

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІНУЛІНУ З ЦИКОРІЮ НА ЯКІСТЬ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

Бондаренко Ю. В., Білик О. А., Бондар В. І., Лук'яненко К. О.

1. Вступ

В сучасних умовах одним із найбільш розповсюджених захворювань у світі є цукровий діабет та ожиріння. За даними Міністерства охорони здоров'я в Україні на цукровий діабет хворіє понад 1 млн. осіб. Тому важливим завданням соціально-економічного розвитку України є забезпечення хворих на цукровий діабет спеціальними дієтопрофілактичними продуктами харчування. Асортимент харчових продуктів, зокрема діабетичних виробів, які виробляють в Україні, дуже обмежений і потребує розширення, покращання органолептичних властивостей виробів, підвищення їх харчової та біологічної цінності.

Актуальним на сьогодні є використання в таких продуктах дієтичних харчових волокон, оскільки вони мають широкий спектр дії на організм людини.

Інулін – розчинні дієтичні харчові волокна, які є стимуляторами росту і енергетичними субстратами для біфідобактерій, що, в свою чергу, пригнічує ріст ряду шкідливих штамів мікроорганізмів. Це покращує функціонування нижнього відділу кишечника, внаслідок чого знижується рівень токсичних метаболітів, підвищується засвоєння мінеральних речовин, нормалізується обмін вуглеводів та жирів. Інулін покращує метаболізм глюкози на рівні клітини, завдяки чому здійснює позитивний вплив на її рівень у крові, покращує толерантність до глюкози та підвищує чутливість до інсуліну. Найкращим джерелом інуліну є цикорій коренеплідний. В розчинних продуктах переробки цикорію інулін зберігається в значній кількості, однак обмежувальним фактором їх використання є надання виробам забарвлення та притаманної йому гірчинки. Тому актуально використовувати в технології хлібобулочних виробів для надання їм оздоровчих та профілактичних властивостей безпосередньо інуліну, виділеного з цикорію.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом досліджень в роботі є пшеничний хліб з борошна першого сорту та інулін з цикорію. Пшеничний хліб за хімічним складом недостатньо збалансований за життєво важливими інгредієнтами. При великому вмісті вуглеводів в ньому обмаль харчових волокон, ненасичених жирних кислот, низки вітамінів та мінеральних речовин, не оптимальний вміст білків, які до того ж не збалансовані за амінокислотним складом. Для підвищення корисності хлібобулочних виробів, посилення оздоровчих властивостей доцільно вводити до їх рецептури сировину, що містить фізіологічно-функціональні інгредієнти.

В роботі 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.

Хімічний склад інуліну з цикорію наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний склад інуліну з цикорію

Показник	Вміст
Сухі речовини (СР), %	96,3
Зола, % до СР	0,06
Вуглеводи, % до СР	99,9
Вміст вільних цукрів, % до СР	7,6
Інулін, % до СР	92,3

Зважаючи на хімічний склад інуліну з цикорію, можна стверджувати, що він є ефективним джерелом розчинних харчових волокон (інуліну). Однак, можливим недоліком його використання у технології хліба є його часткова втрата під час технологічного процесу. Це необхідно враховувати у розрахунку хімічного складу пшеничного хліба, збагаченого інуліном з цикорію.

3. Мета та задачі дослідження

Метою досліджень є встановлення впливу інуліну з цикорію на якість пшеничного хліба з борошна першого сорту у разі його внесення для збагачення виробів розчинними дієтичними харчовими волокнами для надання їм оздоровчих та профілактичних властивостей.

Для досягнення мети необхідно:

1. Встановити вплив інуліну з цикорію на параметри технологічного процесу та якість готових виробів.
2. Дослідити вплив інуліну з цикорію на активність бродильної мікрофлори.
3. Дослідити вплив інуліну з цикорію на збереження виробами свіжості.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

В Україні хліб є одним з основних продуктів харчування, що покриває більше 30 % потреби організму в калоріях. Проте хлібобулочні вироби з пшеничного борошна мають низький вміст харчових волокон.

Для підвищення якості, харчової цінності та надання хлібобулочним виробам пребіотичних і дієтичних властивостей застосовують продукти переробки цикорію коренеплідного – порошок цикорію, цикорій пастоподібний, порошкоподібний та інстантний [1–3].

Цикорій та продукти його переробки є ефективним джерелом інуліну.

Інулін – це природний полісахарид, що складається із залишків D-фруктафуранози, з'єднаних β -2-1-зв'язками і закінчується α -D-глюкопіранозним залишком. Молекули інуліну завдяки β -зв'язками не розщеплюється α -глюкозидазами кишківника, в зв'язку з чим вони не перетравлюються і досягають товстої кишки, де утилізуються мікроорганізмами [4], сприяючи збільшенню числа молочнокислих бактерій і зниження кількості колиформних мікроорганізмів [5, 6]. Інулін впливає на біологічну засвоюваність кальцію і магнію, на зниження рівня холестерину і ліпідів в сироватці крові.

Продукти переробки цикорію включають у рецептуру хлібобулочних виробів для надання їм оздоровчих та профілактичних властивостей. Авторами роботи [7] відзначено, що цикорієвий порошок можна вносити в рецептуру хлібобулочних виробів до 5 % від маси борошна, адже більше дозування буде надавати гіркий смак хлібобулочним виробам, внаслідок вмісту в цикорію гірких речовин – сесквітерпенових лактонів.

В роботі [8] було відзначено, що внесення продуктів з цикорію до складу хлібобулочних виробів сприятливо впливає на процес тістоприготування, підвищує стабільність і еластичність тіста і регулює абсорбцію води.

Дослідження [9, 10] показали перспективність застосування борошна з цикорію, як джерела інуліну, у технології безглютенowego хліба. Відзначено, що додавання цикорієвого борошна дозволяє не лише покращити функціональні властивості виробу, але й подовжити його свіжість.

Авторами роботи [11] визначені оптимальні дозування та доведена можливість застосування у виробництві функціональних хлібобулочних виробів порошку з цикорію, цикорію розчинного та інстантного. Встановлено їх позитивний вплив на активність бродильної мікрофлори тіста. Однак, як в цій роботі, так і в попередніх відзначалося, що обмежувальним фактором використання таких продуктів з цикорію є надання виробам гіркуватого присмаку. Тому перспективно для збагачення хлібобулочних виробів розчинними харчовими волокнами використовувати безпосередньо препарат інуліну, виділений з цикорію.

5. Методи досліджень

Для досліджень показників технологічного процесу, біохімічних, фізико-хімічних змін у тісті та якісних показників хліба проводили лабораторні випікання. 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 °C і відносній вологості 78 ± 2 % до готовності. Вироби випікали в шафовій печі за температури 220...240 °C із зволоженням пекарної камери.

Газоутворювальну здатність напівфабрикатів визначали на приладі АГ–1М (Росія) [12]. Газоутримувальну здатність тіста характеризували величиною питомого об'єму тіста через 4 години його бродіння: зразки тіста масою 100 г поміщали в циліндр об'ємом 500 см³, ущільнювали і ферментували за температури 30 °C.

Бродильну активність дріжджів визначали за методикою підйимальної сили

дріжджів [13] після його обминання. Операцію обминання повторювали двічі.

Якість хліба оцінювали за фізико-хімічними (питомий об'єм, формостійкість, структурно-механічні властивості м'якушки) та органолептичними показниками (зовнішній вигляд, стан поверхні скоринки, структура пористості, смак, запах). Тривалість збереження виробами свіжості досліджували за зміною структурно-механічних властивостей м'якушки. Визначали її загальну деформацію після 48 год зберігання на пенетрометрі АП 4/1 (Німеччина) [12]. Ступінь черствіння виробів досліджували також за кришкуватістю м'якушки хліба.

Результати експериментальних досліджень піддавалися статистичній обробці, реалізованій за допомогою стандартних пакетів програм Microsoft Office.

6. Результати досліджень

Для встановлення технологічної ефективності застосування інуліну з цикорію у виробництві хлібобулочних виробів були проведені дослідження по встановленню його впливу на технологічний процес і якість виробів.

Під час проведення досліджень випікали вироби з внесенням інуліну в кількості 2 та 4 % до маси борошна. Вироби без інуліну слугували контролем.

Аналіз отриманих даних (табл. 2) свідчить, що внесення інуліну не значно впливає на титровану кислотність тіста. Тісто з інуліном на дотик було більш еластичне, приємніше на дотик та менш в'язке у порівнянні зі зразками тіста з відповідним дозуванням цикорію.

Таблиця 2

Вплив інуліну з цикорію на показники якості тіста та готових виробів

Назва показника	Контроль	Внесено інуліну з цикорію (за сухими речовинами) % до маси борошна	
		2	4
Тісто			
Вологість, %	41,0	41,3	41,1
Тривалість бродіння, хв	170		
Кислотність, град			
початкова	2,0	1,9	2,0
кінцева	2,5	2,5	2,6
Тривалість вистоювання, хв	52	40	46
Питомий об'єм тіста, см ³ /г	2,1	2,4	2,4
Газоутворення у тісті за час бродіння та вистоювання, см ³ /100 г тіста	980	1025	1038
Готові вироби			
Питомий об'єм, см ³ /г	2,8	3,2	3,0
Формостійкість, Н/D	0,38	0,44	0,42
Пористість, %	72	74	74
Кислотність, град.	1,8	2,1	2,1
Стан поверхні	Гладка без тріщин та підривів		
Колір скоринки	Світлий	Золотисто жовтий	
Колір м'якушки	Світлий		
Структура пористості	Рівномірна, середня, тонкостінна		
Смак і аромат	Властивий пшеничному хлібу		

Тривалість вистоювання зразків тіста з інуліном була меншою на 6–12 хв, ніж контрольного зразку. Можна припустити, що це зумовлено покращанням живлення дріжджів за рахунок вмісту цукрів в порошку інуліну з цикорію.

Відзначено також більше виділення вуглекислого газу в процесі бродіння зразків тіста з інуліном, порівняно з контролем, внаслідок активації бродильної мікрофлори тіста.

Для підтвердження цього визначили вплив інуліну з цикорію на життєдіяльність дріжджової мікрофлори тіста. Результати досліджень наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Швидкість підйому тіста з інуліном з цикорію, хв

Показник	Контроль	Дозування інуліну, % до маси борошна	
		2	4
Перший підйом	95	79	79
Другий підйом	37	41	42
Третій підйом	30	28	25
Разом	162	148	146

Доведено, що внесення інуліну скорочує тривалість підйому тіста, порівняно з контролем на 9 %.

Відзначено також збільшення газотримувальної здатності напівфабрикатів зі збільшенням дозування інуліну (рис. 1). Ймовірно це пов'язано з підвищенням в'язкості тіста та укріпленням клейковини.

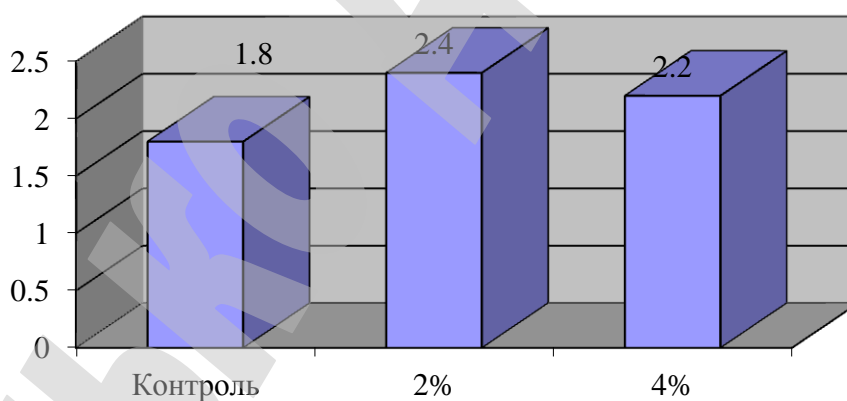


Рис. 1. Питомий об'єм тіста

Результатами досліджень встановлено, що використання інуліну дозволяє отримати готові вироби належної якості. Так, за органолептичними показниками вироби, з інуліном, мали дещо інтенсивніше забарвлення скоринки. Очевидно, це є наслідком того, що фруктоза активніше вступає в реакцію меланоїдиноутворення. Також було встановлено, що вироби з інуліном мали приємний більш виражений, порівняно з контролем, смак і аромат.

Питомий об'єм виробів з інуліном був більший, ніж контрольного зразка

на 14 %. Це можна пояснити тим, що внесення в тісто інуліну покращує його еластичність та дозволяє отримати більший об'єм готових виробів.

Таким чином, результати проведених досліджень доводять ефективність використання інуліну для збагачення хлібобулочних виробів харчовими волокнами.

В технології хлібопечення інулін, як сировина, не лише впливає на органолептичні властивості виробів, але впливає на збереження ними свіжості.

Інулін уповільнює ретроградацію крохмалю м'якушки та підвищує її гідрофільні властивості, що дозволяє зберігати свіжість виробів впродовж 16–24 годин.

Аналіз виробів проводили через 4, 24, 48 год після випікання, адже саме протягом такої тривалості зберігання відбуваються основні зміни у структурі біополімерів хліба.

Встановлено (табл. 4), що загальна деформація м'якушки виробів з інуліном вища, ніж у контролі.

Таблиця 4

Зміна структурно-механічних властивостей м'якушки хліба з інуліном

Показники	Контроль (без добавок)	Внесено інуліну, % до маси борошна	
		2	4
<i>Деформація м'якушки, од. приладу через 4 години:</i>			
загальна	70	75	73
<i>через 24 години:</i>			
загальна	48	45	51
Ступінь збереження свіжості, %	67	69	74
<i>через 48 годин:</i>			
загальна	25	23	28
Ступінь збереження свіжості, %	49	53	55

В процесі зберігання показники структурно-механічних властивостей м'якушки з інуліном знижувалися повільніше, ніж у контрольному. Так, через 24 і 48 год зберігання загальна деформація у контрольного зразка зменшилась на 30 і 48 % відповідно, тоді як зразків з інуліном – на 26–28 та 43–45 %, відповідно.

Уповільнення черствіння виробів з інуліном, очевидно, пов'язано з покращанням пружно-еластичних властивостей м'якушки виробу та уповільненням в ній ретроградації крохмалю в більшій степені, ніж в м'якушці контрольного зразку, за рахунок вищих гідрофільних властивостей інуліну. Вищі гідрофільні властивості інуліну зумовлені наявністю в його складі фруктози, яка гігроскопічніша, ніж глюкоза, хоча вони мають однакове число гідроксильних груп.

Під час черствіння стінки пор м'якушки виробу втрачають свою міцність, що супроводжується збільшенням кришкуватості м'якушки. Тому дослідили вплив додавання інуліну на кришкуватість м'якушки виробів.

Результати досліджень (рис. 2) свідчать, що значення кришкуватості м'якушки менші у хліба з інуліном, ніж у контрольному зразку.

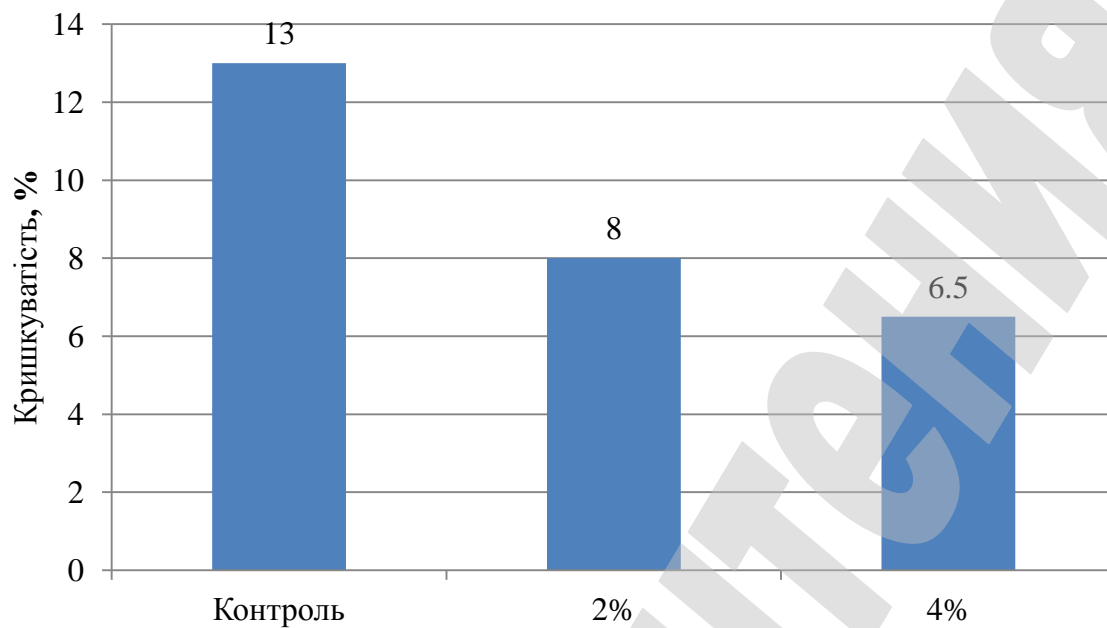


Рис. 2. Кришкуватість м'якушки виробів з інуліном

Таким чином, використання інуліну з цикорію сприяє покращанню об'єму готових виробів та подовженню тривалості їх реалізації.

У разі дозування інуліну з цикорію 2 та 4 % до маси борошна в добовій нормі споживання такого хліба (277 г) міститься 2,7–5,4 г інуліну, що становить, відповідно 27–54 % від добової норми вживання інуліну (10 г), тобто виріб набуває також функціональних властивостей.

7. SWOT-аналіз результатів досліджень.

Strengths. Встановлено, що додавання інуліну з цикорію сприяє збільшенню об'єму пшеничного хліба, його органолептичних показників та подовженню свіжості виробів.

Включення інуліну з цикорію в рецептуру пшеничного хліба з борошна першого сорту в кількості 2 та 4 % до маси виробів надає виробам функціональних властивостей. Це пов'язано зі збагаченням готових виробів розчинними харчовими волокнами, що сприяє формуванню оздоровчих та профілактичних властивостей виробів, зважаючи на вплив інуліну, який надходить з хлібом, на покращання толерантності організму до глюкози та зниження рівня холестерину в крові.

Weaknesses. Включення інуліну з цикорію в рецептуру пшеничного хліба з борошна першого сорту зумовить підвищення вартості виробів.

Opportunities. Аналіз результатів досліджень свідчить про ефективність використання інуліну з цикорію в рецептурі пшеничного хліба та доцільність подальших досліджень щодо:

- розроблення нових хлібобулочних виробів з функціональними властивостями та підвищеною харчовою цінністю;
- поглибленого вивчення впливу інуліну з цикорію на формування структурно-механічних властивостей напівфабрикатів;
- впливу інуліну з цикорію на перетравлюваність виробів в умовах *in vitro*;

- пліснявіння виробів під час зберігання.

У разі впровадження нового хліба з інуліном з цикорію на хлібопекарських підприємствах сприятиме розширенню асортименту виробів з оздоровчими властивостями, як для хворих на цукровий діабет та ожиріння, так і для широкого кола споживачів.

Threats. Зважаючи, що найбільшим виробником та поставщиком якісного інуліну з цикорію є Бельгія, то основними факторами, що впливатимуть на стабільність виготовлення виробів з інуліном, може бути коливання ціни на сировину та вчасність поставок інуліну.

8. Висновки

1. У результаті проведених досліджень було встановлено, що дозування інуліну з цикорію в кількості 2 та 4 % до маси борошна забезпечує в добовій нормі споживання хліба вміст інуліну 27–54 % від його добової норми вживання. Це надає виробу оздоровчих та профілактичних властивостей, внаслідок збагачення розчинними харчовими волокнами. Встановлено також, що додавання інуліну з цикорію сприяє скороченню тривалості вистоювання тістових заготовок та покращанню органолептичних та фізико-хімічних показників готових виробів.

2. Відзначено, що внесення інуліну покращує бродильну активність мікрофлори тіста, про що свідчить більша на 4,5–6,0 % кількість виділеного діоксиду вуглецю та менша на 19 хв підймальна сила тіста.

3. Доведено, що внаслідок внесення інуліну з цикорію подовжується збереження виробами свіжості, про що свідчить зменшення кришкуватості м'якушки виробів та уповільнення змін структурно-механічних властивостей м'якушки під час зберігання.

Література

1. Namaker B. R. Technology of Functional Cereal Products. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2008. 568 p. doi: <http://doi.org/10.1533/9781845693886>
2. Reznikova L. G., Malkina V. D., Slavyanskiy A. A. Vliyanie produktov pererabotki tsikoriya na svoystva pshenichnoy muki i kachestvo // Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya. 2009. No. 4. P. 45–48.
3. Mkhitaryan A. L., Grebenshnikov A. V. Dieticheskiy khleb s tsikoriem // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2012. No. 6. P. 136.
4. Dietary carbohydrate source influences molecular fingerprints of the rat faecal microbiota / Licht T. R. et al. // BMC Microbiol. 2006. Vol. 6, No. 1. P. 98. doi: <http://doi.org/10.1186/1471-2180-6-98>
5. Su P., Henriksson A., Mitchell H. Selected prebiotics support the growth of probiotic mono-cultures in vitro // Anaerobe. 2007. Vol. 13, No. 3-4. P. 134–139. doi: <http://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2007.04.007>
6. Effects of prebiotic oligosaccharides and trehalose on growth and production of bacteriocins by lactic acid bacteria / Chen Y.-S. et al. // Letters in Applied Microbiology. 2007. Vol. 45, No. 2. P. 190–193. doi: <http://doi.org/10.1111/j.1472-765x.2007.02167.x>

7. Kisiel W., Zielinska K. Guaianolides from *Cichorium intybus* and structure revision of *Cichorium* sesquiterpene lactones // *Phytochemistry*. 2001. Vol. 57, No. 4. P. 523–527. doi: [http://doi.org/10.1016/s0031-9422\(01\)00072-3](http://doi.org/10.1016/s0031-9422(01)00072-3)

8. Shhelakova R., Evdokimova G., Dmitrieva T. Ispol'zovanie inulina pri proizvodstve bulochki "Stolichnoy" // *Naukovi pratsi Odes'koi natsional'noi akademii kharchovikh tekhnologiy*. 2006. Vol. 2, No. 29. P. 151–155.

9. Influence of Prebiotic Additions on the Quality of Gluten-free Bread and on the Content of Inulin and Fructooligosaccharides / Korus J. et al. // *Food Science and Technology International*. 2006. Vol. 12, No. 6. P. 489–495. doi: <http://doi.org/10.1177/1082013206073072>

10. Souza-Borges P. K. de, Conti-Silva A. C. Sensory profile and evaluation of the degree of acceptability of bread produced with inulin and oligofructose // *Brazilian Journal of Food Technology*. 2017. Vol. 21. doi: <http://doi.org/10.1590/1981-6723.4016>

11. Primenenie inulinsoderzhashhego syr'ya v tekhnologii muchnykh izdeliy / Zhirkova E. V. et al. // *Formirovanie otraslevoiy innovatsionnoy sredy na osnove razvitiya professional'nykh soobshhestv i samoreguliruemyykh organizatsiy APK, pishhevoy promyshlennosti i industrii pitaniya*. Moscow: MGUTU, 2009. P. 158–160.

12. Lebedenko T. Ie., Pshenyshniuk H. F., Sokolova N. Iu. *Tekhnolohiia khlibopekarskoho vyrobnytstva. Praktikum: textbook*. Odessa: Osvita Ukrainy, 2014. 392 p.

13. *Tekhnokhimichniy kontrol syrovyny ta khlibobulochnykh i makaronnykh vyrobiv: textbook*. Kyiv: NUKhT, 2015. 902 p.