

УДК 664.644.9

DOI: 10.15587/2312-8372.2019.162674

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІНУЛІНУ З ЦИКОРІЮ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПШЕНИЧНОГО ТІСТА

Бондаренко Ю. В., Білик О. А., Кочубей-Литвиненко О. В., Халікова Е. Ф., Фаін А. В.

1. Вступ

Дослідження останніх років показали, що в харчуванні населення України існує проблема дефіциту полісахаридів, що призводить до розвитку різних захворювань – таких, як серцево-судинні, шлунково-кишкового тракту, цукровий діабет [1, 2]. Одним із важливих полісахаридів, що має пребіотичні властивості, є інулін, який в значній кількості міститься в топінамбурі, яконі, кульбабі, лопусі, цикорію, скорцонері [3–5]. Інуліновмісними продуктами актуально збагачувати пшеничний хліб як продукт масового споживання. В цьому напрямку були проведені дослідження [6], в яких рекомендовано обмежитися дозуванням інуліну в рецептурі пшеничного хліба 5 % до маси борошна. У роботі [7] автори використовували інулін у технології безглютенового хліба. Дослідниками праці [8] було оптимізовано рецептуру пшеничного хліба на основі сумісного використання карбонату кальцію та інуліну. У дослідженнях [9] встановлено закономірності формування структурно-механічних властивостей тіста за дозування порошків інуліну з топінамбуру та цикорію в кількості 2,5 і 5,0 г на 100 г пшеничного борошна. А у роботі [10] відзначено, що застосування інуліну у рецептурі виробів з обойного борошна може бути обмежене дозуванням 15 %. Виходячи з цього, актуально провести дослідження щодо встановлення максимально можливого дозування інуліну в рецептуру хліба з пшеничного сортового борошна, обґрунтовуючи його вплив на реологічні властивості тіста. Тому *об'єктом досліджень* у роботі є тісто з пшеничного борошна першого сорту, в рецептуру якого включено інулін з цикорію. *А метою досліджень* є встановлення впливу інуліну з цикорію на формування структурно-механічних властивостей тіста.

2. Методика проведення досліджень

У дослідженнях використовували інулін з цикорію «Cosucra» (Бельгія). Інулін з цикорію – це розчинне харчове волокно, що екстрагуються з коренів цикорію. Інулін – природний полісахарид, що складається із залишків D-фруктози (до 96 %), сполучених між собою β -2-1-глікозидним зв'язком. Інулін є низькокалорійним (1,3 ккал/г) пребіотичним волокном, біфідостимулятором в кишечнику. Ця сировина має вигляд білого порошку, ледь солодкуватого на смак, містить 96,3 % сухих речовин, 92,3 % з яких представлені інуліном.

Для оцінювання якості хліба з доданням інуліну з цикорію та встановлення її технологічно можливого дозування проводили пробне лабораторне випікання. Під час дослідження готували тісто з борошна першого сорту з

внесенням інуліну в кількості 5, 10 та 15 % до маси борошна. Контрольним був зразок за такою рецептурою: борошно пшеничне першого сорту – 100 г, дріжджі – 3 %, сіль – 1,5 %. Тісто замішували в тістомісильній машині Esher (Італія) 4 хв на першій швидкості та 7 хв – на другій. Тісто готували безопарним способом з масовою часткою вологи тіста – 41 %. За період бродіння проводили обминання тіста через 60 та 120 хв після замішування. Оброблення тіста здійснювали вручну, вистоювання тістових заготовок проводили у вистійній шафі за температури 38 ± 2 °С і відносній вологості 78 ± 2 % до готовності. Вироби випікали в шафовій печі за температури 220–240 °С із зволоженням пекарної камери.

Якість хліба оцінювали за фізико-хімічними (питомий об'єм, кислотність) та органолептичними показниками (зовнішній вигляд, стан поверхні скоринки, структура пористості, смак, запах) [11]. Газоутримувальну здатність тіста визначали – за зміною питомого об'єму 100 г тіста в циліндрі протягом бродіння тіста [12]. Пружно-еластичні характеристики тіста вивчали на фаринографі фірми «Brabender» (Швеція) та альвеографі фірми «Chopin» (Франція) [12]. Результати експериментальних досліджень піддавалися статистичній обробці, реалізованій за допомогою стандартних пакетів програм Microsoft Office.

3. Результати досліджень та обговорення

Структурно-механічні властивості тіста визначаються балансом між його пружно-еластичними та в'язко-пластичними характеристиками. Пружні властивості тіста гальмують розвиток його об'єму. Поряд з цим сприяють збереженню сформованими тістовими заготовками форми. Еластичність тіста обумовлює утворення піноподібної структури, що відіграє важливу роль у формуванні пористості та об'єму виробів. Понижена або надмірна еластичність тіста призводить до зменшення об'єму хліба.

Результати досліджень, отримані за допомогою фаринографа (табл. 1) свідчать, що у разі додавання інуліну підвищується водопоглинальна здатність тіста, напевне внаслідок вищої гідрофільної здатності фруктози, що є складовою інуліну. Це зумовлює подовження утворення тіста у разі внесення інуліну на 9,5–16,5 хв.

Таблиця 1

Структурно-механічні властивості тіста за фаринографом, $n=3$, $p\leq 0,95$

Показники	Контроль	Внесено інуліну, % до маси борошна		
		5	10	15
Консистенція, од. приладу	500	500	500	500
Водопоглинальна здатність, $\text{см}^3/100$ г	57,5	57,4	61,1	63,9
Тривалість утворення, хв	2,5	13	16,5	19,0
Еластичність, од. приладу	140	200	260	120
Стабільність, хв	5,0	10	15	20
Розрідження протягом замісу, 15 хв од. приладу	70	10	20	35

При дозуванні інуліну, порівняно з контролем розрідження тіста зменшується, а у разі дозування 5 та 10 % до маси борошна інуліну

покращується еластичність тіста. Більша еластичність тіста з інуліном пов'язана з тим, що утворені розчини проникають у структуру білкової молекули, відбуваються певні зміни в структурі молекул білка та утворення комплексів фруктози, що входить до складу інуліну, з білком. Внесення 15 % інуліну внаслідок вищої гідрофільної здатності зумовлює зменшення води для набухання клейковини, що погіршує гідратацію білків, підвищує їх пружність. Внаслідок того, що інулін при контакті з водою зумовлює утворення більш в'язкої рідкої фази тіста, ніж в контролі, це зменшує його розрідження.

Дані альвеограм (табл. 2) свідчать про зниження пружності та питомої роботи деформації у разі внесення інуліну в тісто. При збільшенні дозування інуліну знижуються пружно-еластичні властивості тіста, про що свідчить зменшення відношення P/L .

Таблиця 2

Вплив інуліну на пружно-еластичні властивості тіста (за альвеографом), $n=3, p \leq 0,95$

Показники	Контроль	Внесено інуліну, % до маси борошна		
		5	10	15
Пружність, P , мм	113	111	78	70
Розтяжність, L , мм	77	46	38	33
P/L	1,47	2,41	2,05	1,88
Площа альвеограми, S , см ²	19,5	15,1	13,7	14,6
Питома робота деформації, W , 10 одиниць альвеографа	346	219	121	121

Розтяжність тіста в значній мірі залежить від його еластичності. Зважаючи на це, можна передбачити кращу газотримувальну здатність зразків тіста, що за альвеографом мали більший показник розтяжності. Для підтвердження цього досліджували зміни об'єму тіста в мірному циліндрі на 500 см³ за температури 30 °С протягом 4 год бродіння. Встановлено (рис. 1), що при внесенні 5 % інуліну спостерігається покращання питомого об'єму тіста на 10 % по відношенню до контролю. Це зумовлено покращанням еластичності тіста, поряд з певним укріпленням клейковинного каркасу. При збільшенні дозування інуліну зменшується питомий об'єм тіста за рахунок розвитку більш пружних властивостей тіста.

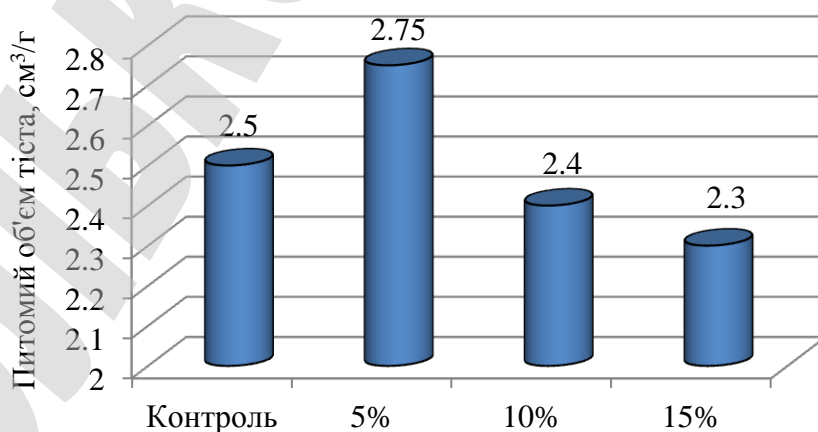


Рис. 1. Питомий об'єм тіста

Тістова система поряд з пружно-еластичними має в'язко-пластичні властивості. Залишкова деформація, що накопичується в ньому під час бродіння зумовлює зміщення шарів тіста відносно один одного внаслідок руйнації структурної сітки. Надмірна в'язкість тіста призводить до недостатньої розпушеності м'якушки, товстих стінок пор. Низька в'язкість може призвести до руйнування стінок пор, злиттям дрібних пор, утворення нерівномірної крупної пористості. Встановлено (рис. 2), що тісто з 5% інуліну розпливається дещо більше, ніж контроль, а при збільшенні дозування спостерігається менше розпливання внаслідок підвищення в'язкості тіста та укріплення клейковини і це може зумовлювати формування більшого показника відношення висоти до діаметра (Н/Д) подового хліба.

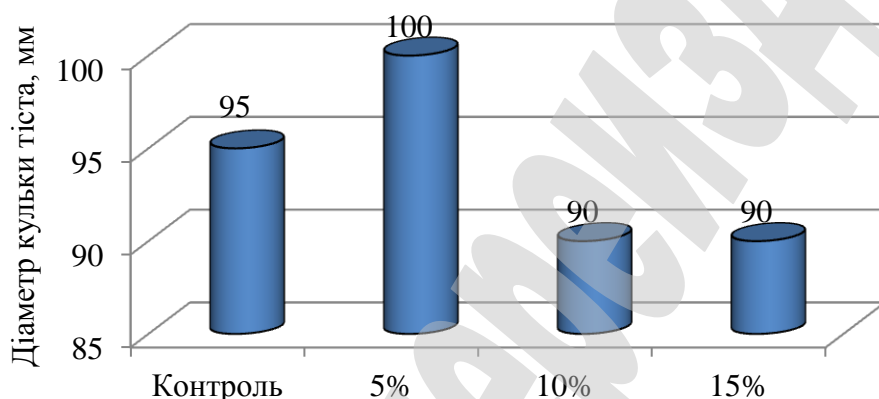


Рис. 2. Розпливання кульки тіста

Якість хлібобулочних виробів, їх питомий об'єм, формостійкість, структура і еластичність м'якушки в значній мірі залежать від структурно-механічних властивостей тіста. Отримані закономірності впливу інуліну на формування структурно-механічних властивостей тіста зумовлюють формування якості готових виробів (табл. 3, рис 4).

Таблиця 3

Вплив інуліну з цикорію на якість готових виробів, $n=3$, $p \leq 0,95$

Назва показника	Контроль	Внесено інуліну з цикорію (за сухими речовинами) % до маси борошна		
		5	10	15
1	2	3	4	5
Питомий об'єм, $\text{cm}^3/\text{г}$	3,36	3,67	3,29	2,86
Формостійкість, Н/Д	0,41	0,47	0,51	0,57
Пористість, %	72	74	72	71
Пенетрація м'якушки, од. приладу	108	120	88	51
Стан поверхні	Гладка без тріщин та підривів			
Колір скоринки	Світлий	Світло-жовтий	Золотисто-жовтий	Жовтий
Стан м'якушки	Еластична	Еластична	Більш пружна, ніж контроль і зразок 2	Більш пружна, ніж попередні зразки

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5
Структура пористості	Дрібна, рівномірна, розвинена, тонкостінна	Середня, рівномірна, розвинена, тонкостінна		
Смак і аромат	Властивий даному виробу, без зайвих присмаків та запахів			



Контроль

5 %

10 %

15 %

a



Контроль

5 %

10 %

15 %

б



Контроль

5 %

10 %

15 %

в

Рис. 3. Фото хліба контрольного зразка та з додаванням інуліну з цикорію в кількості 5, 10, 15 % до маси борошна: *a* – формового; *б* – формового в розрізі; *в* – подового

За результатами пробного лабораторного випікання встановлено, що при дозуванні інуліну 5 % до маси борошна питомий об'єм виробів з інуліном був більший, ніж контрольного зразка на 8,5 %. Це можна пояснити тим, що внесення в тісто інуліну покращує його еластичність та дозволяє отримати більший об'єм готових виробів та покращує бродильну активність дріжджів за рахунок збагачення фруктозою рідкої фази тіста.

При дозуванні 10 % до маси борошна питомий об'єм виробів знижується, але всього на 2 %, в той час, як у зразку з 15 % інуліну питомий об'єм знижується на 15 %. За цього дозування спостерігається значне підвищення формостійкості готових виробів, що зумовлено підвищенням пружних характеристик тіста при дозуванні інуліну 10 % та більше. Це припущення підтверджують зміни структурно-механічних властивостей м'якушки виробів, а саме органолептично відзначено, що зі зростанням дозування інуліну підвищується пружність м'якушки виробів. Результати penetрації м'якушки виробів підтверджують зростання її пружних характеристик. Так, при дозуванні інуліну 10 % до маси борошна – на 18,5 %, а за дозування 15 % до маси борошна – на 52 %.

4. Висновки

Результати проведених досліджень доводять ефективність використання інуліну для покращання якості готових виробів за дозування 5 % до маси борошна. Для більшого збагачення хлібобулочних виробів харчовими волокнами рекомендовано використовувати дозування інуліну 10 % до маси борошна, але застосовувати при цьому технологічні заходи для покращання якості виробів.

Встановлено, що зменшення питомого об'єму виробів та підвищення пружних характеристик м'якушки є обмежувальними факторами застосування в рецептурі виробів інуліну в кількості більше 10 % до маси борошна.

Встановлено, що додавання інуліну з цикорію зумовлює зростання пружних властивостей тіста, особливо у разі підвищення дозування інуліну більше 10 %. Підвищення дозування інуліну з цикорію до 15 % і більше поряд з підвищенням пружних характеристик знижує еластичність тіста, що зумовлює значне погіршення об'єму виробів.

Література

1. Башта А. О., Івчук Н. П. Перспективи використання інуліновмісної сировини в профілактиці неінфекційних хронічних захворювань. Розробка технології пшеничного хліба з підвищеною харчовою цінністю // Проблемы старения и долголетия. 2016. Т. 25, № 2. С. 222–229
2. Теренда Н. О. Смертність від серцево-судинних захворювань як державна проблема // Вісник наукових досліджень ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського». 2015. № 4. С. 11–13.
3. Inulin-type fructans: A review on different aspects of biochemical and pharmaceutical technology / Apolinário A. C., de Lima Damasceno B. P. G., de Macêdo Beltrão N. E., Pessoa A., Converti A., da Silva J. A. // Carbohydrate Polymers. 2014. Vol. 101. P. 368–378. doi: <http://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.09.081>

4. Cummings J. H., Macfarlane G. T., Englyst H. N. Prebiotic digestion and fermentation // *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2001. Vol. 73, Issue 2. P. 415–420. doi: <http://doi.org/10.1093/ajcn/73.2.415s>
5. Liu J., Willför S., Xu C. A review of bioactive plant polysaccharides: Biological activities, functionalization, and biomedical applications // *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 2015. Vol. 5, Issue 1. P. 31–61. doi: <http://doi.org/10.1016/j.bcdf.2014.12.001>
6. Morris C., Morris G. A. The effect of inulin and fructo-oligosaccharide supplementation on the textural, rheological and sensory properties of bread and their role in weight management: A review // *Food Chemistry*. 2012. Vol. 133, Issue 2. P. 237–248. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.027>
7. Influence of inulin on physical characteristics and staling rate of gluten-free bread / Ziobro R., Korus J., Juszczak L., Witczak T. // *Journal of Food Engineering*. 2013. Vol. 116, Issue 1. P. 21–27. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.10.049>
8. Salinas M. V., Puppo M. C. Optimization of the formulation of nutritional breads based on calcium carbonate and inulin // *LWT – Food Science and Technology*. 2015. Vol. 60, Issue 1. P. 95–101. doi: <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.019>
9. Fibre enrichment of wheat bread with Jerusalem artichoke inulin: Effect on dough rheology and bread quality / Rubel I. A., Pérez E. E., Manrique G. D., Genovese D. B. // *Food Structure*. 2015. Vol. 3. P. 21–29. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foostr.2014.11.001>
10. Sirbu A., Arghire C. Functional bread: Effect of inulin-type products addition on dough rheology and bread quality // *Journal of Cereal Science*. 2017. Vol. 75. P. 220–227. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.03.029>
11. Lebedenko T. Ie., Pshenyshniuk H. F., Sokolova N. Iu. Tekhnolohiia khlibopekarskoho vyrobnytstva. Praktykum: textbook. Odessa: Osvita Ukrainy, 2014. 392 p.
12. Tekhnokhimichniy kontrol syrovyny ta khlibobulochnykh i makaronnykh vyrobiv: textbook / ed. Drobot V. I. Kyiv: NUKhT, 2015. 902 p.