

В.В. Дорохович, док-р. техн. наук

V. Dorohovich

В.М. Ковбаса, док-р. техн. наук

V. Kovbasa

**ВПЛИВ ЦУКРОЗАМІННИКІВ НА УТВОРЕННЯ ТІСТОВИХ МАС
КОАГУЛЯЦІЙНОЇ, КОАГУЛЯЦІЙНО-КРИСТАЛІЗАЦІЙНОЇ,
КОАГУЛЯЦІЙНО-ПІНОПОДІБНОЇ СТРУКТУРИ
EFFECT OF SUGAR SUBSTITUTES ON THE FORMATION OF
FLOCCULATION, CRYSTALLIZATION- FLOCCULATION, FOAM-
FLOCCULATION STRUCTURES OF DOUGH INASSES**

*В статті досліджено та науково обґрунтовано вплив цукрозамінників (фруктози, глюкози, сорбіту, лактитолу, ізомальту) на формування тістових мас коагуляційно-кристалізаційної структури (тісто для здобного печива), коагуляційно-**пастоподібної** структури (тісто для кексів), коагуляційно-піноподібної слабкоструктурованої структури (бісквітне тісто), коагуляційно-піноподібної сильноструктурованої структури (для білково-збивного печива та тістечок).*

Ключові слова: цукрозамінники, тістові маси, структурно-механічні властивості

Effect of sugar substitutes (fructose, glucose, sorbitol, lactitol and isomalt) on the formation of different structures of dough masses: crystallization-flocculation structure (viennoiserie), paste-flocculation structure (fruitcakes), semistructured foam-flocculation structures (sponge cakes), wellstructured foam-flocculation structures (whipped-wheat cakes) is investigated and grounded.

Key words: sugar substitutes, dough masses,.

На сьогоднішній день в світі та в Україні з кожним роком збільшується кількість хворих на цукровий діабет. В Україні кількість хворих зареєстрованих хворих досягає 1 млн. осіб. Медики вважають, що цю цифру потрібно

збільшити щонайменше у двічі, оскільки на ранніх стадіях людина не завжди знає про існуючу проблему з здоров'ям і, відповідно, не стає на диспансерний облік. Дієтотерапія має одне з вирішальних значень у комплексному лікуванні хворих на цукровий діабет [1,14]. Вона повинна бути адекватною до фізіологічних потреб організму з урахуванням віку, статі, маси тіла, інсулінотерапії або цукрознижуючих препаратів, супутніх захворювань, енерговитрат тощо. Хворим на цукровий діабет потрібно зменшувати кількість легкозасвоюваних вуглеводів – моно- та дисахаридів. Обмежуючи кількість легкозасвоюваних вуглеводів у раціоні хворих на цукровий діабет, необхідно брати до уваги той факт, що потяг до солодкого смаку є природним для людини і тому під час розроблення борошняних кондитерських виробів (БКВ) для цієї групи населення потрібно застосовувати цукрозамінники з низьким глікемічним індексом (ГІ) та різних ступеней солодкості, тим самим створюючи різні за інтенсивністю солодкого смаку вироби.

На теперішній час на ринку України з'явилися нові цукрозамінники – лактитол та ізомальт, які мають низький ГІ (3%) і, внаслідок цього, можуть бути використані при розробленні БКВ для хворих на цукровий діабет. Традиційні та нетрадиційні цукрозамінники мають відмінні від цукру фізико-хімічні та технологічні властивості і, ймовірно, по різному впливатимуть на формування структурних властивостей тістових мас.

Здобне (пісочне) тісто відноситься до коагуляційно-кристалізаційних структур. Воно є умовно пластичним тілом, коагуляційні контакти сприяють тікучості, тобто здатності до повільного розвитку значних залишкових деформацій, практично без помітного руйнування просторової сітки. Такі структури є рухливими просторовими сітками. Після розриву сітки, що відбувається під дією прикладеного навантаження, зв'язки у вузлах цих сіток тиксотропно відновлюються у тепловому броунівському русі [12]. Структурно-механічні властивості тіста пов'язані з молекулярною взаємодією у цих тілах, особливостями будови та теплового руху їх структурних елементів, що складають дисперсну фазу, взаємодією цих елементів один з одним та з

молекулами дисперсійного середовища. Таким чином, структурно-механічні властивості здобного пісочного тіста характеризуються виникненням у системі властивостей пружних, пластичних, в'язкісних. Властивості міцності системи визначають характер деформаційних процесів та процесів руйнування, що проходять у цих системах.

Тісто для кексів відноситься до мас коагуляційної пастоподібної структури і характеризуються в'язко-пластичними властивостями.

У технологіях борошняних кондитерських виробів процес піноутворення має велике значення, особливо це стосується групи білково-збивних, бісквітних мас. Піна – це дисперсна система, яка складається з чарунок - пухирців газу, розділених плівками рідини або твердим тілом. Структура піни визначається співвідношенням об'ємів повітряної і рідкої фаз. Залежно від цього співвідношення чарунки піни можуть мати сферичну чи багатогранну (поліедричну) форму. Геометрична форма пухирців повітря у піні залежить від співвідношення об'ємів дисперсної фази та дисперсного середовища, ступеню полідисперсності піни та способу пакування пухирців. У монодисперсній піні деформація сферичних пухирців з виникненням плівок у місцях контакту розвивається, якщо вміст газу в системі досягає $\sim 50\%$. У полідисперсній піні перехід до поліедричної форми починається, як стверджують деякі вчені [13], при кратності піни $n > 4$. На думку П.М. Круглякова та Д.Р. Ексерової [8], перехід до поліедричної форми починається при $n < 4$, що більш обгрунтовано.

Стабільність високостійких пін, до яких належать кондитерські піни, пояснюється наявністю в плівках високов'язкого, механічно міцно адсорбованого шару з молекул піноутворювача. Такі шари гелеподібної будови дифузно розповсюджуються в глибину розчину, затримують стікання рідини в плівках і надають останнім структурної в'язкості та механічної міцності [3,5].

Оптимізація технології пінних структур кондитерських мас має бути направлена на регулювання властивостей низькократних пін, які спрямовані на затримання гідродинамічних процесів, на зниження швидкості кінетичних процесів, пов'язаних з процесом синерезису, що сприяє тривалому зберіганню

структури кондитерських пін. Для цього необхідно створити умови для отримання піни з максимально високим ступенем дисперсності та мінімальної полідисперсності, що досягається зменшенням поверхневого натягу та гомогенізації піни.

Тістові маси для бісквітів відносяться до коагуляційно-піноподібних слабкоструктурованих мас, а маси до білково-збивних виробів відносяться до коагуляційно-піноподібних сильноструктурованих мас.

Оскільки кількість цукру в рецептурах бісквітних та білково-збивних виробів висока, то і роль його у структуроутворенні вагома. Роль цукру [6], може бути двоякою. Цукор підвищує поверхневий натяг водних розчинів і, відповідно, погіршує процес піноутворення. В той же час, підвищення концентрації цукру збільшує в'язкість рідини у плівках піни, а це затримує потоншення плівки, тобто сприяє стійкості піни.

Існує багато робіт, присвячених оптимізації замісу кондитерського тіста [2,4,7,9-11], але робіт щодо встановлення впливу цукрозамінників на процес приготування кондитерських тістових мас коагуляційної, коагуляційно-кристалізаційної і коагуляційно-конденсаційної структури не знайдено. Тому метою роботи було встановлення впливу цукрозамінників на формування різних типів тістових мас та розроблення заходів щодо наближення їх структурно-механічних властивостей до відповідних властивостей тістових мас на цукрі, що необхідно для можливості виробництва нових виробів на існуючому обладнанні.

Оскільки структурні (реологічні) властивості тістових мас для різних видів БКВ істотно відрізняються то для їх визначення нами було застосовано різні методи. Структурно-механічні характеристики тістових мас для здобного пісочного печива визначали на модифікованих вагах Карагіна-Сологової, тіста для кексів – кульковому віскозиметрі Хеплера, ступінь руйнування тіста для бісквітів – ротаційному віскозиметрі, білково-збивне тісто характеризували за мікроструктурою, визначеною за допомогою мікроскопу.

Як видно з рис 1 тістові маси для здобного пісочного печива, що виготовлені на фруктозі, найбільш піддатливі дії навантаження. Найменше підлягають дії навантаження тістові маси на глюкозі та ізомальті Тістові маси, що виготовлені на лактитолі, мають характер змін, аналогічний масам, виготовленим на цукрі. Відмінність спостерігається лише після зняття навантаження. Для тістових мас на лактитолі більшою мірою характерним є відновлення структури, ніж у тістових масах на цукрі. За характером кривих відносної деформації тістових мас (рис 1) визначено реологічні характеристики (табл. 1).

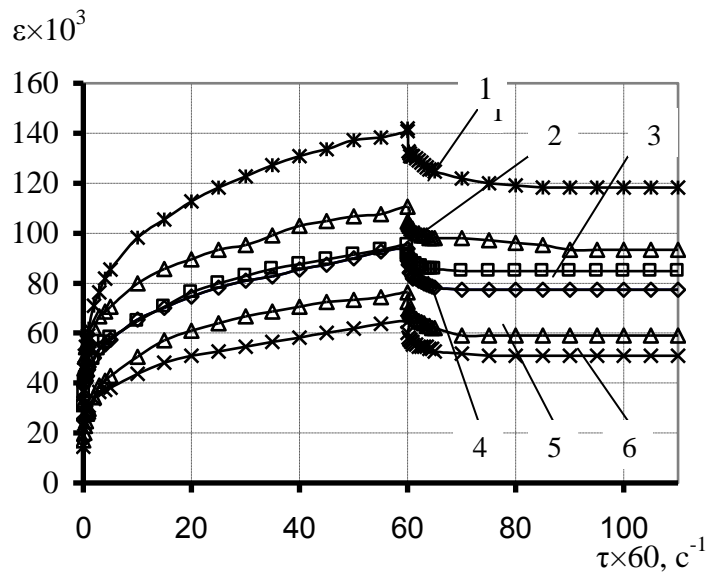


Рис. 1. Залежність відносної деформації тістових мас з використанням:

1-фруктози; 2- сорбіту; 3-цукрі; 4-лактитолу; 5-глюкози; 6- ізомальту

Таблиця 1

Реологічні характеристики тіста з використанням цукру та цукрозамінників

Тістові маси з використанням	Модуль миттєвої пружності, Па	Модуль еластичної деформації, Па	Пластична в'язкість, Па·с	В'язкість пружної післядії, Па·с	Максимальна деформація 10 ⁻³ , Па	Високо еластична деформація, 10 ⁻³ , Па	Відносна умовно-миттєва деформація	Піддатливість, 10 ⁻³ , Па ⁻¹
Фруктози	30551	17734	5846	1949	140,9	62,6	36,6	0,13
Сорбіту	34306	19447	11108	1984	110,5	57,1	32,4	0,099
Цукру	36445	28108	11335	2830	95,2	41,6	30,5	0,086
Лактитолу	43648	27735	13211	3471	93,6	40,9	25,5	0,084
Глюкози	64809	26187	14841	4406	76,2	39,5	17,1	0,069
Ізомальту	76346	37719	15428	5290	64,6	29,5	14,6	0,058

Відмінність у впливі цукрозамінників на реологічні показники тістових мас можна пояснити різною розчинністю та різною молекулярною масою цих

речовин. Найбільшу розчинність має фруктоза. Розчинність фруктози на 22% (за 20°C) більша, ніж розчинність цукру, і тому тісто на фруктозі найбільш „слабке”. Для отримання тіста на фруктозі, близького за структурою до структури тіста на цукрі, потрібно корегування рецептури. Це необхідно для того, щоб при зміні асортименту не виникала необхідність в істотній зміні режимів роботи обладнання, дозування фруктози доцільно зменшити на 10...15%, порівняно з дозуванням цукру. Для компенсації нестачі сухих речовин доцільно збільшити дозування борошна, або іншої сировини, яка буде сприяти покращенню харчової та біологічної цінності.

Для того, що наблизити структуру тіста на сорбіті до структури тіста на цукрі, дозування сорбіту потрібно зменшити на 5...7%. Однак, оскільки сорбіт дещо погіршує органолептичні показники готового печива (надає „металевий” присмак), то використання його у виробництві здобного печива спеціального споживання, на нашу думку, є недоцільним.

Реологічні характеристики тіста на лактитолі наближаються до відповідних характеристик тіста на цукрі, внаслідок чого виникає можливість його використання під час виробництва здобного печива без змін технологічних параметрів замісу тіста та істотного корегування рецептурних композицій. Враховуючи низьку солодкість лактитолу (0,3...0,45 SES) і високу солодкість фруктози (1,5...1,7 SES), вважаємо за доцільне використовувати разом лактитол та фруктозу, у встановленому нами оптимальному співвідношенні (66 : 34).

Тісто на глюкозі та ізомальті значно міцніше, ніж тісто на цукрі. За величиною максимальної деформації (табл. 1) тісто на глюкозі міцніше на 20%, на ізомальті – на 32%. Для послаблення структури тіста потрібно використовувати пластифікатори структури. Головним пластифікатором структури є жир, однак враховуючи те, що здобне печиво і так перевантажено жиром, збільшувати його кількість недоцільно. Для послаблення структури тіста вважаємо за доцільне використовувати лецитин, а також частково замінювати вершкове масло або маргарин на рослинні жири (гірчичну та кукурудзяну олію), які мають значний вміст поліненасичених жирних кислот.

Про структурні характеристики кексового тіста можна судити за його густиною. Для цього були виготовлені модельні системи кексового тіста з використанням цукру та різних цукрозамінників (табл. 2).

Таблиця 2

Густина кексового тіста на цукрі та цукрозамінниках

	Кекс на						
	цукрі	фруктозі	глюкозі	сорбіті	лактитолі	ізамальті	лактитол+фруктоза
Густина тіста кг/м ³							
відразу після замісу	930	960	1030	930	890	1080	920
через 1 годину	950	990	1050	950	910	1110	940

Аналіз отриманих даних показав, що найменшу густину має тісто на лактитолі, найбільшу – на ізомальті, а густина тіста на сорбіті, суміші лактитол+фруктоза практично така ж, як і на цукрі.

При визначенні впливу цукру/цукрозамінників на реологічні характеристики коагуляційної пастоподібної структури тіста для кексів встановлено (рис 2), що цукрозамінники суттєво впливають на податливість мас до дії навантаження, що дозволило нам усі маси поділити на три групи. I група – це легкоподатливі маси. Вони виявляють властивості в'язкопластичної течії при навантаженні ~ 100 г, це – маси на лактитолі, сорбіті, суміші лактитол-фруктоза (66:34). II група – це маси середньої податливості. Вони для течії потребують навантаження на 20% більшого, ніж маси I групи, це – маси на цукрі і фруктозі. III група – важкоподатливі маси, це – тістова маса на глюкозі, яка

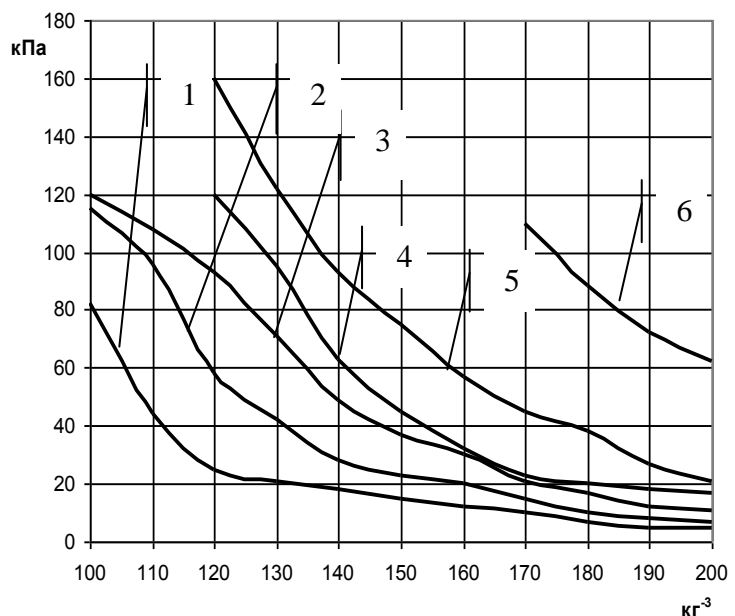


Рис 2 . Вплив навантаження на в'язкість тіста на 1 – сорбіті, 2 – лактитолі, 3 – лактитол+фруктоза, 4 – цукрі, 5 – фруктозі, 6 – глюкозі

виявляє в'язко-пластичну течу при навантаженні – 170 г. Маса на ізомальті при навантаженні навіть понад 200 г не виявляє в'язкопластичної властивості.

Отримані дані показали, що під час розроблення рецептур на лактитолі, суміші лактитол-фруктоза, сорбіті кількість жиру можна зменшити на 5%; на фруктозі вміст жиру доцільно залишити таким, як і на цукрі. За результатами досліджень можна зробити висновок, що тісто на лактитолі, сорбіті, фруктозі та суміші лактитола і фруктози певною мірою відповідає структурним характеристикам традиційного кексового тіста на цукрі. Для виготовлення такого тіста можна використовувати звичайне обладнання.

Тісто на глюкозі має досить велике значення в'язкості навіть під час дії значних навантажень. Пробні лабораторні випічки показали – готові кекси на глюкозі мали щільну „забиту” структуру, а це вказує на те, що рецептурний склад кексів на глюкозі потребує суттєвої зміни, порівняно із складом кексів на цукрі. Запропоновано 10 % маргарину замінити на кукурудзяну олію або збільшити вміст маргарину на 5...7% для послаблення структури тіста. Кекс на глюкозі, як висококалорійний та легкозасвоюємий продукт, доцільно споживати людям з високим фізичним навантаженням. Тісто на ізомальті має надто міцні структурні характеристики, що дозволяє прогнозувати недоцільність його використання для виготовлення кексів.

Під час визначення впливу цукрозамінників на піноутворювальну здатність білкових систем та стабільність їх пін встановлено (рис. 3), що максимальну піноутворюючу здатність мають системи, що містять лактитол та сорбіт, мінімальну – ізомальт. На піноутворення впливає ряд факторів, серед яких слід визначити, в'язкість системи, що збивається. Попередніми дослідженнями встановлено, що в'язкість 50% водних розчинів ізомальту більш ніж на 35% вища за в'язкість водних розчинів цукру відповідної концентрації. Отже, можна припустити, що і в системі яєчний білок-ізомальт в'язкість буде вищою, ніж у системі з цукром. Внаслідок цього утруднюється піноутворення, але, водночас, підвищується стабільність піни.

При дослідженні впливу цукрозамінників на формування піноподібних коагуляційної слабо- (маси для бісквіту) та сильноструктурованої (маси для білково-збивного печива) структури встановлено (рис. 3), що цукор та цукрозамінники зменшують ПУЗ в такій послідовності лактитол < сорбіт < фруктоза < глюкоза < цукор < ізомальт. Порівнюючи зафіксовану структуру піноподібних мас (рис 4) можна

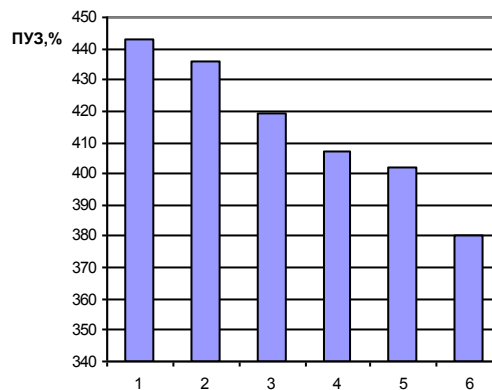
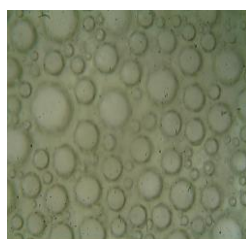
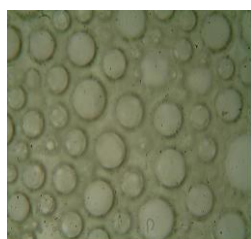
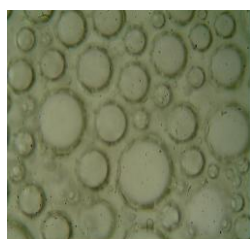


Рис. 3 Піноутворююча здатність мас 1– ячний білок –лактитол, 2 – ячний білок – сорбіт , 3 – ячний білок – фруктоза, 4– ячний білок – глюкоза, 5– ячний білок – цукор, 6– ячний білок –ізомальт



а

б

в

Рис 4. Мікроструктура білково-збивної маси а – на цукрі, б – на лактитолі, в– на ізомальті

зробити висновок, що поліоли лактитол та ізомальт сприяють утворенню більш монодисперсної структури ніж структура піни на цукрі, і це, вірогідно,

пояснює більшу стійкість їх пін.

Технологія бісквітів передбачає різні технологічні операції: збивання маси, заміс тіста, формування (наприклад, розливання у форми) тощо. Слабоструктуровані маси до яких відноситься бісквітне тісто легко піддаються зовнішнім впливам. Тому суттєве практичне значення має поведінка бісквітного тіста під дією навантажень. Нами були проведені дослідження з визначення рівня руйнування структури бісквітного тіста, яке виготовлено із застосуванням різних цукрозамінників (рис. 5).

Рівень руйнування структури характеризує величина α , що показує, яка частина структурної сітки від первинної, зруйнувалась Під дією напруги зсуву. Експериментальні дані показують, що використання цукрозамінників

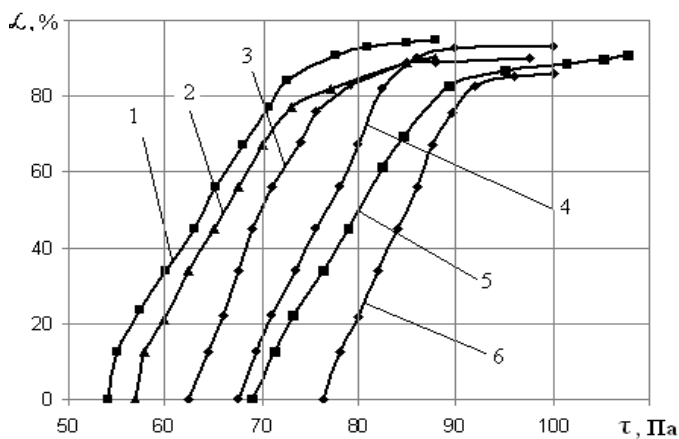


Рис. 5. Рівень руйнування структури (α , %) бісквітного тіста залежно від напруги зсуву (τ),

- 1 – тісто на сорбіті, 2 – тісто на глюкозі,
 3 – тісто на цукрі, 4 – тісто на фруктозі,
 5 – тісто на лактитолі,
 6 – тісто на ізомальті

застосування фруктози, глюкози, лактитолу при виробництві здобного пісочного печива, кексів, бісквітів та лактитолу і ізомальту при виробництві білково-збивних виробів. Грунтуючись на результатах проведених досліджень розроблено технології нових борошняних кондитерських виробів, що можна рекомендувати споживати усім групам населення у т.ч. хворим на цукровий діабет.

(ізомальту, лактитолу, фруктози) сприяє підвищенню стійкості тіста до руйнування, порівняно з тістом на цукрі.

Це дозволяє прогнозувати краще збереження структури бісквітного тіста під час формування виробів та на початкових етапах термооброблення.

Висновки. Проведені дослідження показали доцільність

ЛІТЕРАТУРА

1. Астамиров Х. Настольная книга диабетика / Х. Астамиров, М. Ахманов. – М.: ЭКСМО-ПРЕСС, 2001. – 400 с.
2. Беляева Л.М. Исследование факторов, влияющих на качество изделий из пресного слоеного теста, и пути совершенствования его производства : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.16 – технология продуктов общественного питания / Л.М. Беляева. – М., 1974. – 22 с.
3. Дерягин Б.В. Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок / Б.В. Дерягин // ДАН СССР. – М.: Наука, 1986. – 204 с.
4. Дорохович А.М. Разработка научных основ технологии различных мучных кондитерских изделий : дис. ... докт. техн. наук : 05.18.01 / А.М. Дорохович. – М., 1988. – 433 с.

5. Думанский А.В. Избранные труды: Коллоидная химия / А.В. Думанский – М.: ВГУ, 1990. – 289 с.
6. Зубченко А.В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий / А.В. Зубченко – Воронеж: ВГТА, 1997. – 413 с.
7. Козлов В.Г. Приготовление сахарного теста на основе смешивания сырья в смешанных потоках : автореф. дис. – техн. наук : спец. 05.18.01 – технология хлебопекарных, макаронных и кондитерских продуктов / В.Г. Козлов. – Воронеж, 1991.
8. Кругляков П.М. Пены и пенные пленки / П.М.Кругляков, Д.Р.Ексерова. – М.: Химия, 1990. – 446 с.
9. Матяш Е.Т. Совершенствование технологии производства пряничного теста : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.16 – технология продуктов общественного питания / Е.Т. Матяш. – М., 1993. – 21 с.
10. Оболкіна В.І. Наукове обґрунтування та розроблення раціональних технологій комбінованих кондитерських виробів, які формуються методом ко-екстузії : дис.... докт. техн. наук.: спец. 05.18.01. // В.І. Оболкіна. – К., 2006. – 338 с.
11. Притула В.И. Исследование технологии выработки пряников с целью сокращения производственного цикла и повышения качества изделий : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.01 – технология хлебопекарных, макаронных и кондитерских продуктов / В.И. Притула – К., 1980. – 20 с.
12. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика / П.А. Ребиндер – М.: Знание, 1958. – 64 с.
13. Тихомиров В.П. Пены. Теория и практика получения и разрушения / В.П.Тихомиров – М.: Химия, 1983. – 264 с.
14. Тутельян В.А. Новые стратегии в лечебном питании / В.А. Тутельян, Т.С. Попова – М.: Медицина, 2002. – 141 с.