

# Хлібобулочні вироби для хворих на цукровий діабет, збагачені фізіологічно-функціональними інгредієнтами

Дробот В.І., доктор технічних наук, Бондаренко Ю.В., кандидат технічних наук, Місечко Н.О., кандидат технічних наук, Седих О.Л., Білик О.А., кандидат технічних наук, Національний університет харчових технологій

*В матеріалах статті обґрунтовано доцільність збагачення хлібобулочних виробів для хворих на цукровий діабет пшеничними висівками, сухою пшеничною клейковиною, соєвою олією, йодованою сіллю, що містять функціональні інгредієнти, які покращують спектр фізіологічних властивостей цих виробів. Розрахунок хімічного складу нових виробів свідчить, що їх можна віднести до фізіологічно-функціональних продуктів, оскільки їхнє споживання задовольняє добо-ву потребу в харчових волокнах, ненасичених жирних кислотах, низці мінеральних речовин і вітамінів забезпечується більше як на 20%. Розроблені вироби призначено для споживання як хворим на цукровий діабет, так і широкому колу споживачів.*

**Ключові слова:** фруктоза, лактулоза, харчові волокна, функціональні інгредієнти, якість виробів, діабетичні про-дукти, технологічний процес.

*В материалах статьи обоснована целесообразность обогащения хлебобулочных изделий для больных сахарным диабетом пшеничными отрубями, сухой пшеничной клейковиной, соевым маслом, йодированной солью, содержащих функциональные ингредиенты, которые улучшают спектр физиологических свойств этих изделий. Расчет химическо-го состава новых изделий свидетельствует, что их можно отнести к физиологически функциональным продуктам, поскольку их потребление удовлетворяет суточную потребность в пищевых волокнах, ненасыщенных жирных кислотах, ряде минеральных веществ и витаминов обеспечивается более чем на 20%. Разработанные изделия предназна-чены для потребления как больным сахарным диабетом, так и широкому кругу потребителей.*

**Ключевые слова:** фруктоза, лактулоза, пищевые волокна, функциональные ингредиенты, качество изделий, диа-бетические продукты, технологический процесс.

*In the article the expediency of the enrichment of bakery products for diabetics wheat bran, dry wheat gluten, soybean oil, iodized salt, containing functional ingredients that improve the range of the physiological properties of these products. The calculation of the chemical composition of new products shows that they can be attributed to physiologically functional foods, since their consumption satisfies the daily need in dietary fibers, unsaturated fatty acids, some minerals and vitamins provided by more than 20 %. Developed products intended for consumption such as diabetics, and a wide range of consumers.*

**Key words:** fructose, lactulose, dietary fiber, functional ingredients, quality products, diabetic products, technological process.

## Вступ

Сьогодні захворювання на цукровий діабет набуває характеру епідемії – на земній кулі вже нараховується понад 150 млн. хворих на цю недугу. За даними Міжнародного інституту діабету, якщо хвороба зберігатиме такі темпи зростання, як у наш час, то через 10 років приблизно 17% населення світу хворітимуть на цукровий діабет. Особливого поширення набуває цукровий діабет 2-го типу, який асоціюється з метаболічним синдромом,

підвищеною масою тіла, ожирінням, розвитком стеатозу печінки та стеатогепатиту [1].

Раціональне харчування є запорукою ефективного лікування інсуліннезалежного цукрового діабету.

На думку дієтологів, харчування хворих на діабет має забезпечувати фізіологічні потреби організму в нутрієнтах і містити достатню кількість вуглеводів, білків, жирів, мінеральних речовин та вітамінів. Проте, до складових їжі ставляться певні вимоги, а саме: співвідношення між білками, жирами та вуглеводами має бути 1:1:3. Складові

харчових продуктів повинні мати низький глікемічний індекс. Вміст легкозасвоюваних вуглеводів необхідно обмежувати, а вживання важкозасвоюваних полісахаридів збільшувати. В зв'язку із цим велика увага приділяється харчовим волокнам. У харчуванні хворих на цукровий діабет харчові волокна уповільнюють гідроліз вуглеводів, нормалізують рівень глюкози в крові, суттєво змінюють секрецію гормонів інсуліну і глюкагону, які регулюють вуглеводний обмін, що зумовлено їхніми властивостями уповільнювати всмоктування глюкози в шлунково-кишковому тракті [2].

Поряд із цим, харчові волокна проявляють пребіотичну дію в організмі людини, сприяють розвитку корисних бактерій та бактеріальному синтезу вітамінів групи В і РР, знижують енергетичну цінність продукту [3, 4].

Ефективним джерелом харчових волокон, вітамінів і мікроелементів є зернові висівки. Профілактичний ефект висівок пов'язують також із вмістом в їхньому складі арабіноксилану, що має властивість стимулювати активність інсуліну, підвищувати протипухлинний імунітет, вироблення природних клітин – кілерів [5].

Цукор білий у виробках необхідно замінювати цукрозамінниками з низьким глікемічним індексом. Наприклад, доцільно використовувати фруктозу, яка солодша за сахарозу в 1,5-1,7 разів, для засвоєння не потребує інсуліну, помітно не впливає на рівень цукру в крові. Глікемічний індекс фруктози – 20, тоді як сахарози – 60. Поряд із фруктозою ефективно застосовувати дисахарид лактулозу, що має солодкість 0,6 по відношенню до солодкості цукру. Поряд із цим лактулоза визнана у світі потужним пребіотиком – «біфідус фактором №1».

Важливим є використання продуктів, що містять жири, багаті на поліненасичені жирні кислоти. До таких жирів належать, у першу чергу, рослинні олії. Згідно з рекомендаціями РАМН, співвідношення поліненасичених жирних кислот  $\omega$ -3 і  $\omega$ -6 у жирі має бути 1:10.

Спираючись на вищезазначені рекомендації щодо складу харчових продуктів, було поставлено мету – розробити рецептури та технологічний режим виробництва хліба, збагаченого фізіологічно-функціональними інгредієнтами зі зниженою глікемічністю. Зниження глікемічності та калорійності може бути досягнуто шляхом розробки рецептур із певними видами сировини, яка містить інгредієнти, здатні корегувати метаболічні порушення в організмі, у кількості, що забезпечує досягнення поставленої мети за високої якості продукції.

## Матеріали та методи

Під час розробки рецептури хлібобулочних виробів, збагачених фізіологічно-функціональними інгредієнтами, враховували фізіологічні та технологічні властивості сировини, медико-біологічні рекомендації щодо їхнього складу та технологічні аспекти, що забезпечують якість виробів.

В досліді використовували борошно пшеничне першого сорту, частину борошна замінювали пшеничними висівками (ПВ), частину – сухою пшеничною клейкови-

ною (СПК), яка поряд зі збагаченням хліба білком покращує структурно-механічні властивості тіста, оскільки бере участь у формуванні клейковинного каркасу. Як джерело жиру використовували соєву олію, зважаючи на оптимальне співвідношення в ній  $\omega$ -3 і  $\omega$ -6 жирних кислот. Доцільність використання рослинної олії обумовлена також її позитивним впливом на структурно-механічні властивості тіста внаслідок утворення жирними кислотами комплексів із білками та крохмалем.

З метою збагачення виробів йодом додавали йодовану сіль. Для надання виробам солодкого смаку використовували цукрозамінники – фруктозу та композицію фруктози з лактулозою, оптимальне дозування яких було встановлено попередніми дослідженнями.

Такий склад сировини в рецептурі діабетичних виробів має забезпечити зменшення глікемічного індексу і збагачення їх фізіологічно-функціональними інгредієнтами.

Вироби зі зниженим глікемічним індексом будуть корисними як для хворих на діабет, так і для практично здорового населення, адже саме надлишок простих вуглеводів зумовлює виникнення низки захворювань.

Оскільки ПВ і СПК мають суттєву відмінність у техно-логічних властивостях, порівняно з пшеничним борошном, що має впливати на якість виробів, визначали вплив цієї сировини на технологічний процес і якість продукції із цукрозамінниками – фруктозою та композицією її з лактулозою.

Під час досліджень використовували ПВ виробництва ПАТ «Луганськмлин» із вмістом білка 15,3%, вуглеводів – 26%, клітковини – 16,9%.

Готували зразки тіста із пшеничного борошна першого сорту з 4% до маси борошна фруктози (контроль 1), із 4% фруктози та заміною борошна 10, 15, 20% ПВ та 4% СПК (зразки 1, 2, 3), а також сумішшю фруктози та лактулози по 3% кожної до маси борошна (контроль 2) та заміною пшеничного борошна ПВ і СПК у такій самій кількості, як у зразках 1, 2, 3 (зразки 4, 5, 6). Дозування фруктози 4% до маси борошна було обрано для зниження вуглеводного навантаження, а композиції 6% до маси борошна – для забезпечення солодкості виробів, виходячи з їхніх коефіцієнтів солодкості.

В контрольний і дослідні зразки тіста вносили соєву олію 3% до маси борошна та йодовану сіль – 1,5% до маси борошна.

Тісто готували безопарним способом. У зразках із ПВ і СПК тривалість замішування подовжували до 20 хв. Тісто бродило 170 хв.

Зважаючи на високу водопоглинальну здатність ПВ у разі заміни ними 10 і 15% борошна, вологість тіста підвищували на 1% проти вологості контрольного зразка, а за умови заміни 20% – на 2%.

## Результати досліджень

### та їхнє обговорення

Встановлено (табл. 1), що у разі заміни частини борошна ПВ і СПК тривалість вистоювання цих зразків

подовжується порівняно з контрольними зразками на 5-15 хв. і тим більше, чим більше внесено ПВ. Це пояснюється зміною складу поживного середовища для дріжджової мікрофлори в рідкій фазі тіста за присутності ПВ.

Зниження активності бродильної мікрофлори призводить до уповільнення інтенсивності бродіння тіста, про це свідчить менше виділення у дослідних зразках діоксиду вуглецю за час бродіння тіста.

Проте, питомий об'єм тіста в досліджуваних зразках із 10 і 15% ПВ більший, ніж контрольного зразка. Це, очевидно, пов'язано з вмістом у цих зразках СПК. Адже високомолекулярні протеїни пшениці активно адсорбуються на гранулах крохмалю, що сприяє покращанню еластичності тіста та здатності його утримувати діоксид вуглецю. Певну позитивну роль у цьому відіграють ненасичені жирні кислоти соєвої олії, але основним є наявність у тісті СПК.

Слід відзначити, що зі збільшенням внесення ПВ із 10 до 20% різниця в показниках як газотворення, так і питомого об'єму тіста контрольного та дослідних зразків зменшується, очевидно, внаслідок зменшення газотримувальної здатності тіста з підвищенням вмісту ПВ, що зумовлено втіленням харчових волокон у клейковинний каркас.

Ця закономірність спостерігається і під час аналізу впливу ПВ, СПК на питомий об'єм, формостійкість і пористість готових виробів. Так, у разі заміни 10% борошна ПВ у тісті з фруктозою питомий об'єм хліба збільшується на 5%, із фруктозою та лактулозою – на 4,2%, тоді як за

Таблиця 1. Показники технологічного процесу і якості хліба

умови заміни 15% борошна ПВ – відповідно на 2,6 і 2,2%, а 20% був на 2-3% меншим, меншою була і формостійкість виробів із 20% ПВ. Більш інтенсивне забарвлення скоринки мали зразки, в яких частина борошна замінена ПВ і СПК, очевидно, внаслідок збільшення вмісту білків і продуктів їхнього розкладу, що беруть участь у реакції меланоїдиноутворення.

В дослідних зразках 1, 2 та 4, 5, як і в контрольних, м'якушка була розпушена, мала тонкостінну, середню за розмірами пористість. Проте деформація м'якушки зменшувалася зі збільшенням вмісту ПВ, очевидно, внаслідок потовщення стінок пор клейковинного каркасу клітковиною ПВ. Однак зразки з ПВ краще зберігали свіжість, як через 24 год., так і через 48 год., очевидно, внаслідок високої водопоглинальної здатності ПВ, СПК і вмісту соєвої олії.

Виходячи із показників технологічного процесу і якості виробів, можна вважати, що заміна борошна ПВ у кількості 10 і 15%, додання СПК і соєвої олії забезпечує належну якість виробів із фруктозою та композицією фруктози з лактулозою і подовжує тривалість зберігання ними свіжості.

Таким чином, кращими за показниками якості були вироби із заміниками цукру, в рецептурі яких 10-15% пшеничного борошна було замінено ПВ у поєднанні із СПК, соєвою олією та йодованою сіллю. У разі заміни ПВ 20% борошна якість виробів погіршувалася.

Проведено оптимізацію рецептури хліба для створення виробу із функціональними властивостями за до-

n = 4, p ≤ 0,05

Сировина	Зразки							
	із фруктозою				із фруктозою та лактулозою			
	контроль 1	1	2	3	контроль 2	4	5	6
<b>Тісто</b>								
Кислотність початкова, град.	2,0	2,2	2,4	2,5	2,0	2,2	2,4	2,5
Кислотність кінцева, град.	2,8	3,0	3,2	3,4	2,8	3,0	3,1	3,3
Тривалість вистоювання, хв.	50	55	58	62	55	60	63	65
Кількість виділеного вуглекислого газу за період бродіння тіста та вистоювання тістових заготовок, см <sup>3</sup> /100 г тіста	1360	1250	1220	1180	1280	1150	1120	1080
Питомий об'єм тіста, см <sup>3</sup> /г	3,15	3,32	3,23	3,12	3,02	3,28	3,19	2,95
<b>Хліб</b>								
Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /г	3,42	3,55	3,51	3,36	3,38	3,47	3,43	3,29
Формостійкість, Н/Д	0,36	0,40	0,39	0,34	0,35	0,39	0,37	0,34
Пористість, %	78	80	79	77	76	78	77	75
Кислотність, град.	2,2	2,2	2,4	2,6	2,2	2,2	2,4	2,5
Стан поверхні та забарвлення	Золотиста		Гладенька, без тріщин і підривів, золотисто-коричнева					
Стан м'якушки	Еластична							
Структура пористості	Рівномірна, середня							
Аромат	Притаманий даному виду виробів							
Смак	Притаманий даному виду виробів							
Деформація м'якушки, од. пенетр.								
– через 4 год.	85	93	90	84	81	85	83	79
– через 24 год.	66	75	73	65	62	70	66	61
– через 48 год.	44	58	54	49	41	51	48	43
Збереження свіжості, %								
– через 24 год.	75	80	78	77	76	82	79	77
– через 48 год.	52	63	60	58	50	60	58	55

помогою методу експериментально-статистичного мо-делювання.

Оптимізація технологічного процесу за методом Бок-са-Уілсона та аналіз поверхонь відгуку (рис. 1) показали, що максимальне значення функції відгуку (питомого об'єму) досягається у разі додання пшеничних висівок ( $X_1$ ) до 12%, позитивний вплив спостерігається також за дозування висівок до 15% за умови сумісного внесення із СПК ( $X_2$ ) до 6%.

На основі результатів досліджень розроблено рецеп-тури на хлібці діабетичні «З фруктозою» та хлібці «З лак-тулозою», що містять композицію фруктози і лактулози, збагачені харчовими волокнами ПВ, білком СПК,  $\omega$ -3 і  $\omega$ -6 жирними кислотами соєвої олії та йодом йодованої солі (табл. 2).

Метою заміни частини борошна в рецептурі виробів ПВ, СПК і включення до рецептури соєвої олії та йодованої солі було збагачення цих виробів фізіологічно-функціональними інгредієнтами, що містяться в названій сировині. Оскільки функціональними вважаються вироби, за умови вживання яких забезпечується 20 -50% добової потреби організму у фізіологічно активних інгредієнтах, була потреба визначити харчову цінність цих виробів та їхній інтегральний скор.

Харчову цінність нових виробів порівняно з батонем нарізним із борошна першого сорту оцінювали шляхом

Таблиця 2. Рецепттура на розроблені діабетичні вироби

Сировина, кг	Хлібці діабетичні «З фруктозою»	Хлібці «З лактулозою»
Борошно пшеничне першого сорту	81	81
Пшеничні висівки	15	15
Суша пшенична клейковина	4,0	4,0
Дріжджі хлібопекарські пресовані	3,0	3,0
Сіль йодована	1,5	1,5
Фруктоза	4,0	3,0
Лактулоза	-	3,0
Олія соєва	3,0	3,0

розрахунку їхнього хімічного складу за допомогою про-грами Optima та інтегрального скору.

В розрахунках використовували добову норму вжи-вання хліба – 277 г, передбачену «споживчим кошником», затвердженим Кабінетом міністрів України, та норми фізі-ологічних потреб населення в основних харчових речо-винах та енергії.

Встановлено (табл. 3), що порівняно з батонами на-різними вироби, виготовлені за розробленими рецепту-рами, більшою мірою забезпечують організм людини: в білках – на 18,5%, ненасичених жирних кислотах  $\omega$ -6 і  $\omega$ -3 за умови споживання хлібців діабетичних «З фруктозою» – на 10,7 і 35,7%, а хлібців «З лактулозою» – на 9,4 і 32,3% відповідно. Збільшується ступінь забезпечення у харчо-вих волокнах на 57,6-57,1% відповідно; у кальцію, магнію,

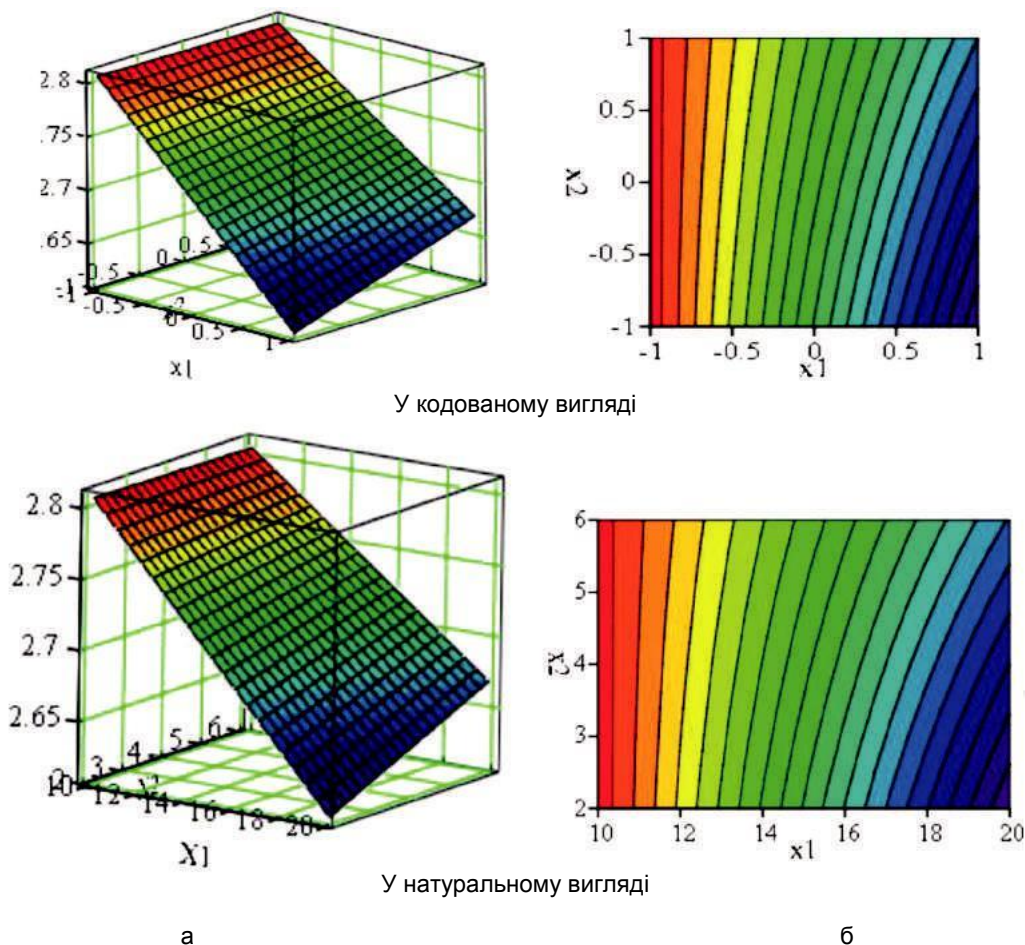


Рис. 1. Ізоповерхня відгуку питомого об'єму хліба (а) та ізолій питомого об'єму хліба (б)

Таблиця 3. Забезпечення добової потреби у харчових речовинах за умови вживання існуючих і розроблених видів хлібобулочних виробів (стать – чоловіча, група інтенсивності праці – I, вік 30-39 років)

Складові	Добова потреба	Міститься у 277 г виробів			Покриття добової потреби при вживанні 277 г хліба, %		
		батон нарізний	хлібці діабетичні «З фруктозою»	хлібці «З лактулозою»	батон нарізний	хлібці діабетичні «З фруктозою»	хлібці «З лактулозою»
Білки, г	63	21,7	32,7	33,2	34,5	53,1	52,7
Жири, г	64	8,5	10,4	10,3	13,3	16,2	16,1
Вуглеводи, г	368	150,6	138,2	141,1	40,9	39,6	41,2
Харчові волокна, г	25	5,5	19,9	19,7	21,8	79,4	78,9
Мінеральні речовини, мг							
кальцій	1200	60,5	135	133,9	5,04	11,3	11,2
магній	400	90,7	281,6	279,3	22,7	70,4	69,8
фосфор	1200	240,9	590,2	585,5	20,1	49,2	48,8
залізо	15	4,4	10,2	10,1	29,5	68,3	67,7
йод	0,15	0,00008	0,12	0,12	0,05	81,4	80,7
селен	0,05	-	0,003	0,003	-	6,5	6,4
Вітаміни, мг							
A (ретинол)	1	-	-	-	-	-	-
B <sub>1</sub> (тіамін)	1,6	0,46	0,48	0,47	28,5	29,9	29,6
B <sub>2</sub> (рибофлавін)	2	0,11	0,25	0,25	5,6	12,4	12,3
PP (ніацин)	22	3,98	7,91	7,85	18,1	35,9	35,7
B <sub>c</sub>	0,2	0,08	0,1	0,1	41,1	52,3	51,8
Енергетична цінність, ккал	2300	763	778	789	33,1	33,8	34,3
Жирні кислоти, сума, г	58,8	5,55	5,78	5,26	9,4	9,8	8,9
насичені	13,52	1,24	0,83	0,76	6,2	4,2	3,8
мононенасичені	40,57	3,05	1,20	1,09	15,4	6,0	5,5
поліненасичені	4,70	1,26	3,72	3,38	6,4	19,0	19,3
лінолева (ω-6)	3,76	1,26	3,09	2,81	6,7	17,4	15,8
ліноленова (ω-3)	0,94	0,01	0,63	0,57	1,06	35,7	32,3

залізі – більш як удвічі, вітамінах B<sub>2</sub> і PP – удвічі. Добова потреба у йоді забезпечується в середньому на 81%.

Визначали показник глікемічності нових виробів, який розраховували за методикою, розробленою на кафедрі технології хлібопекарських і кондитерських виробів НУХТ професором А.М. Дорохович зі співавторами [6].

Результати розрахунку наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Показники глікемічності виробів

n = 3, p ≤ 0,05

Дослідний зразок	Показник глікемічності, од.
Батон нарізний (контроль)	27,85
Хлібці діабетичні «З фруктозою»	23,08
Хлібці «З лактулозою»	23,02

У нових виробках, у рецептурі яких частину борошна замінено ПВ і СПК (хлібці діабетичні «З фруктозою» та хлібці «З лактулозою»), показник глікемічності порівняно

з показником глікемічності батонів нарізних знижується на 17,2 та 17,4% відповідно.

## Висновок

Проведеними дослідженнями доведено доцільність збагачення хлібобулочних виробів із цукрозамінниками ПВ, СПК, соєвою олією, йодованою сіллю, що містять функціональні інгредієнти, та розроблено рецептури хлібців діабетичних «З фруктозою» та хлібців «З лактулозою». Враховуючи, що за умови вживання нових виробів добова потреба у функціональних інгредієнтах (харчових волокнах, ненасичених жирних кислотах, низці мінеральних речовин і вітамінів) забезпечується більш як на 20%, їх можна віднести до фізіологічно-функціональних продуктів, призначених для споживання як хворим на цукровий діабет, так і широкому колу споживачів.

## ЛІТЕРАТУРА

- Харченко Н.В. Дієтичне харчування хворих на інсуліннезалежний цукровий діабет / Н.В. Харченко, Г.А. Анохіна, В.В. Харченко // <http://zhuyvaktivno.org/clublikariv/dystantsiine-navchannia/hastroenterolohiia/diabetolohiia/>
- Тюрина О.Е. Хлеб для больных сахарным диабетом / О.Е. Тюрина // *Хлебопечение России*. – №6. – С. 31-33.
- Капельяниц Л.В. Пребиотики и их роль в функциональном питании / Л.В. Капельяниц // *Молочна промисловість*. – 2002. – №1. – С. 44-46.
- Физиологические и технологические аспекты применения пищевых волокон / Л.Шпатова, А.Кочеткова, О.Шубина и др. // *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. – 2008. – №12. – С. 3-8.
- Конєва С.И. Хлеб повышенной пищевой ценности из пшеничной муки с добавлением отрубей / С.И. Конєва, И.И. Ползунова // *Технология хлебопечения*. – 2010. – №5. – С. 59-61.
- Дорохович В.В. Цукровий діабет і значення глікемічного індексу при вживанні антидіабетичних продуктів / В.В. Дорохович, О.В. Бабіч // *Харчова промисловість*. – 2005. – №4 – С. 16-1

