

INFLUENCE OF RICE FLOUR ON STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF DOUGH AND BREAD QUALITY

V. Drobot, A. Shevchenko, S. Litvynchuk
National University of Food Technologies

Key words:

Bread
Rice flour
Lecithin
Structural and mechanical properties of dough
IR spectra
Consumer properties

Article history:

Received 23.09.2021
Received in revised form 06.10.2021
Accepted 20.10.2021

Corresponding author:

A. Shevchenko
E-mail:
nastyusha8@ukr.net

ABSTRACT

The last decade was recognized as a time of rapid development of gastrointestinal tract diseases, including inflammatory bowel disease. The etiology of this disease is unknown. The age peak of the incidence is 20—40 years, ie the working population. This negatively affects the economic situation in the world. The course of this disease largely depends on nutrition, because the main approach to reducing morbidity is diet. According to the recommendations of nutritionists the protein content should increase in the diet with maximum restriction of fiber. Bread, as one of the main food products, is an excellent product for adjusting its chemical composition and nutritional value, taking into account the recommendations of nutritionists. The structural and mechanical properties of the dough for the manufacture of bread were characterized by the gas-holding capacity in terms of the specific volume of the dough and the shape-holding capacity in terms of the spread of the dough ball. Studies of conformational changes of protein substances were performed in the near infrared region by IR spectroscopy in the wavelength range 1330—2370 nm with a step of 10 nm. Samples were prepared with lecithin and replacing part of the wheat flour with rice. The use of rice flour reduces gas content by 3.7—20.4%. The diameter of the ball of dough with rice flour during fermentation decreased by 3.7—18.5%, depending on its dosage. This indicated an increase in the viscosity of the dough system due to its biopolymers. The introduction of lecithin and rice flour significantly changes the protein complex of the dough because the main function in the formation of gluten is played by proteins. All reflection spectra of the studied samples, except for the lecithin sample, have a similar character. Samples of all types of raw materials in the analyzed wavelength range preferably had a higher reflection intensity than samples of dough made with their addition. Increasing the dosage of rice flour reduced the specific volume and porosity of bread samples. The rational amount of application of rice flour to replace wheat flour was set at no more than 20%.

ВПЛИВ РИСОВОГО БОРОШНА НА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТІСТА ТА ЯКІСТЬ ХЛІБА

В. І. Дробот, А. О. Шевченко, С. І. Літвинчук
Національний університет харчових технологій

Останнє десятиліття визнано часом стрімкого розвитку хвороб шлунково-кишкового тракту, зокрема запальних захворювань кишечника. Етіологія цих захворювань невідома. Віковий пік захворюваності припадає на 20—40 років, тобто на працездатне населення. Це негативно впливає на економічну ситуацію у світі. Перебіг цих хвороб значною мірою залежить від харчування, адже основним підходом до зниження захворюваності є дієтотерапія. Згідно з рекомендаціями дієтологів у раціоні варто підвищувати вміст білка при максимальному обмеженні клітковини. Хліб, як один із основних продуктів харчування, є чудовим продуктом для корегування його хімічного складу та харчової цінності, беручи до уваги рекомендації дієтологів.

Структурно-механічні властивості тіста при виготовленні хліба характеризували за газоутримувальною здатністю за показниками питомого об'єму тіста та формоутримувальною здатністю за показником розпливання кульки тіста. Дослідження конформаційних змін білкових речовин проводили у ближній інфрачервоній області методом ІЧ-спектроскопії у діапазоні довжин хвиль 1330—2370 нм з кроком 10 нм. Зразки готували з лецитином та заміною частини пшеничного борошна на рисове. За використання рисового борошна знижується газоутримання на 3,7—20,4%. Діаметр кульки тіста з рисовим борошном за час ферментації зменшився на 3,7—18,5%, залежно від дозування. Це свідчить про підвищення в'язкості тістової системи завдяки його біополімерам. Оскільки основну функцію в утворенні клейковини відіграють білки, внесення лецитину та рисового борошна значно змінює білковий комплекс тіста. Усі спектри відбивання досліджуваних зразків, крім зразка лецитину, мають подібний характер. Зразки всіх видів сировини в проаналізованому діапазоні довжин хвиль переважно мають вищу інтенсивність відбивання, ніж зразки тіста, виготовленого з їх додаванням. При збільшенні дозування рисового борошна знижується питомий об'єм і пористість зразків хліба. Встановлено, що раціональна кількість внесення рисового борошна на заміну пшеничного не більше 20%.

Ключові слова: хліб, рисове борошно, лецитин, структурно-механічні властивості тіста, ІЧ-спектри, споживчі властивості.

Постановка проблеми. Останнє десятиліття визнано часом стрімкого розвитку хвороб шлунково-кишкового тракту, зокрема запальних захворювань кишечника (ЗЗК). До них відносять неспецифічний виразковий коліт (НВК) і хворобу Крона (ХК). Розповсюдженість НВК коливається від 28 до 117, ХК — від 34 до 146 хворих на 100 тис. населення. Етіологія цих захворювань невідома, проте найбільша перевага віддається імуногенетичній теорії виникнення ЗЗК.

Віковий пік захворюваності на НВК припадає на 20—40 років, ХК — на 20—29 років, тобто на працездатне населення. Це негативно впливає на економічну ситуацію у світі (Свінціцький та ін., 2009; Burisch & Munkholm, 2013; Stepanov, Skyrda & Petishko, 2017).

Перебіг цих хвороб значною мірою залежить від харчування, адже основним підходом до зниження захворюваності є дієтотерапія. На ринку України практично не представлений такий сегмент продукції, зокрема хлібобулочної, а отже, відсутні і підходи до створення відповідних виробів. Тому актуальним завданням є розроблення підходів до дієтотерапії за споживання хлібобулочних виробів особами, хворими на ЗЗК. Згідно з рекомендаціями дієтологів у раціоні варто підвищувати вміст білка при максимальному обмеженні клітковини (Forbes та ін., 2017). З цією метою перспективною сировиною з низьким вмістом харчових волокон є продукти переробки рису, зокрема рисове борошно.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На відміну від рекомендацій ВООЗ включати в щоденний раціон харчові волокна, хворим, які страждають на запальні захворювання кишечника, варто споживати цих нутрієнтів якомога менше. Одним із шляхів ефективного зниження в раціоні кількості харчових волокон є заміна рецептурних компонентів з високим їх вмістом на сировину зі зниженою кількістю. З цією метою перспективним напрямком є заміна пшеничного борошна на інші види, зокрема рисове. Відомо використання рисового борошна в технології безглютенних виробів.

Дослідженнями властивостей рисового борошна встановлено, що воно містить менше власних цукрів і характеризується меншою цукроутворювальною здатністю, ніж пшеничне. Газоутворювальна здатність значно залежить від дисперсності частинок. Це впливає на доступність крохмалю і цукрів дії амілолітичних ферментів та доступність цукрів дії ферментів і дріжджів (Грищенко & Дробот, 2014).

Досліджено вплив рисового борошна на показники технологічного процесу та якість виробів при виробництві хліба з суміші картопляного і кукурудзяного крохмалю. Встановлено, що доцільно рисове борошно додавати в рецептуру виробів з крохмалю в кількості до 30% на заміну крохмалю. При цьому встановлено підвищення вмісту ароматуючих речовин у безглютенному хлібі з рисовим борошном на 12,7% порівняно з хлібом із суміші крохмалів. Також значно підвищується харчова цінність хліба, зокрема в 2,5 рази збільшується вміст білків, зростає вміст калію, магнію, заліза та вітамінів (Михонік & Грищенко, 2017).

Встановлено, що міцність модельних систем з рисовим борошном у кількості 30%, 25% та 15% на заміну кукурудзяного і картопляного крохмалів, через 60 хв ферментації зменшується на 10 Па. Розпливання кульок безглютенного тіста з рисовим борошном зменшується на 8,1%. Підвищення в'язкості тіста впливатиме на показники якості безглютенного хліба (Дробот & Грищенко, 2013).

Було вивчено взаємозв'язок між властивостями рисового борошна та питомим об'ємом хліба, приготовленого із суміші рисового борошна з пшеничним. Використане рисове борошно в основному складалося з багатогранних одиночних гранул крохмалю та гладких поверхневих клітин, оточених клітинною стінкою. Рисове борошно з високим вмістом пошкодженого крохмалю складалося лише з дрібних нерівномірних частинок без видимої структури. Менший ступінь пошкодження крохмалю та клітинних структур при меншому розмірі частинок має вирішальне значення для отримання кращого борошна для приготування хліба (Araki та ін., 2009).

Однак наведені дослідження не враховують рекомендації не виключати з раціону харчування хворих на ЗЗК глютен.

Також важливим у раціоні є вживання фосфоліпідів, зокрема фосфатидилхоліну, що є одним з основних мембранних фосфоліпідів, запобігає пошкодженню верхніх і нижніх відділів шлунково-кишкового тракту, бере участь у формуванні захисного шару кишкового муцину.

У хворих на ЗЗК вміст муцину зменшується (Дорофеев, Руденко, Швець & Дорофеева, 2017). Одним із джерел, багатих на фосфатидилхолін, є лецитин.

Метою дослідження є визначення впливу рисового борошна на структурно-механічні властивості тіста та якість готових виробів з пшеничного борошна, до складу яких внесено лецитин.

Матеріали і методи. Для досліджень використовували борошно пшеничне вищого сорту, лецитин соняшниковий з вмістом 95,3% фосфатидилхоліну, борошно рисове.

Зразки готували з додаванням лецитину у кількості 3% до маси борошна. Таке дозування обрали, виходячи з рекомендацій добової норми лецитину для осіб з ЗЗК (Partridge та ін., 2019). Для визначення раціональної кількості борошна рисове дозували у кількості 10%, 20%, 30%, 40% на заміну пшеничного борошна в рецептурі. Контролем був зразок без додаткової сировини.

Структурно-механічні властивості тіста характеризували за газотримувальною здатністю за показниками питомого об'єму тіста та формотримувальною здатністю за показником розпливання кульки тіста. Дослідження конформаційних змін білкових речовин проводили у ближній інфрачервоній області методом ІЧ-спектроскопії в діапазоні довжин хвиль 1330—2370 нм з кроком 10 нм.

Показники готових виробів визначали за стандартними методиками.

Статистичну обробку даних проводили за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel XP.

Викладення основних результатів дослідження. Аналіз хімічного складу досліджуваної сировини показав, що борошно рисове містить на 88,5% менше харчових волокон, порівняно з пшеничним (табл. 1).

Таблиця 1. Хімічний склад рисового борошна порівняно з пшеничним борошном вищого сорту

Вміст на 100г продукту	Пшеничне борошно в.с.	Борошно рисове
Білки,г	10,3	6
Жири,г	1,1	1,4
Вуглеводи, г	69,8	70
В т.ч. ХВ, г	3,5	0,4

Хоча борошно рисове містить менше білка, однак він є більш повноцінним, адже вміст амінокислоти лізину, що є лімітуючою в борошні пшеничному, вищий. Амінокислотний скор пшеничного борошна — 0,41, рисового — 0,63.

Кислотність борошна пшеничного та рисового однакова і становить 2,1 град, що свідчить про те, що цей показник не впливатиме на характеристики тіста та готових виробів при заміні пшеничного борошна на рисове.

Газотримувальну здатність тіста характеризували за показником його питомого об'єму протягом 3 год бродіння.

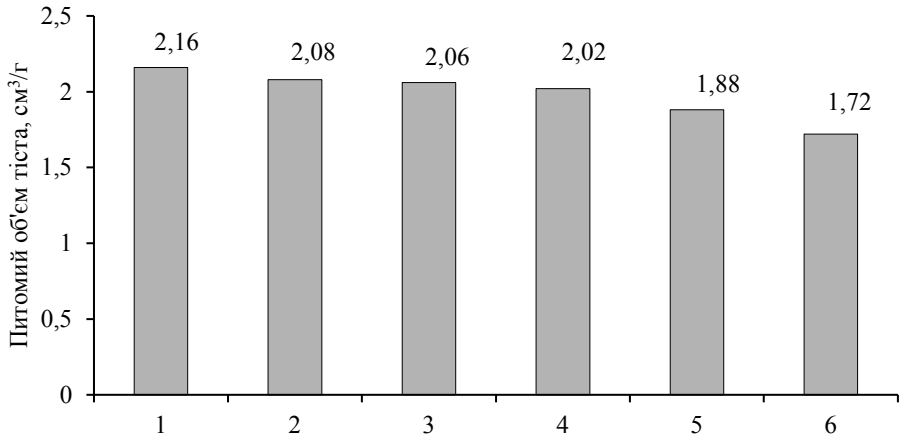


Рис. 1. Питомий об'єм тіста:

1 — контроль; 2 — зразок з лецитином; 3, 4, 5, 6 — з лецитином і рисовим борошном 10%, 20%, 30%, 40% на заміну борошна пшеничного

Встановлено, що за використання рисового борошна знижується газоутримання на 3,7—20,4% (рис. 1) за рахунок того, що клейковинний каркас тіста втрачає еластичність і послаблюється, що обумовлено впливом цієї сировини на клейковину пшеничного борошна. Це зумовлено відсутністю в рисовому борошні білків гліадину і глютеніну, які беруть участь у формуванні клейковинного каркасу.

Водночас змінюється в'язкість тіста. Вплив різної кількості рисового борошна на в'язкість тіста характеризували за розпливанням кульки тіста в процесі його ферментації протягом 3 год.

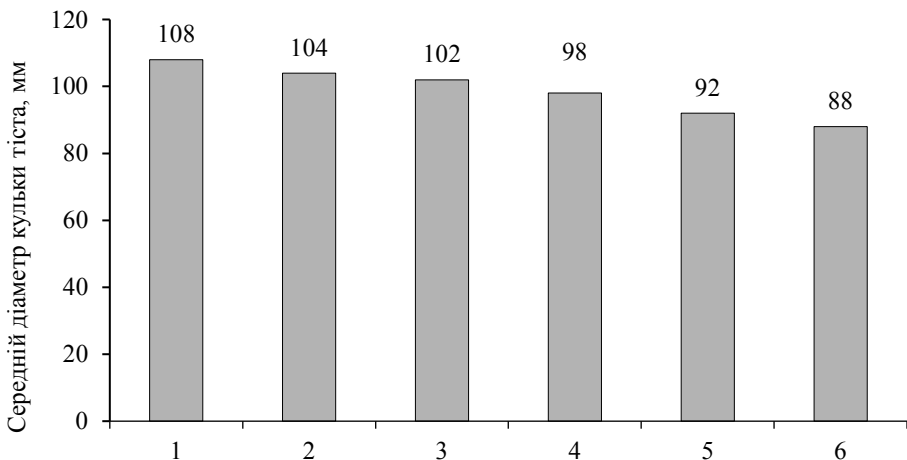


Рис. 2. Розпливання кульки тіста:

1 — контроль; 2 — зразок з лецитином; 3, 4, 5, 6 — з лецитином і рисовим борошном 10%, 20%, 30%, 40% на заміну борошна пшеничного

Встановлено (рис. 2), що діаметр кульки тіста з рисовим борошном за час ферментації зменшився на 3,7—18,5%, залежно від дозування. Це свідчить про підвищення в'язкості тістової системи завдяки його біополімерам (пентозани, білки), що зумовлюють вищу водопоглинальну здатність рисового борошна, порівняно з пшеничним.

Оскільки основну функцію в утворенні клейковини відіграють білки, а внесення лецитину та рисового борошна значно змінює білковий комплекс тіста, вивчали конформаційні зміни білкових речовин тіста методом ІЧ-спектроскопії. Готували зразки тіста з борошна вищого сорту, лецитину, додатково вносили рисове борошно на заміну пшеничного в кількості 20%. Зразки аналізували одразу після замішування та через 3,5 год бродіння. Також було проаналізовано сировину: борошно пшеничне, борошно рисове та лецитин (рис. 3).

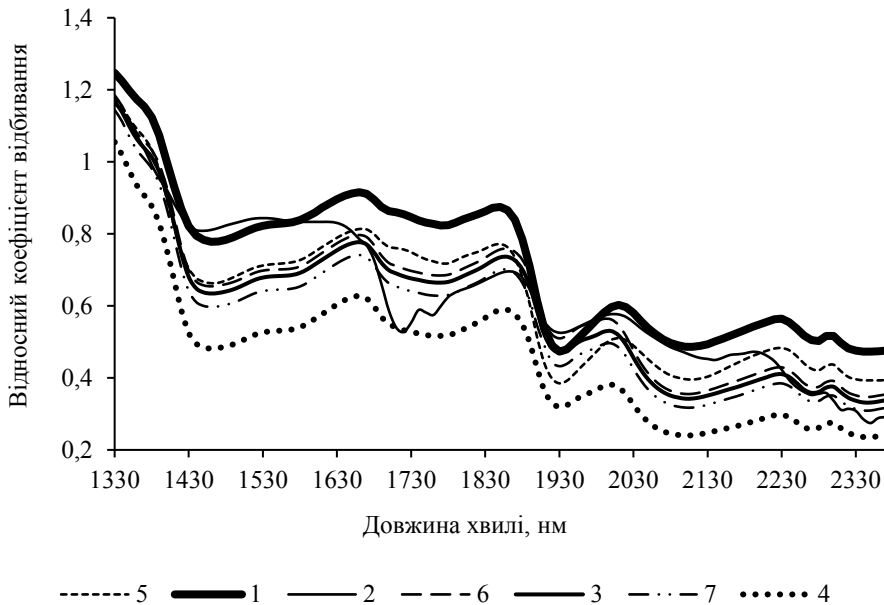


Рис. 3. Інфрачервоні спектри відбивання сировини та зразків тіста:

1 — пшеничне борошно; 2 — лецитин; 3 — тісто з лецитином після замішування; 4 — тісто з лецитином через 3,5 год бродіння; 5 — рисове борошно; 6 — тісто з рисовим борошном після замішування; 7 — тісто з рисовим борошном через 3,5 год бродіння

Як показав аналіз експериментальних даних, усі спектри відбивання досліджуваних зразків, крім зразка лецитину, мають подібний характер. Цю особливість можна пояснити його специфічним хімічним складом (лецитин є фосфоліпідною сумішшю у комбінації з триацилгліцеридами). Спектри пшеничного та рисового борошна між собою відрізняються лише за інтенсивністю відбивання (спектр пшеничного борошна розташований вище). Їх же екстремуми повністю збігаються. Основні мінімуми відбивання спостерігаються на довжинах хвиль: 1460, 1770, 1930, 2110, 2280 нм, максимуми — 1660, 1850, 2010, 2230, 2290 нм.

Зразки всіх видів сировини у проаналізованому діапазоні довжин хвиль переважно мають вищу інтенсивність відбивання, ніж зразки тіста, виготовленого з їх додаванням, що свідчить про конформаційні зміни білкових речовин при замішуванні тіста та в результаті процесів, які відбуваються під час його бродіння.

Спектри відбивання тіста після замішування із додаванням рисового борошна або лецитину майже збігаються (хоча зразок тіста з лецитином розташований дещо нижче). Проте у процесі бродіння протягом 3,5 год їх інтенсивність відбивання значно знижується. Це свідчить про перерозподіл білкових фракцій у процесі бродіння.

Закономірність же вищого розташування спектра відбивання зразка тіста з додаванням рисового борошна порівняно із зразком тіста з додаванням лецитину спостерігається і після їх бродіння. У всіх зразках досліджуваного тіста у певних областях спостерігалось зміщення екстремумів на ± 10 нм порівняно з визначеними характеристичними екстремумами, які мали спектри зразків пшеничного та рисового борошна.

Закономірності зміни технологічних характеристик тістових напівфабрикатів і вплив сировини на якість хліба визначали за пробним випіканням. Результати досліджень наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Показники якості готових виробів з рисовим борошном

Показники	Контроль	Зразок з лецитином	З рисовим борошном, % на заміну борошна пшеничного			
			10	20	30	40
Тісто						
Вологість, %	41,8	41,7	41,8	42,0	41,8	41,7
Кислотність, град -початкова -кінцева	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9
	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5
Тривалість бродіння, хв	150					
Тривалість вистоювання, хв	44	44	42	40	39	36
Хліб						
Питомий об'єм, см ³ /100 г	224	234	230	192	162	144
Формостійкість, Н/D	0,56	0,61	0,52	0,46	0,45	0,41
Пористість, %	73	75	75	74	66	63
Кислотність кінцева, град	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1
Стан поверхні	гладка, без тріщин			³ невеликими тріщинами	зі значними тріщинами	з великими тріщинами
Колір м'якушки	світлий					
Колір скоринки	світло-жовтий					
Структура пористості	рівномірна, дрібна, тонкостінна				нерівномірна, дрібна, товстостінна	
Смак	притаманний виробу					

Зі збільшенням відсотка заміни борошна пшеничного рисовим борошном скорочується тривалість вистоювання тістових заготовок на 2—6 хв. Це пов'язано з підвищеним газоутворенням у тісті, що спричинено більшою податливістю крохмалю рисового борошна амілолізу, ніж пшеничного. Це, у свою чергу залежить від гранулометричного складу борошна. Оскільки розмір частинок рисового борошна значно менше, ніж пшеничного, атакованість біополімерів ферментами більша і доступність цукрів борошна найкраща. Початкова та кінцева кислотність не змінюються при внесенні рисового борошна, адже його кислотність не відрізняється від кислотності пшеничного.

Формостійкість хліба значно знижується, що пов'язано з особливостями формування клейковинного каркасу в тісті з доданням рисової сировини. Кислотність м'якушки досліджуваних виробів практично така ж, як у контрольному зразку.

Зниження питомого об'єму та пористості зразків хліба можна пояснити тим, що рисове борошно має невелику активність амілолітичних ферментів, тому інтенсивність процесу спиртового бродіння в тісті знижується, внаслідок чого воно погано розпушується, а готові вироби мають малий об'єм та бліду скоринку. Також зі збільшенням дозування на поверхні скоринки з'являються тріщини.

Проведені розрахунки вмісту харчових волокон та забезпечення ними добової потреби організму (табл. 3).

Таблиця 3. Вміст харчових волокон у хлібі та забезпечення ними добової потреби організму

	Контроль	3 рисовим борошном, % на заміну борошна пшеничного			
		10	20	30	40
Вміст у 100 г продукту, г	2.65	2.42	2.18	1.95	1.71
Інтегральний скор, %	10.61	9.67	8.73	7.79	6.85
Інтегральний скор, % за рахунок вживання добової норми хліба (277 г)	29.38	26.78	24.17	21.57	18.97

Висновки

Встановлено доцільність збагачення пшеничного хліба продуктами переробки рису, а саме борошна, з огляду на необхідність зниження вмісту клітковини в раціоні хворих на ЗЗК.

За використання рисового борошна знижується газоутримання на 3,7—20,4%, що пояснюється впливом цієї сировини на клейковину пшеничного борошна.

Встановлено підвищення в'язкості тістової системи на 3,7—18,5% за рахунок збільшення водопоглинальної здатності тіста.

Знижується питомий об'єм і пористість зразків. Встановлено, що раціональна кількість внесення рисового борошна на заміну пшеничного не більше 20%.

Література

- Грищенко, А. М., Дробот, В. І. (2014). Технологічні властивості безглютенних видів сировини. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*, 1(46), 162—166.
- Дорофеев, А. Э., Руденко, Н. Н., Швець, Н. И., Дорофеева, А. А. (2017). Место фосфатидилхолина в лечении воспалительного поражения кишечника, *Гастроентерология*, 51(3), 205—208.

Дробот, В. І., Грищенко, А. М., (2013). Технологічні аспекти використання борошна круп'яних культур у технології безглютенового хліба. *Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр.*, 30, 52—58.

Михонік, Л. А., Грищенко, А. М. (2017). Використання рисового борошна в технології безглютенового хліба. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 23(2), 241—246.

Свінцицький, А. С., Конопльова, Л. Ф., Фещенко, Ю. І., Яременко, О. Б., Яшина, Л. О., Гаврисюк, В. К. ... Руденок, Ю. В. (2009). *Внутрішня медицина*. Київ: Медицина.

Araki, E., Ikeda, T., Ashida, K., Takata, K., Yanaka, M., Iida, S. (2009). Effects of rice flour properties on specific loaf volume of one-loaf bread made from rice flour with wheat vital gluten. *Food Science and Technology Research*, 15(4), 439—448.

Burisch, J., Munkholm, P. (2013). Inflammatory bowel disease epidemiology. *Current Opinion in Gastroenterology*, 29(4), 357—62.

Forbes, A., Escher, J., Hébuterne, X., Kłęk, S., Krznanic, Z., Schneider, S. ... Bischoff, C. (2017). Clinical nutrition in inflammatory bowel disease. *Clinical Nutrition*, 36(2), 321—347.

Partridge, D., Lloyd, K. A., Rhodes, J. M., Walker, A. W., Johnstone, A. M., Campbell, B. J. (2019). Food additives: Assessing the impact of exposure to permitted emulsifiers on bowel and metabolic health – introducing the FADiets study, *Nutrition Bulletin*, 44(4), 329—349.

Stepanov, Y., Skyrda, I., & Petishko, O. (2017). Chronic inflammatory bowel diseases: epidemiological features in Ukraine. *Gastroenterology*, 51(2), 97—105.