили борошна, пружності та розтяжності тіста, а також індексу еластичності за різної концентрації борошна люпину в пшеничному борошні.

Досліджено вплив двох білкових ізолятів люпину, збагачених білками глобуліну та фракції альбумінів, у кількості 5 і 10% на тісто пшеничного борошна та хліб. На основі отриманих даних встановлено, що зі збільшенням концентрації доданих білків збільшується водопоглинальна здатність та час утворення тіста, проте зменшується індекс його еластичності [6]. У дослідженнях виявлено схожу закономірність для досліджуваних показників.

У результаті дослідження впливу люпину на реологічні властивості тіста з пшенично-борошна встановлено, що порівняно з борошном із сортів люпину білого, люпин

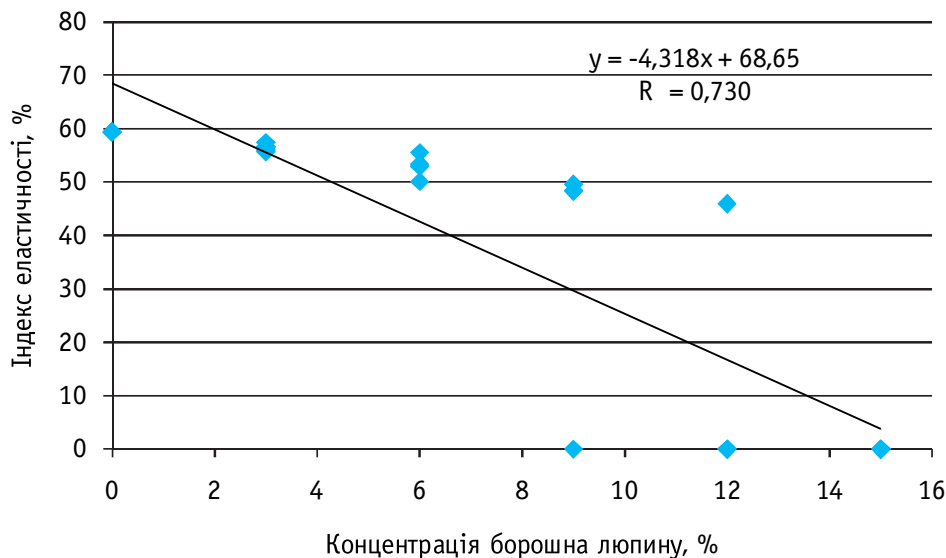


Рис. 8. Залежність показника індексу еластичності тіста від концентрації борошна люпину

вузьколистий не чинить значного впливу на показники розтяжності тіста та сили борошна. Зі збільшенням концентрації борошна розтяжність тіста зменшується з 93 до 34 мм, що підтверджено результатами регресійного аналізу [15].

Також досліджено реологічні властивості тіста за умови додання 5–10% люпинового борошна. Отримані результати свідчать, що зі збільшенням концентрації борошна підвищується пружність і час утворення тіста, а також його водопоглинальна здатність. Підтверджено, що зміна реологічних властивостей тіста з додаванням борошна люпину зумовлена білковим складом його зерна, зокрема низьким умістом глютену, який забезпечує високу якість хліба [16].

Дослідження властивостей тіста за допомогою фарнографа

Для встановлення взаємозв'язків між концентрацією люпинового борошна та фізичними властивостями тіста проведено аналіз тіста за показниками фарнографа та визначено об'єм хліба з різними концентраціями добавок. Якість досліджуваного борошна за нормальною кривою фарнографа характеризується низькою показників: водопоглинальною здатністю, часом утворення та стійкістю тіста, опором тіста (визначається сумою часу утворення і стійкості тіста); розрідженням тіста (встановлюється за різницею між величиною максимальної і кінцевої консистенції). Водопоглинальна здатність прямо стосується оптимального вмісту вологи в тісті у процесі випікання, що впливає на рецепт приготування виробів з такого борошна. Показник розрідження тіста за фарнографом визначається за різницею між

максимально досягнутою під час замішування консистенцією і її кінцевим значенням [17]. У міру збільшення цієї різниці, тісто стає слабкішим. Узагальнювальним показником фізичних властивостей тіста є валориметрична оцінка.

На час утворення тіста, розрідження тіста та валориметричну оцінку пшенично-люпинової борошняної суміші найбільший вплив чинить концентрація борошна люпину (рис. 9–12).

Відповідно до отриманих даних частка впливу сорту люпину на показник часу утворення тіста становить 18%, тимчасом як найістотніше впливає концентрація борошна люпину – 57%. Частка взаємодії цих факторів – 20% (рис. 9).

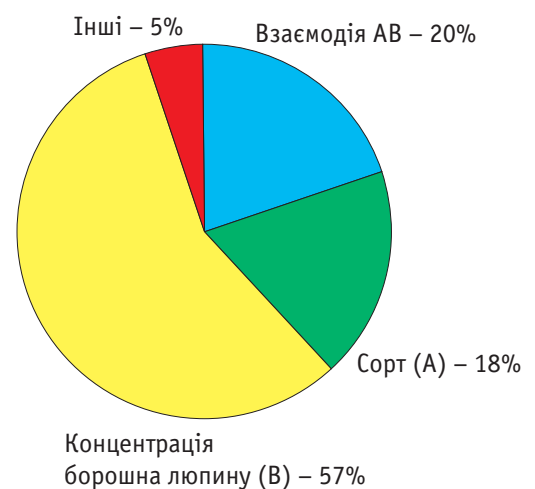


Рис. 9. Частка впливу факторів на показник часу утворення тіста

На показник розрідження тіста взаємодія факторів концентрації борошна люпину та

його сорту впливає на 28%, а частка впливу самих факторів становить 68 та 4% відповідно (рис. 10).

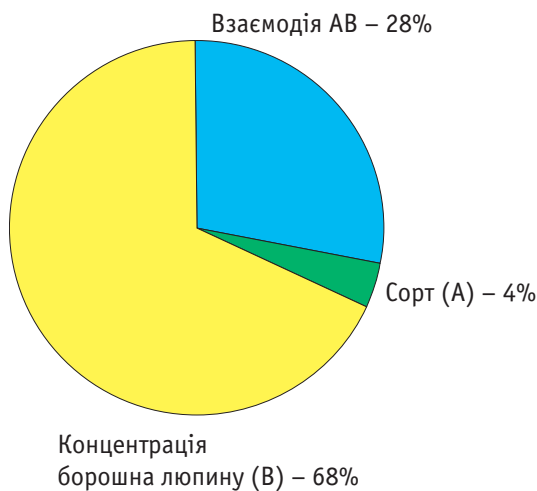


Рис. 10. Частка впливу факторів на показник розрідження тіста

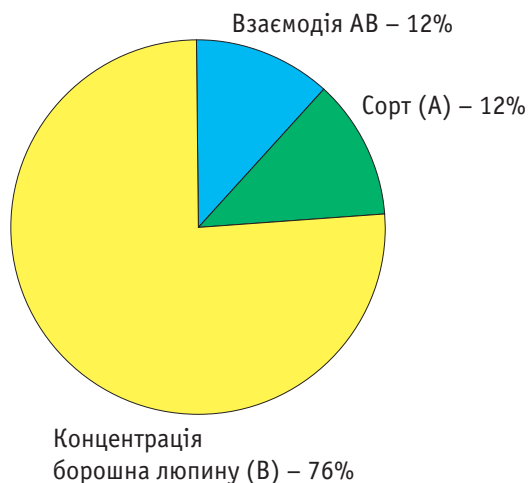


Рис. 11. Частка впливу факторів на показник валориметричної оцінки

Частка впливу концентрації борошна люпину на валориметричну оцінку борошняної суміші становить 76%, сорту та взаємодії цих факторів – по 12%.

Отже, на фізичні властивості пшенично-люпинової борошняної суміші за фаринографом найістотніше впливає концентрація борошна люпину в суміші. Вплив сорту оцінюється на рівні 4–18%, причому найбільше цей фактор визначає показник часу утворення тіста.

Об'ємний вихід хліба дає найбільш повне уявлення про хлібопекарські якості борошна. Він є комплексним показником газоутворювальної та газотримувальної здатності борошна і залежить від умісту природних цукрів, якості крохмалю, ферментативної активності амілази, умісту та якості клейковини, активності ферменту протеази [18].

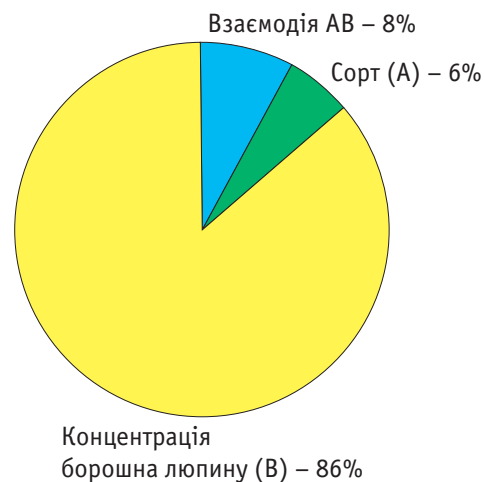


Рис. 12. Частка впливу факторів на показник об'ємного виходу хліба

Установлено, що частка впливу концентрації борошна люпину на об'ємний вихід хліба є найбільшою – 86%. Вплив сорту становить 6%, а взаємодія цих факторів – 8%.

Отже, з огляду на те, що сорт люпину найменше впливає на фізичні властивості тіста з пшенично-люпинового борошна за показниками фаринографа та на показник об'ємного виходу хліба, розраховували середні їх значення в межах однієї концентрації (табл. 2).

Відповідно до отриманих даних установлено, що час утворення тіста збільшувався залежно від кількості доданого борошна люпину від 2 до 6 хв у контролі та за 9%-ої концентрації відповідно. Проте, за 12%-ої концентрації борошна люпину час утворення тіста, у середньому для досліджуваних сортів, становить 4,7 хв. За концентрації борошна люпину 15% цей показник збільшується до 8,4 хв.

Достовірні відмінності також отримано між показниками розрідження тіста та валориметричною оцінкою борошна. Зокрема, показник розрідження тіста зменшувався від 70 до 51 о.ф. (одиниць фаринографа). Найменше його значення зафіксовано за дослідження борошна, яке містило 15% борошна люпину. Валориметрична оцінка тіста збільшилася на 23% порівняно з контрольним варіантом (42,0 та 65,0%).

За результатами досліджень впливу концентрації борошна люпину на фізичні властивості тіста встановлено, що збільшення концентрації борошна люпину білого в пшеничному борошні до 15% збільшує час утворення тіста порівняно з контролем більш ніж удвічі [19], що підтверджується також і нашими дослідженнями. Варто зазначити, що об'ємний вихід хліба збільшився порівняно з контролем за умови додавання 3% люпинового борошна до пшеничного (890 мл у конт-

Таблиця 2

Середні значення фізичних характеристик тіста з борошном люпину за фаринографом та показника об'єму хліба

Уміст борошна люпину	Час утворення тіста, хв	Розрідження тіста, о.ф.*	Валориметрична оцінка, %	Об'єм хліба зі 100 г борошна, мл
Контроль (0%)	2,0	70	42,0	890
3%	4,4	54	48,4	934
6%	4,4	13	61,6	824
9%	6,0	25	69,8	744
12%	4,7	49	67,6	702
15%	8,4	51	65,0	632
НІР _{0,05}	1,36	1,54	1,34	2,03

*о.ф. – одиниць фаринографа.

рольному варіанті та 934 мл за 3%-ої концентрації). Подальше збільшення концентрації борошна люпину в пшенично-люпиновій суміші призводило до зменшення об'єму хліба (824 мл для 6% та 632 мл для 15%).

Відповідно до отриманих даних визначено рівняння регресії залежностей між показниками фаринографа та об'ємного виходу хліба і концентрацією борошна люпину, доданого в пшеничне борошно (рис. 13–16).

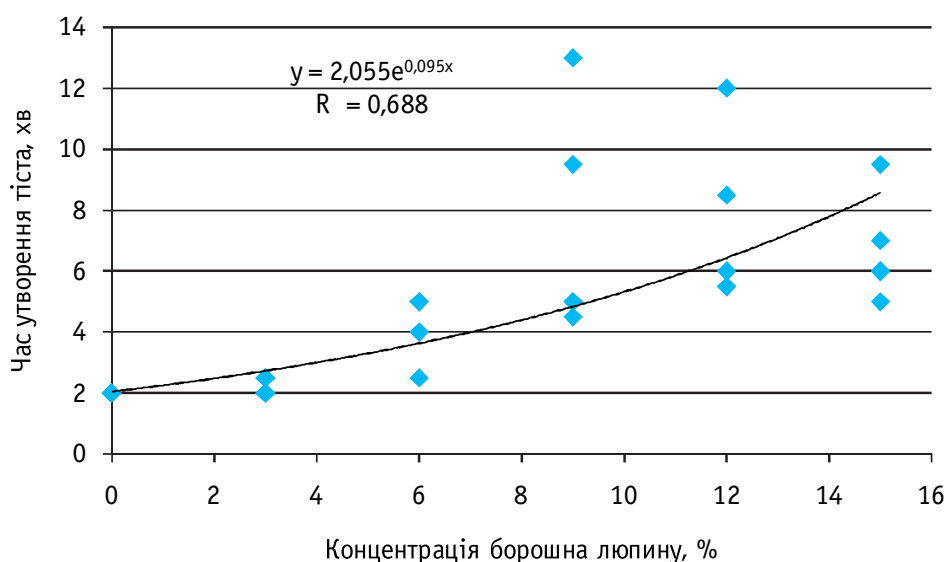


Рис. 13. Залежність показника часу утворення тіста від концентрації борошна люпину

Між часом утворення тіста та концентрацією борошна люпину є пряма експоненціальна залежність, яку описує рівняння регресії:

$$y = 02,0554e^{0,0952x},$$

де y – значення показника часу утворення тіста; x – кількість борошна люпину. Визначений показник значною мірою корелює з кількістю борошна люпину – $r = 0,69$.

Між показниками розтяжності тіста та валориметричною оцінкою і кількістю борошна люпину встановлена відповідно пряму та обернену поліноміальні залежності (рис. 14–15).

За результатами аналізу визначено, що між показником розрідження тіста та концентрацією борошна люпину існує пряма поліноміальна залежність, яку можна описати рівнянням типу:

$$y = 0,6944x^2 - 11,35x + 71,5,$$

де y – значення показника розрідження тіста; x – кількість борошна люпину. Коефіцієнт кореляції є значим – $r = 0,5$.

Взаємозв'язок між кількістю борошна люпину та валориметричною оцінкою описується таким рівнянням регресії:

$$y = -0,2115x^2 + 4,8945x + 39,807,$$

де y – валориметрична оцінка; x – кількість борошна люпину.

Між концентрацією борошна люпину та валориметричною оцінкою тіста виявлено обернену поліноміальну залежність. Коефіцієнт кореляції досліджуваної ознаки високий – $r = 0,72$.

Залежність між показником об'ємного виходу хліба зі 100 г борошна та концентрацією борошна люпину має обернений лінійний тип (рис. 16).

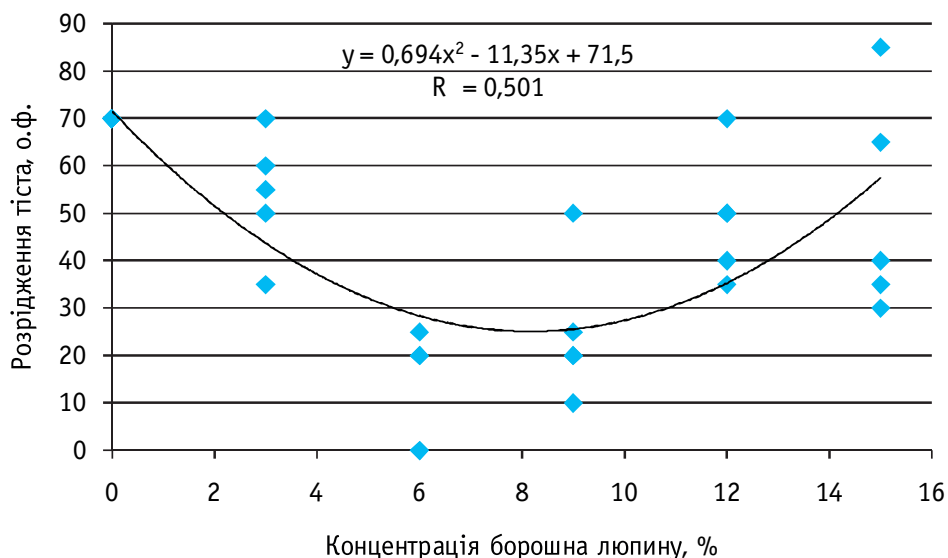


Рис. 14. Залежність показника розрідження тіста від концентрації борошна люпину

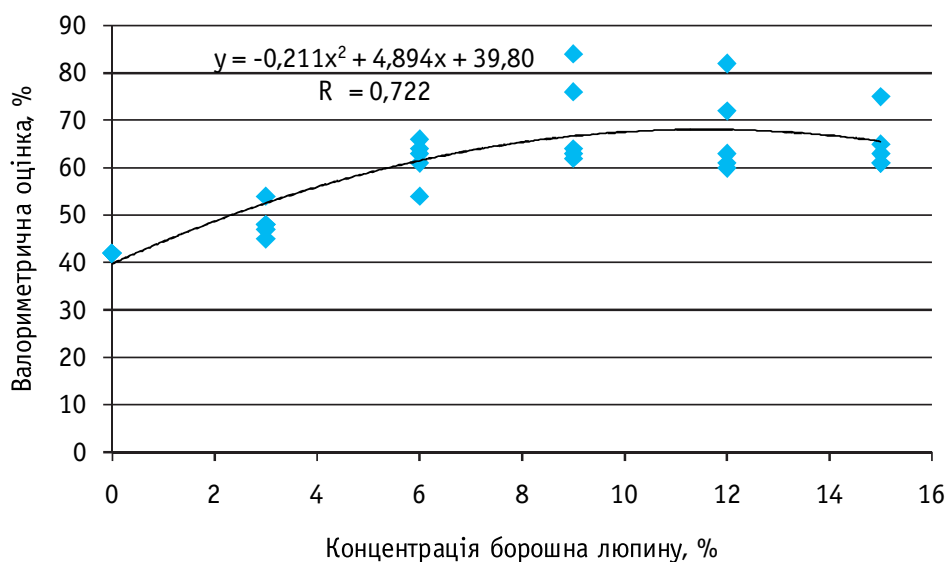


Рис. 15. Залежність показника валориметричної оцінки від концентрації борошна люпину

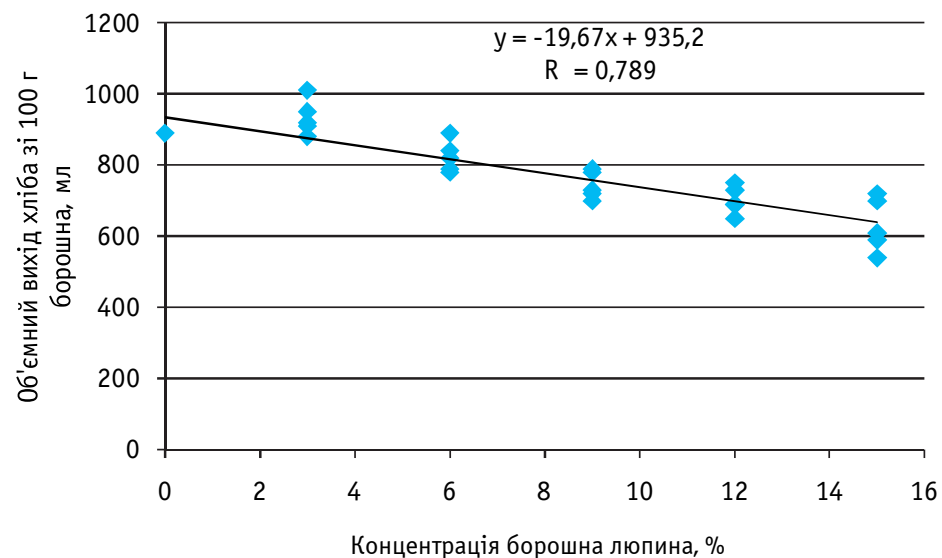


Рис. 16. Залежність показника об'ємного виходу хліба від концентрації борошна люпину

Зв'язок між показником об'ємного виходу хліба та кількістю люпинового борошна описується таким рівнянням регресії:

$$y = -19,676x + 935,24,$$

де y – значення показника об'ємного виходу хліба, x – кількість борошна люпину. Коефіцієнт кореляції ($r = 0,79$) свідчить про тісний зв'язок між досліджуваними показниками.

У результаті досліджень визначено рівняння регресії залежності між кількістю борошна люпину (%) та показниками фаринографа, а також об'ємним виходом хліба.

Отже, між досліджуваними показниками фаринографа та концентрацією борошна люпину визначено експоненціальну, лінійну та поліноміальну залежність. Лінійну залежність встановлено між об'ємним виходом хліба та концентрацією борошна люпину в суміші.

Варто зазначити, що визначені залежності між фізичними характеристиками за альвеографом і фаринографом різнилися. Зокрема, між фізичними властивостями тіста з додаванням люпину за альвеографом наявні лінійні залежності, тимчасом як за показниками фаринографа отримано не тільки лінійні, але й поліноміальні та експоненціальні залежності.

Збільшення концентрації люпинового борошна в пшенично-люпиновій суміші до 15% призводить до зменшення об'ємного виходу хліба на 14% проти контрольного варіанту [20]. У наших дослідженнях зменшення цього показника за 15%-ої концентрації люпинового борошна становило 28% (з 890 до 632 мл). Згідно з літературними даними [20], зменшення впливу білків люпину на тісто з пшеничного борошна є наслідком зменшення концентрації глютену завдяки доданим білкам люпину, що призводить до зменшення індексу еластичності тіста та сили борошна.

Bilgicli N. та Levent H. [7] досліджували вплив люпинового борошна та висівок на формування печива і вміст мікроелементів. За їх даними, додавання 30% борошна люпину підвищує загальний вміст білка в печиві вдвічі, а також збільшує вміст таких елементів, як кальцій, мідь, магній та фосфор. Випікання хліба з використанням люпинового борошна, за даними D. Z. Al Omari зі співавторами [8], збільшує вміст у ньому білка, ліпідів, харчових волокон і знижує рівень вуглеводів. Таким чином, отриманий хліб є кориснішим для харчування.

Застосування борошна люпину вузьколистого як додаткового компонента в кількості 10% для випічки хліба підвищує вміст білка до 14%, харчових волокон – до 112%, для печива (28%) збільшує вміст білка до 51%,

харчових волокон – 316% [21]. Також визначено, що харчова, фітохімічна та біологічно активна цінність хліба з пшеничного борошна значно поліпшується з додаванням борошна люпину [9].

Отже, за результатами проведених досліджень встановлено, що за реологічними та фізичними властивостями тісто з додаванням борошна люпину вузьколистого може виступати як добрий поліпшувач і філер за показниками валориметричної оцінки, об'ємним виходом хліба та збалансованістю P/L у концентрації 3%. Збільшення відсотка люпинового борошна призводить до зниження показників розрідження тіста, індексу еластичності, розтяжності тіста та сили борошна, що, зі свого боку, зменшує об'ємний вихід хліба. Проте, зважаючи на дані щодо підвищеної харчової цінності кондитерських виробів із додаванням борошна люпину, визначені закономірності мають практичну цінність для застосування.

Висновки

У результаті проведених досліджень визначено вплив факторів на реологічні властивості тіста, а також об'ємний вихід хліба за додання борошна люпину вузьколистого до пшеничного борошна. Найістотніше на ці показники впливає концентрація борошна люпину в пшенично-люпиновій борошняній суміші (57–98%), тимчасом як частка впливу сортів люпину, використаних у дослідженні, не перевищує 18%.

Установлені рівняння регресії між концентрацією борошна люпину та фізичними характеристиками тіста, визначеними на альвеографі та фаринографі, дають змогу спрогнозувати їх зміни залежно від кількості люпинового борошна, доданого в пшеничне.

Додавання 3% борошна люпину вузьколистого до борошна пшениці сорту 'Подольянка' збільшує об'ємний вихід хліба в середньому до 934 мл.

Визначені закономірності мають практичну цінність для застосування в технологічному процесі виготовлення хлібобулочних та кондитерських виробів.

Подяка. Автори статті висловлюють подяку старшому науковому співробітнику лабораторії оригінального насінництва Інституту фізіології рослин і генетики НАН України Ратошнюку В. І. за наданий для досліджень матеріал.

Використана література

1. Анисимова Л. В., Ахмед С. О. И. Реологические свойства теста из смеси пшеничной и цельнозерновой овсяной муки. *Ползуновский вестник*. 2017. № 3. С. 9–13.

2. Болдина А. Использование рисовой муки в качестве биологически активной добавки и изучение ее влияния на реологию теста. *Хранение и переработка зерна*. 2014. № 7. С. 49–51.
3. Доценко В. Ф., Мирошник Ю. А., Шидловская Е. Б., Медвидь И. М. Исследование возможности использования плодовых порошков в технологии бисквитных полуфабрикатов. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2014. Т. 3, № 10. С. 64–69. doi: 10.15587/1729-4061.2014.24885
4. Kohajdová Z., Karovičová J., Schmidt Š. Lupin composition and possible use in bakery – a review. *Czech J. Food Sci.* 2011. Vol. 29, Iss. 3. P. 203–211. doi: 10.17221/252/2009-CJFS
5. Corrao A. Grape seed as a possible source of food protein. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 1979. Vol. 56, Iss. 3. P. 460–460. doi: 10.1007/BF02671540
6. Paraskevopoulou A., Provatidou E., Tsotsiou D., Kiosseoglou V. Dough rheology and baking performance of wheat flour–lupin protein isolate blends. *Food Res. Int.* 2010. Vol. 43, Iss. 4. P. 1009–1016. doi: 10.1016/j.foodres.2010.01.010
7. Bilgiçli N., Levent H. Utilization of lupin (*Lupinus albus* L.) flour and bran with xylanase enzyme in cookie production. *Legume Res.* 2014. Vol. 37, Iss. 3. P. 264–271. doi: 10.5958/j.0976-0571.37.3.040
8. Al Omari D. Z., Abdul-Hussain S. S., Ajo R. Y. Germinated lupin (*Lupinus albus*) flour improves Arabic flat bread properties. *Qual. Assur. Saf. Crop. Food.* 2016. Vol. 8, Iss. 1. P. 57–63. doi: 10.3920/QAS2014.0441
9. Villarino C. B. J., Jayasena V., Coorey R. et al. The effects of lupin (*Lupinus angustifolius*) addition to wheat bread on its nutritional, phytochemical and bioactive composition and protein quality. *Food Res. Int.* 2015. Vol. 76, Iss. 1. P. 58–65. doi: 10.1016/j.foodres.2014.11.046
10. Ратошнюк В. І. Доцільність використання продуктів переробки безалкалоїдного люпину для підвищення харчової і біологічної цінності хлібобулочних виробів. *Наук. доповіді НУ-БіП України*. 2017. № 4. URL: <http://journals.uran.ua/index.php/2223-1609/article/view/112413/107167>
11. Ратошнюк В. І., Присяжнюк Л. М. Ефективність використання борошняних сумішей з пшениці озимої м'якої та люпину вузьколистого безалкалоїдного в технології випікання хліба. *Миронівський вісник*. 2017. Вип. 5. С. 194–204.
12. Костенко Н. П., Лактїонова С. О. Дослідження нових сортів люпину вузьколистого (*Lupinus angustifolius* L.) та люпину білого (*Lupinus albus* L.). *Plant Var. Stud. Prot.* 2013. № 3. С. 26–29. doi: 10.21498/2518-1017.3(20).2013.57437
13. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця : ФОР Корзун Д. Ю., 2016. 158 с.
14. Ермантраут Е. Р., Бобро М. А., Гонцій Т. І. та ін. Методика наукових досліджень в агрономії: навчальний посібник. Харків : ХНАУ, 2008. 64 с.
15. Pollard N. J., Stoddard F. L., Popineau Y. et al. Lupin flours as additives: Dough mixing, breadmaking, emulsifying, and foaming. *Cer. Chem.* 2002. Vol. 79, Iss. 5. P. 662–669. doi: 10.1094/CCHEM.2002.79.5.662
16. Ahmed A. R. A. Technological and Nutritional Studies on Sweet Lupine Seeds and its Applicability in Selected Bakery Products : Doctoral Thesis / Technical University of Berlin. Berlin, 2012. 149 p. doi: 10.14279/depositonce-3348
17. Ларченко К. А., Моргун Б. В. Ознаки якості зерна пшениці та методи їх поліпшення. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2010. Т. 42, № 6. С. 463–474.
18. Усова З. В. Реологічні властивості тіста та хлібопекарські показники якості борошна пшеничних генотипів в залежності від субодиноць високомолекулярних глютенів. *Селекція і насінництво*. 2010. Вип. 98. С. 196–203. doi: 10.30835/2413-7510.2010.70260
19. Abdel-Samie M. A. S., Abdulla G. Evaluation of sweet lupin seeds flour addition on pan bread qualities. *J. Food Dairy Sci.* 2016. Vol. 7, Iss. 2. P. 271–279.
20. Bartkiene E., Jakobsone I., Juodeikiene G. et al. Effect of lactic acid fermentation of lupine wholemeal on acrylamide content and quality characteristics of wheat-lupine bread. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2013. Vol. 64, Iss. 7. P. 890–896. doi: 10.3109/09637486.2013.805185
21. Villarino C. B. J., Jayasena V., Coorey R. et al. Nutritional, health, and technological functionality of lupin flour addition to bread and other baked products: Benefits and challenges. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2016. Vol. 56, Iss. 5. P. 835–857. doi: 10.1080/10408398.2013.814044

References на перевірку в перекладача

1. Anisimova, L. V., & Ahmed, S. O. I. (2017). Rheological properties of dough from a mixture of wheat flour and whole oat flour. *Polzunovskij vestnik* [Polzunovsky vestnik], 3, 9–13. [in Russian]
2. Boldina, A. (2014). Using rice flour as a dietary supplement and studying its effect on the rheology of dough. *Khranenie i pererabotka zerna* [Grain Storage and Processing], 7, 49–51. [in Russian]
3. Dotsenko, V. F., Miroshnik, Yu. A., Shidlovskaya, E. B., & Medvid, I. M. (2014). Studying possibility of using fruit powders in technology of sponge-cake semi-finished products. *East.-Eur. J. Enterp. Technol.*, 3(10), 64–69. doi: 10.15587/1729-4061.2014.24885 [in Russian]
4. Kohajdová, Z., Karovičová, J., & Schmidt, Š. (2011). Lupin composition and possible use in bakery – a review. *Czech J. Food Sci.*, 29(3), 203–211. doi: 10.17221/252/2009-CJFS
5. Corrao, A. (1979). Grape seed as a possible source of food protein. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 56(3), 460. doi: 10.1007/BF02671540
6. Paraskevopoulou, A., Provatidou, E., Tsotsiou, D., & Kiosseoglou, V. (2010). Dough rheology and baking performance of wheat flour–lupin protein isolate blends. *Food Res. Int.*, 43(4), 1009–1016. doi: 10.1016/j.foodres.2010.01.010
7. Bilgiçli, N., & Levent, H. (2014). Utilization of lupin (*Lupinus albus* L.) flour and bran with xylanase enzyme in cookie production. *Legume Res.*, 37(3), 264–271. doi: 10.5958/j.0976-0571.37.3.040
8. Al Omari, D. Z., Abdul-Hussain, S. S., & Ajo, R. Y. (2016). Germinated lupin (*Lupinus albus*) flour improves Arabic flat bread properties. *Qual. Assur. Saf. Crop. Food.*, 8(1), 57–63. doi: 10.3920/QAS2014.0441
9. Villarino, C. B. J., Jayasena, V., Coorey, R., Chakrabarti-Bell, S., Foley, R., Fanning, K., & Johnson, S. K. (2015). The effects of lupin (*Lupinus angustifolius*) addition to wheat bread on its nutritional, phytochemical and bioactive composition and protein quality. *Food Res. Int.*, 76(1), 58–65. doi: 10.1016/j.foodres.2014.11.046
10. Ratoshniuk, V. I. (2017). Expedience of the use of processing products of non-alkaloid lupin for enhancement of nutritive and biological value of bakery products. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukraini* [Scientific reports NULES of Ukraine], 4. Retrieved from <http://journals.uran.ua/index.php/2223-1609/article/view/112413/107167> [in Ukrainian]
11. Ratoshniuk, V. I., & Prysiazhniuk, L. M. (2017). Efficiency of using flour mixture of bread winter wheat and non-alkaloid narrow-leaved lupine in bread-baking technology. *Mironivskij visnik* [Myronivka Bulletin], 5, 194–204. [in Ukrainian]
12. Kostenko, N. P., & Lakhtionova, S. O. (2013). Research of new varieties of narrow-leaved lupine (*Lupinus angustifolius* L.) and white lupine (*Lupinus albus* L.). *Plant Var. Stud. Prot.*, 3, 26–29. doi: 10.21498/2518-1017.3(20).2013.57437 [in Ukrainian]
13. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslin na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslinnytstva* [Regulations on the procedure and the conduct of qualification tests for suitability of crop varieties for dissemination in Ukraine. Methods of determining quality indices of crop products]. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]

14. Ermantraut, E. R., Bobro, M. A., Hoptsi, T. I., Ohurtsov, Ye. M., Prysiazhniuk, O. I., Shevchenko, I. L., ... Rozhkov, A. O. (2008). *Metodyka naukovykh doslidzhen v ahronomii* [Methodology of scientific research in agronomy]. Kharkiv: KhNAU. [in Ukrainian]
15. Pollard, N. J., Stoddard, F. L., Popineau, Y., Wrigley, C. W., & MacRitchie, F. (2002). Lupin flours as additives: Dough mixing, breadmaking, emulsifying, and foaming. *Cer. Chem.*, 79(5), 662–669. doi: 10.1094/CCHEM.2002.79.5.662
16. Ahmed, A. R. A. (2012). *Technological and Nutritional Studies on Sweet Lupine Seeds and its Applicability in Selected Bakery Products*: Doctoral Thesis. Technical University of Berlin, Germany. doi: 10.14279/depositonce-3348
17. Larchenko, K. A., & Morgun, B. V. (2010). Wheat grain quality traits and methods of their improvement. *Fiziol. Biokhim. Kul't. Rast.* [Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants], 46(6), 463–474. [in Ukrainian]
18. Usova, Z. V. (2010). Rheological properties of the dough and baking quality indices of wheat genotypes flour depending on the subunits of high molecular weight glutenins. *Selekcija i nasinnictvo* [Plant Breeding and Seed Production], 98, 196–203. doi: 10.30835/2413-7510.2010.70260 [in Ukrainian]
19. Abdel-Samie, M. A. S., & Abdulla, G. (2016). Evaluation of sweet lupin seeds flour addition on pan bread qualities. *J. Food Dairy Sci.*, 7(2), 71–79.
20. Bartkiene, E., Jakobsone, I., Juodeikiene, G., Vidmantiene, D., Pugajeva, I., & Bartkevics, V. (2013). Effect of lactic acid fermentation of lupine wholemeal on acrylamide content and quality characteristics of wheat-lupine bread. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 64(7), 890–896. doi: 10.3109/09637486.2013.805185
21. Villarino, C. B. J., Jayasena, V., Coorey, R., Chakrabarti-Bell, S., & Johnson, S. K. (2016). Nutritional, health, and technological functionality of lupin flour addition to bread and other baked products: Benefits and challenges. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 56(5), 835–857. doi: 10.1080/10408398.2013.814044

УДК 633.367.2.53.091

Присяжнюк Л. М.*, **Ляшенко С. Ф.**, **Смульская И. В.**, **Хоменко Т. М.** Изучение влияния муки люпина узколистного на реологические свойства теста из пшеничной муки // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 1. С. 80–92. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.1.2019.162487>

Український інститут експертизи сортів рослин, ул. Генерала Родимцева, 15, з. Київ, 03041, Україна, *e-mail: prysiazhniuk_l@ukr.net

Цель. Установить закономерности изменения реологических свойств теста и лабораторной выпечки в зависимости от количества муки из разных сортов люпина, добавленного к пшеничной муке. **Методы.** Хлебопекарные качества анализировали с помощью альвеографа и фаринографа. **Результаты.** На основе оценки показателей альвеографа, фаринографа и лабораторной выпечки хлеба определены закономерности изменения реологических свойств теста при добавлении муки люпина к пшеничной муке. Доля влияния сорта люпина на показатели силы муки, упругости и растяжимости теста, индекса эластичности составляет от 1 до 4%, концентрации муки – 82–98%. На основе полученных данных определены уравнения регрессии зависимостей между показателями альвеографа и количеством муки люпина, добавленной к пшеничной. Установлено линейную зависимость между физическими характеристиками теста и концентрацией муки люпина. Доля влияния сорта люпина на время образования теста, показатель разжижения теста, валориметрическую оценку мучной смеси составляет 4–18%, концентрации муки

люпина – 57–76%. Показатель объемного выхода хлеба на 86% определяется концентрацией муки люпина и на 6% – его сортом. На основе уравнений регрессии между физическими свойствами теста и концентрацией муки люпина существует экспоненциальная, линейная и полиномиальная зависимость. Линейную зависимость установлено между объемным выходом хлеба и концентрацией муки люпина в пшенично-люпиновой смеси. **Выводы.** На реологические свойства теста, а также объемный выход хлеба наиболее существенно влияет концентрация муки люпина в пшенично-люпиновой мучной смеси (57–98%). Доля влияния на эти показатели сортов люпина, использованных в исследовании, не превышает 18%. Установленные уравнения регрессии между концентрацией муки люпина и физическими характеристиками теста позволяют спрогнозировать их изменения в зависимости от количества люпиновой муки, добавленной в пшеничную.

Ключевые слова: люпин узколистный; реологические свойства теста; процент влияния фактора; коэффициент корреляции.

UDC 633.367.2.53.091

Prysiazhniuk, L. M.*, **Liashenko, S. O.**, **Smulska, I. V.**, & **Khomenko, T. M.** (2019). Investigation of the impact of *Lupinus angustifolius* L. flour on the rheological properties of wheat flour dough. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(1), 80–92. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.1.2019.162487>

Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Heneral Rodymtseva St., 03041, Kyiv, Ukraine, *e-mail: prysiazhniuk_l@ukr.net

Purpose. To investigate the patterns of changing the rheological properties of the dough and laboratory baking, depending on the amount of flour from different varieties of lupine added to wheat flour. **Methods.** The baking quality was analyzed using an alveograph and farinograph. **Results.** Based on the evaluation of alveograph, farinograph and laboratory bread baking, the patterns of changing the rheological properties of the dough when adding lupine flour to wheat flour were determined. The share of lupine variety's influenced on flour strength, elasticity and stretchability of the dough, elasticity index ranged from 1 to 4%, with flour

concentration – 82–98%. On the basis of the obtained data of the regression equation for the dependencies between the alveographer parameters and the amount of lupine flour added to wheat one were determined. A linear relationship was established between the physical characteristics of dough and the concentration of lupine flour. The proportion of the lupine variety impact on the time of dough formation, rate of dough fluidizing, calorimetric estimation of the flour mixture was 4–18%, the concentration of lupine flour was 57–76%. The bread loaf volume was for 86% determined by the concentration of lupine flour and for 6% by

lupine variety. Based on the regression equations between the physical properties of the dough and the concentration of lupine flour, an exponential, linear, and polynomial dependence were found. The linear dependence was revealed between the bread loaf volume and the concentration of lupine flour in a lupine-wheat mixture. **Conclusions.** The rheological properties of the dough, as well as the bread loaf volume, were most influenced by the concentration of lupine flour in lupine-wheat flour mixture (57–98%). The

share of influence on these indicators of lupine varieties used in the study did not exceed 18%. The revealed regression equations between the concentration of lupine flour and the physical characteristics of the dough allow predicting their changes depending on the amount of lupine flour added to wheat flour.

Keywords: *Lupinus angustifolius L.*; rheological properties of the test; proportion impact of the factor; coefficient of correlation.

Надійшла / Received 26.02.2019
Погоджено до друку / Accepted 21.03.2019