

## ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТІСТА ДЛЯ МАФФІНІВ

Дорохович А.М., д-р техн. наук, професор, Ковалевська Є.І., канд. техн. наук, доцент,  
Лазоренко Н.П., аспірант  
Національний університет харчових технологій, м. Київ

*Досліджено структурно-механічні властивості маффінів на основі цукру білого, встановлено вплив цукрозамінників фруктози і пребіотика лактулози на структурно-механічні властивості маффінів. Наведено основні реологічні показники тістових мас маффінів.*

*Investigational structurally mechanical properties of maffin on the basis of sugar white, influence of sweeteners fructose is set and prebiotika laktulozi on structurally mechanical properties of maffiniv. The basic reologichni indexes of tistovikh the masses of maffiniv are resulted.*

Ключові слова: маффін, пребіотик лактулоза, реологічні властивості тіста.

Асортимент борошняних кондитерських виробів (БКВ) в Україні з кожним роком безупинно зростає. Розширюється асортимент вже наявних видів борошняних кондитерських виробів і мігрують з Європи нові види борошняних кондитерських виробів. Останнім часом на ринку України з'явилися нові види БКВ – це маффіни.

Маффіни – один із нових для українських споживачів кондитерський виріб. Зовні маффіни схожі на кекси, але якщо кекси – це скоріше торт у мініатюрному виконанні, то маффіни – це золота середина між кексом і масляним бісквітом. Він поєднує в собі легку, ніжну структуру бісквіту, пористість кексів і має свою індивідуальність: замість маргарину або вершкового масла, яка у кексів є основним структуроутворювачем тіста використовується рослинна олія, яка багата на поліненасичені жирні кислоти, не містить транс-ізомерів жирних кислот. Зазвичай на підприємствах малої і середньої потужності, а також у кафе маффіни виготовляють на основі традиційної сировини (борошна, цукру білого кристалічного, меланжу) з додаванням спеціальної суміші [2], до складу якої входить сухий меланж, вологоутримувальні компоненти, сухе знежирене молоко, крохмаль, пекарські порошки Е 450; Е 500, емульгатори Е 472 і Е 471, Е 475, сіль, барвник та ін. Співвідношення компонентів даної суміші є невідомим.

У НУХТі було проведено комплекс досліджень і шляхом використання математичного методу багатофакторного планування експерименту було визначено оптимальне співвідношення хімічних розпушувачів: харчової соди, амонію і пірофосфату натрію та емульгаторів, що було використано при розробленні науково обґрунтованих рецептурних композицій маффінів оздоровчого (функціонального) і дієтичного призначення [2].

Аналіз ринку України і за кордоном показує, що при виробництві маффінів використовується цукор білий кристалічний [4].

У зв'язку з тим, що з кожним роком збільшується кількість хворих на цукровий діабет, нами запропоновано при виробництві маффінів використовувати цукрозамінник фруктозу, а для надання виробам функціонального статусу збагачувати їх фізіологічно-функціональним інгредієнтом – пребіотиком лактулозою [5]. Як пребіотик лактулоза стимулює ріст і розвиток захищеної мікрофлори кишечника – біфідо і лактобактерій, які активно розвиваючись, продукують органічні кислоти, які у свою чергу пригнічують ріст і розмноження патогенних мікроорганізмів за рахунок зменшення кишкового рН. Крім того, лактулоза сприяє покращенню імунітету, синтезу вітамінів, захисту від різних інфекцій, вона перешкоджає проникненню в кров токсинів, які утворюються при метаболізмі харчових продуктів. Добова профілактична доза лактулози, рекомендована медико-біологічними випробуваннями 2,0 – 10,0 г на добу [3].

Відповідно до державного стандарту Росії ГОСТ Р 82349-2005 [1], науковою базою якого є Європейська наукова концепція, харчовий продукт має статус «функціональний харчовий продукт», коли до його складу входять фізіологічно-функціональні інгредієнти в кількості 10-50 % від добової потреби. Лактулоза, як пребіотик є фізіологічно-функціональним інгредієнтом, тому нами було запропоновано використовувати її в кількості 2 грама на 100 г маффіну. За основу ми прийняли, добова потреба лактулози як пребіотика становить 10 г, і як фізіологічно-функціональний інгредієнт його кількість прийнята нами 20 %, що складає 2 г на 100 г готового продукту, тобто при споживанні 100 г маффінів забезпечується задоволення добової потреби лактулози на 20 %.

Головне в процесі тістоутворення – формування потрібної структури з заданими структурно-механічними властивостями. Кожний із сировинних інгредієнтів, які утворюють в комплексі складну систему тіста, відіграють визначну роль у процесі тістоутворення [6], але найбільше значення відіграє основна сировина – борошно пшеничне, цукор білий кристалічний і рослинна олія.

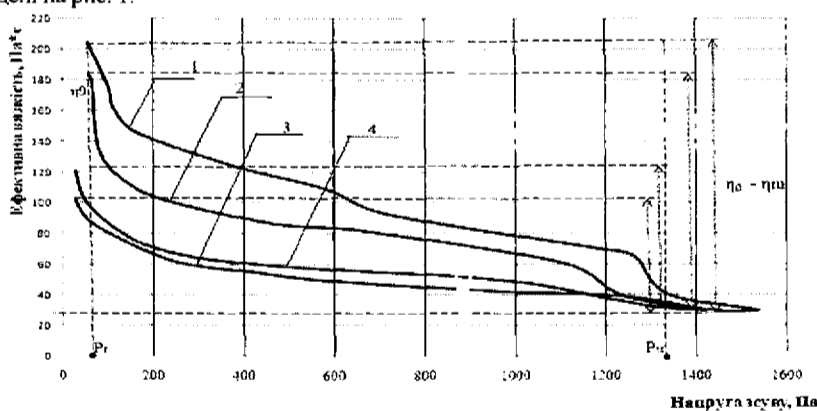
Аналіз літературних джерел показав відсутність досліджень із визначення впливу сировини на структурно-механічні властивості маффінів, тому метою наших досліджень було визначити структурно-механічні властивості тіста для маффінів, виготовлених на традиційних сировинних інгредієнтах і визначити вплив фруктози і лактулози на структурно-механічні характеристики.

За допомогою ротатійного віскозиметра Реотест 2 нами було досліджено структурно-механічні властивості тіста на основі цукру та цукрозамінників фруктози і лактулози. Для цього були виготовлені тістові моделі (табл. 1) на цукрі білому (модель 1), на цукрі білому з додаванням лактулози (модель 2), на фруктозі (модель 3), та фруктозі з додаванням лактулози (модель 4). Перша модель виготовлялась на цукрі білому в кількості 65 % до маси борошна, друга модель на цукрі і лактулозі, кількість лактулози 5,1 % до маси борошна, що відповідає 2 % до маси готового продукту. За рахунок використання лактулози вміст цукру білого зменшився до 59,9 %, враховуючи вміст сухих речовин лактулози. Третя модель була виготовлена на фруктозі. Заміна цукру білого на фруктозу проводилась, враховуючи кількості сухих речовин цукру білого, і становила 68,3 % до маси борошна. Четверта модель була виготовлена на фруктозі і лактулозі, відповідно вміст фруктози зменшився до 63,8 %, враховуючи вміст сухих речовин лактулози.

Таблиця 1 – Рецептурні композиції досліджуваних тістових моделей

Сировина	Модель 1	Модель 2	Модель 3	Модель 4
Борошно пшеничне в/с	100,0	100,0	100,0	100,0
Фруктоза	–	–	68,3	63,02
Цукор білий	65,0	59,9	–	–
Лактулоза	–	5,1	–	5,1
Рослинна олія	36,5	36,5	36,5	36,5
Меланж	42,0	42,0	42,0	42,0
Вуглеамонійна сіль	0,86	0,86	0,86	0,86
Сода харчова	0,82	0,82	0,82	0,82
Пірофосфат натрію	1,15	1,15	1,15	1,15
Емульгатор Е 471	0,5	0,5	0,5	0,5
Емульгатор Е 475	0,5	0,5	0,5	0,5

Для кількісного відображення стану системи тіста маффінів, і отримання повної реологічної кривої, а також області кривих течії в достатній мірі розрушених структур, визначали ефективну в'язкість, яка відображає складність процесу течії системи під дією зовнішніх сил. На ротатійному віскозиметрі Реотест 2 досліджували тісто маффіну вологістю 24,9 % температурою 20 °С (293 К) при швидкості зсуву від 0,333 до 487,4 с<sup>-1</sup>. Результати досліджень наведені на рис. 1.

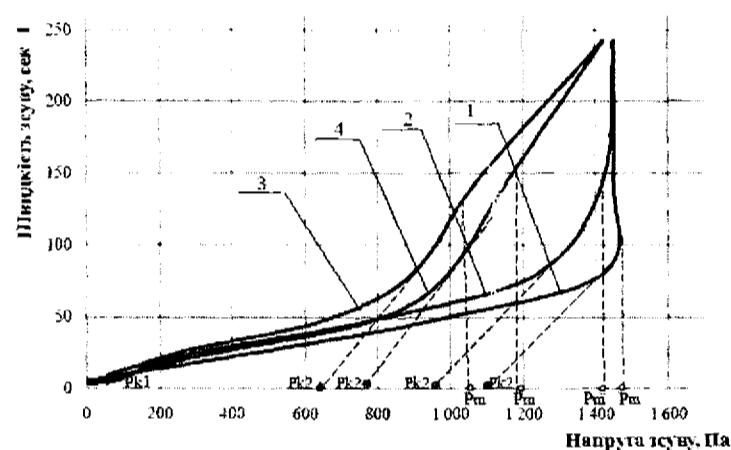


1 – на цукрі білому  $y=205-0,163x-0,5x^2$ , 2 – на цукрі білому + лактулоза  $y=184-0,181x-0,5x^2$ ,  
 3 – на фруктозі  $y=102-0,104x-0,5x^2$ , 4 – на фруктозі + лактулоза  $y=121-0,129x-0,5x^2$

Рис. 1 – Реологічні криві в'язкості тіста маффінів

Реологічні криві в'язкості маффінів характерні для структурованих систем. Тісто маффіну володіє аномалією в'язкості, яка пов'язана зі зміною в'язкості від швидкості та напруги зсуву, з підвищенням швидкості зсуву в'язкість структури знижується в досить вузькому інтервалі напруги, а після повного руйнування структури

в'язкість залишається сталою. Це означає, що ефективна в'язкість з ростом напруги плавно зменшується в діапазоні від  $\eta_0$  до  $\eta_m$ , відповідно критичній нарузі  $P_{k1}$ , вище якої  $\eta = \eta_m$ , залишається сталою. В'язкість зруйнованої структури ( $\eta_m$ ) всіх тістових мас маффінів дорівнює 29 Па\*с. Аналіз кривих, що характеризує  $\eta = f(P)$ , вказує на те, що в'язкість тіста маффіну на цукрі білому найвища і дорівнює 205,0 Па\*с, при нарузі зсуву 387,0 Па; найменша в'язкість при тій же нарузі зсуву у тіста виготовленого на фруктозі і дорівнює 102,3 Па\*с. При нарузі зсуву 960 Па в'язкість тіста маффіну відповідно на цукрі дорівнює 85 Па\*с, на фруктозі – 66 Па\*с. При нарузі зсуву 1430 Па в'язкість обох систем практично вирівнюється і дорівнює 29,4 Па\*с. Тістові маси, що виготовлені на цукрі білому з додаванням лактулози, значно послаблюють систему. Тістові маси, що виготовлені на фруктозі з додаванням лактулози навпаки зміцнюють в'язкість системи. Так, якщо в'язкість тістових мас на цукрі білому, при нарузі зсуву 387,0 Па дорівнює 205 Па\*с, то в'язкість тістових мас на цукрі з лактулозою при тих же умовах дорівнює 184 Па\*с, тобто на 11 % менше. В'язкість тістових мас на фруктозі при тій же нарузі зсуву дорівнює 102 Па\*с, тобто на 50,2 % менше, з додаванням лактулози 121 Па\*с, тобто на 41 % менше в'язкості тістових заготовок на цукрі білому. На рис.2 представлені реограми течії тістових мас маффінів (моделі табл.1).



1 – на цукрі білому  $12,74-0,051x+x^2$ , 2 – на цукрі білому + лактулоза  $14,36-0,066x+x^2$ ,  
3 – на фруктозі  $10,61-0,025x+x^2$ , 4 – на фруктозі + лактулоза  $15,48-0,084x+x^2$

Рис. 2 – Криві течії тістових мас маффінів

Аналіз кривих течії дозволяє визначити такі константи:  $P_{k1}/P_{k2}$  – міцність структурних зв'язків (чим вище це відношення, тим міцніші зв'язки в структурі),  $P_{m'}/P_{k1}$  – характеризує діапазон напружень, в яких відбувається руйнування системи,  $P_{k2}$  – умовно динамічний поріг текучості. Якщо  $P_{k1} > 0$ , то система має властивості структурованого твердого тіла,  $P_m$  – характеризує міцність утвореного структурного каркасу. Результати проведених розрахунків представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Реологічні характеристики тіста маффіну

Реологічні характеристики	Тісто маффінів на:			
	цукрі білому	цукрі білому з лактулозою	фруктозі	фруктозі з лактулозою
Найбільша в'язкість системи – $\eta_0$ Па*с	2,05	1,84	1,02	1,21
Найменша в'язкість системи – $\eta_m$ Па*с	0,29	0,29	0,29	0,29
Міцність утвореної надмолекулярної структури – $\eta_0 - \eta_m$ Па*с	1,76	1,55	0,73	0,92
Характер утвореної системи, $P_{k1}$	55,28	55,28	13,82	27,64
Умовна динамічна границя текучості, $P_{k2}$	1100,0	950,0	630,0	770,0
Міцність утвореного структурного каркасу, $P_m$	1490,0	1400,0	1070,0	1190,0
Міцність структурних зв'язків, $P_{k1}/P_{k2}$	0,77	0,67	0,59	0,64
Діапазон напружень, в яких відбувається руйнування структури, $P_{m'}/P_{k1}$	26,9	25,6	77,4	43,05

З отриманих результатів, можна зробити висновок, що міцність структурних зв'язків досліджуваних тістових моделей різна: найміцніша структура тіста на цукрі білому, найслабша на фруктозі, додавання

лактозу у тісто на цукрі послаблює структуру, а на фруктозі навпаки зміцнює. Системи мають властивості структурованого твердого тіла. Відмінність у впливі цукрозамінників на реологічні показники тістових мас можна пояснити різною розчинністю та різною молекулярною масою цих речовин. Найбільшу розчинність має фруктоза [4], розчинність її на 17,6 % (за 20 °С) більша, ніж розчинність цукрози, а розчинність лактулози на 12,0 % (за 20 °С) більша, ніж розчинність цукрози, і на 4,7 % менша розчинності фруктози.

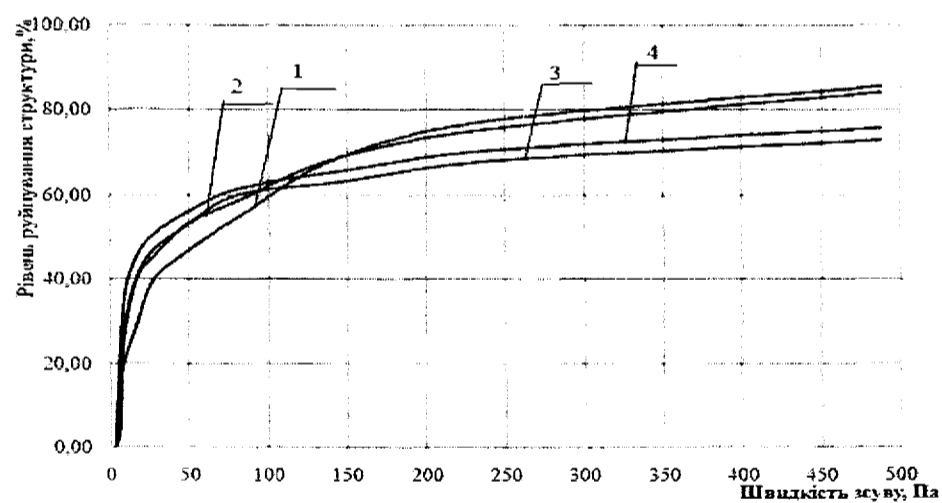
Проведені нами розрахунки показали, що для розчинення 68,3 г фруктози, виходячи з даних табл. 1, потрібно 18,7 г води, для розчинення 65 г цукру білого – 31,8 г води. В модельних системах 1 та 3 вологість тіста однакова і дорівнює 24,9 %, і вміст водної складової дорівнює на цукрі білому 35 г, на фруктозі 33 г. Значить у моделі 3 кількість води  $33,0 - 18,7 = 14,3$  г може брати участь у формуванні клейковинного комплексу, а у моделі 1 тільки  $35 - 31,8 = 3,2$  г, тобто вільної води в структурі тіста на фруктозі на 22 % більше, ніж в тісті на цукрі. Ця вода і обумовлює послаблення структури тіста на фруктозі. Відповідний процес відбувається у тістових моделях з додаванням лактулози. Проведені нами розрахунки показали, що для розчинення суміші цукор білий і лактулоза (52,5+5,1) потрібно 27,9 г води, а для розчинення суміші фруктоза і лактулоза (63,2+5,1) потрібно 19,5 г води, для приготування тіста з вологістю 24 % – моделі 1 та 2, потрібно вводити 35 г води, моделі 3 та 4, потрібно вводити 33 г води. Для формування структури тіста на цукрі білому залишається 3,2 г води, на суміші цукор білий і лактулоза 7,1 г води, тобто вільної води, в структурі тіста на цукрі і лактулоза вдвічі більше, ніж в тісті на цукрі. Ця вода і обумовлює послаблення структури тіста на цукрі і лактулозі. Для формування структури тіста на фруктозі залишається 14,3 г води, тоді як на суміші фруктоза і лактулоза 13,5 г води, тобто вільної води в структурі тіста на фруктозі і лактулозі на 7 % менше, що і дає незначне зміцнення структури тіста.

За характером повних реологічних кривих в'язкості і течії робимо висновок, що досліджувані системи відносяться до коагуляційної піноподібної структури, які характеризуються невисокою міцністю, високою текучістю, здатністю до високоеластичної деформації.

З проведених досліджень встановлено, що структура тіста маффінів коагуляційно піноподібна, за рахунок наявності емульгаторів, які надають тісту піноподібної структури, воно є слабоструктурованим і легко піддається зовнішнім впливам, тому суттєве практичне значення має поведінка тіста маффінів під дією навантажень.

Нами були проведені дослідження і визначено рівень руйнування структури тістових мас маффіну відносно швидкості зсуву. Рівень руйнування структури характеризує величина  $\alpha$ , що показує, яка частина структурної сітки від первинної, зруйнувалась під дією швидкості зсуву.

Результати досліджень представлені на рис. 3.



1 – цукор білий, 2 – цукор білий + лактулоза, 3 – фруктоза, 4 – фруктоза + лактулоза

Рис. 3 – Рівень руйнування структури тіста, %

Для аналізу процесу руйнування структури тіста, умовно поділимо процес руйнування на три зони: I – швидкість зсуву  $0 \dots 50 \text{ c}^{-1}$ , II – швидкість зсуву  $50 \dots 250 \text{ c}^{-1}$ , III – швидкість зсуву  $250 \dots 450 \text{ c}^{-1}$

Аналіз отриманих даних показав, що у першій зоні при швидкості зсуву від 0 до 50 с<sup>-1</sup> відбувається найбільше руйнування структури тіста, найбільш зруйнована структура тіста на фруктозі, становить 55 %, що на 16 % більше, ніж на цукрі білому. Рівень руйнування тіста на цукрі і лактулозі на 11,5 % більший, ніж на цукрі білому; на фруктозі і лактулозі на 4 % менший, ніж на фруктозі. У другій зоні, при швидкості зсуву від 50 до 250 с<sup>-1</sup>, руйнування структури тіста відбувається значно плавніше і руйнується на цукрі білому на 30 %, на цукрі білому і лактулозі на 22 %, на фруктозі на 12 %, на фруктозі і лактулозі на 16 %. Тобто в другій зоні найбільшому руйнуванню структури тіста піддається тісто на цукрі білому. Аналізуючи третю зону при швидкості зсуву від 250 до 450 с<sup>-1</sup>, ми спостерігаємо, що руйнування структури тістових мас маффінів сповільнюється і руйнується в межах 3-8 %. Результати досліджень показують, що тістові маси на цукрі білому у першій зоні руйнуються найменше, а при збільшенні швидкості зсуву збільшується рівень руйнування структури. Тістові маси на фруктозі найлегше руйнуються у першій зоні, а при збільшенні швидкості зсуву руйнування структури сповільнюється. Додавання лактулози у зразки на цукрі білому зменшує стійкість до руйнування структури при швидкості зсуву від 0 до 50 с<sup>-1</sup>, при збільшенні швидкості зсуву підвищує стійкість до руйнування структури. Додавання лактулози у зразки на фруктозі підвищує стійкість до руйнування структури. Отже, для кращого збереження структури тіста під час формування виробів, тістові маси маффінів потрібно збивати зі швидкістю зсуву не більше 50с<sup>-1</sup>.

Таблиця 3 – Рівень зруйнованої структури тіста відносно швидкості зсуву

Маффіни на основі	Рівень зруйнованої структури,%		
	I 0...50 с <sup>-1</sup>	II 50...250 с <sup>-1</sup>	III 250...450 с <sup>-1</sup>
Цукорі білому	0-46,0	47,0-77,0	78,0-85,0
Цукору+лактоза	0-52,0	53,0-75,0	76,0-84,0
Фруктозі	0-55,0	56,0-68,0	69,0-72,0
Фруктозі+лактоза	0-53,0	54,0-70,0	71,0-75,0

#### Висновок

У результаті проведених досліджень встановлено, що структура тіста маффінів коагуляційно-піноподібна, слабоструктурована, яка легко піддається зовнішнім впливам. Структура тіста маффінів суттєво відрізняється від структури тіста кексів і бісквітів за рахунок використання рослинних олій у кількості 15 % до маси сировини і додаткового введення емульгаторів. Цукрозамінники фруктоза і лактулоза суттєво впливають на структурно-механічні властивості тістових мас, які відрізняються від дії цукру білого: фруктоза послаблює структуру тістових мас маффінів, лактулоза послаблює структуру тістових мас на цукрі білому і зміцнює структуру тіста на фруктозі.

#### Література

1. Державний стандарт Росії ГОСТ Р 82349-2005.
2. Дорохович А.Н. Лиман Н.П. Оптимизация химического состава маффинов – нового вида кондитерских изделий. //Тези VII Международной конференции студентов и аспирантов //, 22-23.04.2010, Могилев, С.113
3. Духу Т. А. Разработка технологии сахарного печенья функционального назначения : автореф. на соискание науч. степени кандидата техн. наук. – М. : МГУПП, 2004. – 20 с.
4. Дорохович А. Н. Сахарозаменители, их преимущества и недостатки с позиции применения при производстве кондитерских изделий / А. Н. Дорохович, О. М. Яременко, В. В. Дорохович // Продукты & Ингредиенты. – 2007. – № 3. – С. 24–26.
5. Храпцов А.Г., Евдокимов И.А., Рябцева С.А., Серов А.В. Лактулоза: мифы и реальность. Ставрополь, СевКавГТУ, 1999 г.
6. Гораздовский Г.Я. Исследование реологических свойств кондитерского теста // Коллоидный журнал – 1982. – Т. XIV. Вып. С – С.408 – 413.