

**Лариса Рибчук**

доктор філософії за спеціальністю 181 «Харчові технології»,  
старший викладач кафедри технології і організації ресторанного господарства  
Державний торговельно-економічний університет (Київ, Україна)

E-mail: [l.a.rybchuk@knu.edu.ua](mailto:l.a.rybchuk@knu.edu.ua). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6282-7295>. Scopus ID: [57221081256](https://scopus.org/57221081256)

## ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ ЦУКРОВИХ ПАСТ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ШЛЯХОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

*Стабільно зростаючий попит серед виробників кондитерської продукції мають цукрові пасти (мастики), що обґрунтовано їх невисокою собівартістю. Проте вітчизняні традиційні технології тривалий час не удосконалювались, тому не повною мірою задовольняють потребу споживачів, у результаті чого актуальним стає розробка інноваційних технологій цукрових паст.*

*В Україні великий попит на цукрові пасти задовольняється переважно імпортними поставками, тому на сьогодні виробники мають вирішувати важливі питання щодо конкурентної спроможності. Виникає потреба пошуку нових рецептурних компонентів у складі цукрових паст, що створює передумови для розширення асортименту оздоблювальних напівфабрикатів багатофункціонального призначення з покращеним нутрієнтним складом і виробництво вітчизняної конкурентоздатної продукції із заданими функціонально-технологічними властивостями.*

*У наукових публікаціях показана перспективність використання молочної сироватки сухої демінералізованої в технологіях оздоблювальних напівфабрикатів для кондитерських виробів.*

*Відсутні критерії оцінювання структурних характеристик цукрових паст багатофункціонального призначення. Не вивчений вплив молочної сироватки сухої демінералізованої на функціонально-технологічні властивості цукрових паст, що формують напрями їх технологічного використання.*

*Розробити критерії оцінювання структурних характеристик цукрових паст багатофункціонального призначення, що формують напрями їх технологічного використання. Оптимізувати рецептурний склад цукрових паст, що дозволить розробити технологію оздоблювальних напівфабрикатів багатофункціонального призначення з бажаними (заданими) функціонально-технологічними властивостями.*

*Розроблені еталонні шкали сенсорних дескрипторів відповідно до напрямку технологічного використання цукрових паст. Згідно розроблених дескрипторів проаналізовано структурні характеристики цукрових паст. Визначено раціональні концентрації молочної сироватки сухої демінералізованої та додаткових компонентів, що дозволяють отримати бажані функціонально-технологічні характеристики. Шляхом математичного моделювання оптимізовано рецептурний склад цукрових паст. Розроблені й затверджені рецептури та технологічні інструкції на нові види оздоблювальних напівфабрикатів багатофункціонального призначення.*

*Встановлено, що молочна сироватка суха демінералізована у концентрації 20, 30, 50 % (від маси сухих компонентів) при масовій частці гліцерину 5 % дозволяє отримати бажані структурно-технологічні характеристики консистенції цукрових паст в залежності від напрямку їх технологічного використання.*

**Ключові слова:** цукрові пасти; багатофункціональність використання; молочна сироватка суха демінералізована; гліцерин.

Табл.: 8. Рис.: 3. Бібл.: 10.

**Актуальність теми.** Цукрові оздоблювальні напівфабрикати для кондитерських виробів мають стабільно зростаючий попит серед виробників кондитерської продукції. Найбільш поширеними серед них є цукрові пасти (мастики), що пояснюється передусім їхньою невисокою собівартістю. Проте цукрові пасти не повною мірою задовольняють потреби споживачів, переважно через високу енергетичну цінність, глікемічний індекс, коефіцієнт солодкості, а також низьку харчову і біологічну цінність, адже на 90 % складаються з цукру.

Традиційна технологія і рецептурний склад цукрових паст тривалий час не удосконалювалась. Така паста не має відповідних функціонально-технологічних властивостей для створення сучасних оздоблювальних напівфабрикатів, що використовуються для декорування кондитерських виробів. Тому актуальним є розробка інноваційних технологій цукрових паст.

**Постановка проблеми.** Станом на сьогодні український ринок представлений широким асортиментом цукрових паст закордонного виробництва з різними функціонально-технологічними властивостями, залежно від технологічного використання, зокрема: цукрова паста ТМ «Herco Foods Bvba» (Бельгія), Vizon (Туреччина), «Blue Bead» (Туреччина), ТМ «Katsan Ovalette» (Туреччина), ТМ "Мастер Мартини» (Італія),

«Madame Loulou» (Італія), ТМ «Modacor» (Італія), ТМ "Steensma" (Швеція), «Альта Топдекор» ТМ "IPSA" (Італія), ТМ «Zeelandia» (Нідерланди), Петтинис (Швеція), МоделПласт (Італія), «Стіато» (Ізраїль), Вандерпласт (Італія), «Дама Топ» PWR (Італія) тощо. Залежно від структурних характеристик консистенції кондитерських паст встановлено 3 основних напрями їх технологічного використання: 1 – цукрові пасти, що використовуються для покриття кондитерських виробів (ПКВ), де основним показником консистенції є розтяжність; 2 – цукрові пасти, що використовуються для виготовлення квітів, як декоративного елементу для борошняних кондитерських виробів (ВЦК), де основним показником консистенції є рівноцінне співвідношення розтяжності та формувальної здатності; 3 – цукрові пасти, що використовуються для моделювання фігурних виробів, як декоративного елементу для борошняних кондитерських виробів (МФВ), де основним показником консистенції є формувальна здатність. Великий попит на цю продукцію задовольняється переважно імпортними поставками, в той час встановлений лише один український виробник – ПП «Фабрика кондитерських прикрас» ТМ «Украса» (м. Рівне). Тому на сьогодні вітчизняні виробники мають вирішувати важливі питання щодо конкурентної спроможності.

Виникає потреба пошуку нових рецептурних компонентів у складі цукрових паст, що створює передумови для розширення асортименту оздоблювальних напівфабрикатів багатофункціонального призначення з покращеним нутрієнтним складом і виробництво вітчизняної конкурентоздатної продукції із заданими функціонально-технологічними властивостями.

**Аналіз досліджень та публікацій.** За результатами аналізу літературних джерел перспективним інгредієнтом для нових видів цукрових оздоблювальних напівфабрикатів є молочна сироватка суша демінералізована (МССД) [1; 2]. Це обумовлено її високою харчовою [3] і біологічною цінністю, низькою калорійністю, прийнятними сенсорними характеристиками та сприятливими функціонально-технологічними властивостями [4; 5].

З метою підтвердження доцільності використання МССД у технологіях цукрових паст проведено експериментальні дослідження. За результатами досліджень підтверджена можливість внесення МССД у концентрації 50 % від загальної маси сухих компонентів (цукрова пудра). Встановлена концентрація дозволяє збалансувати нутрієнтний склад цукрових паст. Покращується амінокислотний скор, загальний міст білка збільшується більш ніж у 7 разів. Суттєво змінюється вуглеводний склад, вміст сахарози зменшується на 65 %, вміст лактози складає 30 %, що сприяє зниженню енергетичної цінності цукрових паст на 25 %. Мінеральний склад цукрових паст покращується за рахунок збільшення вмісту калію, кальцію, фосфору, магнію. Серед вітамінів спостерігається суттєве зростання холіну (В4), пантотенової кислоти (В5), біотину (В7) [6].

Також встановлений позитивний вплив МССД на структурно-механічні властивості цукрових паст. Досліджено, що МССД у концентрації 50 % дозволяє суттєво покращити формувальну здатність цукрових паст. Зокрема, за рахунок зниження пружно-еластичних деформаційних характеристик та підвищення пластичних [7].

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Відсутні критерії оцінювання структурних характеристик цукрових паст багатофункціонального призначення. Не вивчений вплив МССД на функціонально-технологічні властивості цукрових паст, що формують напрями їх технологічного використання.

**Мета статті:** Розробити критерії оцінювання структурних характеристик цукрових паст багатофункціонального призначення, що формують напрями їх технологічного використання. Оптимізувати рецептурний склад цукрових паст, що дозволить розробити технологію оздоблювальних напівфабрикатів багатофункціонального призначення з бажаними (заданими) функціонально-технологічними властивостями.

**Виклад основного матеріалу.** Враховуючи основні характеристики консистенції цукрових паст розроблені диференційовані еталонні шкали сенсорних дескрипторів (табл. 1). Показники консистенції характеризуються 4 дескрипторами: 1 – міцність та щільність, 2 – м'якість, 3 – розтяжність, 4 – липкість, що мають різні коефіцієнти вагомості, в залежності від напрямку технологічного використання цукрових паст. Для ПКВ співвідношення коефіцієнтів вагомості за показником консистенції становить 0.1:0.1:0.7:0.1, для ВЦК – 0.2:0.2:0.3:0.3, для МФВ – 0.3:0.2:0.2:0.3. Здатність до формування та ступінь виявлення даного показника визначає технологічність цукрових паст. Коефіцієнт вагомості даного показника у співвідношенні до коефіцієнта вагомості консистенції і визначає напрямок технологічного використання кондитерських паст, що становить для ПКВ 0.6:0.4, ВЦК – 0.5:0.5, МФВ – 0.4:0.6.

Таблиця 1 – Диференційовані еталонні шкали сенсорної оцінки консистенції цукрових паст

Комплексні показники	Коефіцієнт вагомості			Одиничні показники	Коефіцієнт вагомості			Характеристики	Рівень якості бали
	ПКВ	ВЦК	МФВ		ПКВ	ВЦК	МФВ		
Консистенція	0,6	0,5	0,4	Щільність, міцність	0,1	0,2	0,3	Помірно ущільнена	5
								Ущільнена	4
								Щільна	3
								Дуже щільна	2
								Тверда	1
				Липкість	0,1	0,3	0,3	Середня	5
								Помірна	4
								Задовільна	3
								Висока	2
								Надто висока	1
				М'якість	0,1	0,2	0,2	Помірно м'яка	5
								М'якувата	4
								Помірно тверда	3
								Тверда	2
								Надто тверда	1
				Розтяжність	0,7	0,3	0,2	Відмінна	5
								Добра	4
								Середня	3
								Слабка	2
								Дуже слабка	1
–	1,0	1,0	1,0	–	–	–	–		
Здатність до формування	0,4	0,5	0,6	Ступінь виявлення	1,0	1,0	1,0	Відмінно	5
								Добре	4
								Задовільно	3
								Незадовільно	2
								Погано	1
–	1,0	1,0	1,0	–	–	–	1,0	–	

Коефіцієнти вагомості визначали експертним методом за умов:

$$\sum_{i=1}^n m_{ij} = 1, \quad (1)$$

де  $m_{ij}$  – коефіцієнт вагомості  $i$ -го показника  $j$ -ої групи ( $m_i > 0$ );

$n$  – число показників якості продукції.

Коефіцієнт вагомості  $m_{ij}$  визначали за формулою:

$$m_{ij} = \frac{m_{ijcp}}{\sum_{i=1}^n m_{ijcp}}, \quad (2)$$

де  $m_{ijcp}$  – середнє арифметичне значення оцінок експертів  $i$ -го показника якості  $j$ -ої групи.

Середнє значення  $m_{ijcp}$  визначали за формулою:

$$m_{ijcp} = \frac{1}{n} \sum_{z=1}^N m_{ijz}, \quad (z = 1, 2, 3 \dots N), \quad (3)$$

де  $N$  – кількість експертів;

$m_{ijz}$  – оцінка  $i$ -го показника якості  $j$ -ої групи, даного  $z$ -м експертом ( $z = 1, 2, 3 \dots N$ ) [8; 9].

З метою дослідження впливу МССД на структурні характеристики консистенції цукрових паст її додавали у концентрації 10...60 % від маси цукрової пудри (табл. 2). За контроль прийнято цукрову пасту виготовлену за традиційною технологією [10].

Таблиця 2 – Рецептурний склад модельних композицій цукрових паст з МССД, на 100 г

Найменування сировини	Контроль	Зразки з додаванням МССД, %					
		10	20	30	40	50	60
Цукрова пудра	93,0	84,0	73,0	65,0	56,0	46,0	37,0
Патока	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Желатин	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Вода	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
МССД	-	9,0	20,0	28,0	37,0	47,0	56,0

Аналіз структурних характеристик консистенції модельних композицій цукрових паст проводили на кафедрі технології і організації ресторанного господарства Державного торговельно-економічного університету (ДТЕУ, Україна) комісією у складі 15 осіб, які володіли професійними знаннями, сенсорною здатністю, властивостями оцінюваного продукту й технологією його виробництва (табл. 3).

Таблиця 3 – Структурні показники консистенції модельних композицій цукрових паст з МССД

Найменування показника	Коефіцієнт вагомості			Характеристика	Номер дескриптора	Коефіцієнт вагомості			Контроль	Зразки з додаванням МССД, %					
	ПКВ	ВЦК	МФВ			ПКВ	ВЦК	МФВ		10	20	30	40	50	60
Консистенція	0,6	0,5	0,4	Щільність, міцність	1	0,1	0,2	0,3	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6	3,4	3,2
				Липкість	2	0,1	0,3	0,3	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6	3,4	3,0
				М'якість	3	0,1	0,2	0,2	4,2	4,1	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0
				Розтяжність	4	0,7	0,3	0,2	3,5	4,5	5,0	4,9	4,8	4,4	4,0
Сумарна оцінка за дескрипторами ПКВ									3,75	4,40	4,68	4,55	4,42	4,08	3,72
Підсумкова оцінка за показником ПКВ									2,25	2,64	2,80	2,73	2,65	2,44	2,23
Сумарна оцінка за дескрипторами ВЦК									4,09	4,27	4,36	4,12	3,92	3,66	3,34
Підсумкова оцінка за показником ВЦК									2,04	2,13	2,18	2,06	1,96	1,83	1,67
Сумарна оцінка за дескрипторами МФВ									4,18	4,24	4,16	4,0	4,52	3,8	3,46
Підсумкова оцінка за показником МФВ									1,67	1,69	1,66	1,60	1,80	1,52	1,38
Здатн, до формув,	0,4	0,5	0,6	Ступінь виявлення	1	1,0	1,0	1,0	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9	5,0	3,2
Сумарна оцінка за дескрипторами ПКВ									4,2	4,4	4,6	4,8	4,9	5,0	3,2
Підсумкова оцінка за показником ПКВ									1,68	1,76	1,84	1,92	1,96	2,0	1,28
Сумарна оцінка за дескрипторами ВЦК									4,2	4,4	4,6	4,8	4,9	5,0	3,2
Підсумкова оцінка за показником ВЦК									2,1	2,2	2,3	2,4	2,45	2,5	1,6
Сумарна оцінка за дескрипторами МФВ									4,2	4,4	4,6	4,8	4,9	5,0	3,2
Підсумкова оцінка за показником МФВ									2,52	2,64	2,76	2,88	2,94	3,0	1,92
Загальна оцінка ПКВ									3,93	4,4	4,64	4,65	4,61	4,44	3,51
Загальна оцінка ВЦК									4,14	4,33	4,48	4,46	4,41	4,33	3,27
Загальна оцінка МФВ									4,19	4,33	4,42	4,48	4,74	4,52	3,3

За результатами дослідження встановлений позитивний вплив МССД на структурні характеристики консистенції цукрових паст у концентрації 10...50 %. Збільшення МССД до концентрації 20 % дає змогу покращити показники розтяжності цукрових паст, що у 1,4 раза більше в порівнянні з контролем. З підвищенням концентрації МССД знижується м'якість та підвищується міцність і щільність, у результаті чого покращується формувальна здатність. Підвищення концентрації МССД понад 50 % недоцільно через суттєве підвищення липкості, втрати формувальної здатності, за рахунок надмірного зміцнення і ущільнення структури.

Відповідно до розроблених дескрипторів найкращі структурні характеристики встановлені для ПКВ при концентрації МССД 20 %, для ВЦК – 30 %, для МФВ – 50 %.

Проте суттєве підвищення липкості ускладнює роботу з пастами, за для регулювання даного показника додавали гліцерин. З метою визначення раціональної концентрації гліцерину в рецептурному складі цукрових паст з МССД (ПКВ, ВЦК, МФВ), його додавали в концентрації 6 % від загальної маси (табл. 4).

Таблиця 4 – Рецептурний склад модельних композицій цукрових паст з МССД, на 100 г

Найменування сировини	Зразки з додаванням гліцерину, %					
	1	2	3	4	5	6
Цукрова паста ПКВ						
Цукрова пудра	63,0	62,0	61,0	60,0	59,0	58,0
Патока	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Желатин	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Вода	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
МССД	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Гліцерин	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Цукрова паста ВЦК						
Цукрова пудра	53,0	52,0	51,0	50,0	49,0	48,0
Патока	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Желатин	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Вода	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
МССД	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Гліцерин	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Цукрова паста МФВ						
Цукрова пудра	33,0	32,0	31,0	30,0	29,0	28,0
Патока	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Желатин	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Вода	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
МССД	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Гліцерин	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0

Досліджено вплив концентрації гліцерину на структурні характеристики консистенції модельних композицій цукрових паст з МССД (табл. 5) згідно з розробленою шкалою (табл. 1).

За результатами органолептичного аналізу встановлений позитивний вплив гліцерину у концентрації 1...5 % на консистенцію модельних композицій цукрових паст з МССД. З підвищенням концентрації гліцерину знижується липкість, міцність та щільність, відповідно підвищується м'якість, що характеризує пасту, як більш піддатливу в роботі. Проте підвищення концентрації гліцерину понад 5 % сприяє втраті формувальної здатності паст, за рахунок утворення надто м'якої консистенції. Збільшення вмісту гліцерину призводить до зниження показників розтяжності, що має негативні наслідки в першу чергу для цукрових паст ПКВ, оскільки це основний показник консистенції відповідно до напрямку технологічного призначення. За результатами аналізу структурних характеристик консистенції модельних композицій цукрових паст з МССД встановлено найкращі показники при концентрації гліцерину 5 %, де загальний бал відповідно до розроблених дескрипторів становить 4.88 для ПКВ, 4.85 – ВЦК, 4.92 – МФВ.

За результатами попередніх досліджень методом компромісних рішень визначено зони раціональних концентрацій МССД та гліцерину у складі цукрових паст відповідно до напрямку їх технологічного використання.

Таблиця 5 – Структурні показники консистенції модельних композицій цукрових паст з МССД та гліцерином

Найменування показника	Коефіцієнт вагомості	Характеристика	Номер дескриптора	Коефіцієнт вагомості	Зразки з додаванням гліцерину, %					
					1	2	3	4	5	6
<b>Цукрова паста ПКВ</b>										
Консистенція	0,6	Щільність, міцність	1	0,1	4,0	4,2	4,4	4,8	5,0	5,0
		Липкість	2	0,1	4,0	4,4	4,6	4,8	5,0	5,0
		М'якість	3	0,1	3,8	4,0	4,4	4,8	5,0	5,0
		Розтяжність	4	0,7	5,0	5,0	5,0	4,9	4,8	4,4
Сумарна оцінка за дескрипторами ПКВ					4,68	4,76	4,84	4,86	4,87	4,58
Підсумкова оцінка за показником ПКВ					2,80	2,85	2,90	2,91	2,92	2,74
Здатність до формування	0,4	Ступінь виявлення	1	1,0	4,6	4,8	4,9	4,9	4,9	3,5
Сумарна оцінка за дескрипторами ПКВ					4,6	4,8	4,9	4,9	4,9	3,5
Підсумкова оцінка за показником ПКВ					1,84	1,92	1,96	1,96	1,96	1,4
Загальна оцінка ПКВ					4,64	4,77	4,86	4,87	4,88	4,14
<b>Цукрова паста ВЦК</b>										
Консистенція	0,5	Щільність, міцність	1	0,2	3,8	4,0	4,4	4,8	5,0	5,0
		Липкість	2	0,3	3,8	4,0	4,4	4,8	5,0	5,0
		М'якість	3	0,2	3,6	3,8	4,0	4,6	5,0	5,0
		Розтяжність	4	0,3	4,9	4,6	4,4	4,2	4,0	3,8
Сумарна оцінка за дескрипторами ВЦК					4,09	4,14	4,32	4,58	4,7	4,64
Підсумкова оцінка за показником ВЦК					2,04	2,07	2,16	2,29	2,35	2,32
Здатність до формування	0,5	Ступінь виявлення	1	1,0	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0	4,8
Сумарна оцінка за дескрипторами ВЦК					4,8	4,9	4,9	5,0	5,0	4,8
Підсумкова оцінка за показником ВЦК					2,4	2,45	2,45	2,5	2,5	2,4
Загальна оцінка ВЦК					4,44	4,52	4,61	4,79	4,85	4,72
<b>Цукрова паста МФВ</b>										
Консистенція	0,4	Щільність, міцність	1	0,3	3,4	3,8	4,0	4,4	4,8	5,0
		Липкість	2	0,3	3,4	3,8	4,2	4,8	5,0	5,0
		М'якість	3	0,2	3,2	3,8	4,2	4,8	5,0	5,0
		Розтяжність	4	0,2	4,4	4,6	4,8	4,6	4,4	4,2
Сумарна оцінка за дескрипторами МФВ					3,56	3,96	4,26	4,64	4,82	4,84
Підсумкова оцінка за показником МФВ					1,40	1,58	1,70	1,85	1,92	1,93
Здатність до формування	0,6	Ступінь виявлення	1	1,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Сумарна оцінка за дескрипторами МФВ					5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,6
Підсумкова оцінка за показником МФВ					3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,76
Загальна оцінка МФВ					4,40	4,58	4,70	4,85	4,92	4,69

Побудовано графічні залежності показників консистенції від вмісту компонентів для кожного типу цукрових паст у системі із трьома шкалами координат (рис. 1–3).

Визначені змінні фактори, критерії оптимізації, а також знайдена область визначення факторів. Обмеження заданих факторів та їх позначення наведені в таблиці 6.

Таблиця 6 – Параметри пошуку оптимальних компромісних областей масової частки МССД та гліцерину в цукрових пастах

Позначення	Фактор	Одиниця вимірювання	Обмеження по осях		
$Y_{1ПКВ}, Y_{1ВЦК}, Y_{1МФВ}$	Міцність	Бали	$3,5 \geq Y_{1ПКВ} \geq 4,5$	$4 \geq Y_{1ВЦК} \geq 3$	$5 \geq Y_{1МФВ} \geq 4$
$Y_{2ПКВ}, Y_{2ВЦК}, Y_{2МФВ}$	Розтяжність	Бали	$3,0 \geq Y_{2ПКВ} \geq 4,0$	$4 \geq Y_{2ВЦК} \geq 3$	$5 \geq Y_{2МФВ} \geq 4$
$Y_3$	Здатність до формування	Бали	$Y_3 \geq 4,5$	$Y_3 \geq 4,5$	$Y_3 \geq 4,0$

Для отримання математичних описів залежностей за показниками, проведено регресійний аналіз одержаного масиву експериментальних даних. У результаті отримано математичні рівняння, що описують вплив компонентів цукрових паст на їх показники консистенції.

Математичні моделі за показником міцності:

$$Y1_{ПКВ\_3} = 8,4 \times 10^{0,30x} - 63,4; \quad Y1_{ПКВ\_4} = 8,3 \times 10^{0,30x} - 28,2;$$

$$Y1_{ВЦК\_3} = 8,5 \times 10^{0,33x} - 52,1; \quad Y1_{ВЦК\_4} = 8,6 \times 10^{0,34x} - 102,7;$$

$$Y1_{МФВ\_3} = 8,5 \times 100,33x - 32,2; \quad Y1_{МФВ\_4} = 8,6 \times 100,34x - 87,7.$$

Математичні моделі за показником розтяжності:

$$Y2_{ПКВ\_4} = -1,04x^2 + 4,57x + 3,11; \quad Y2_{ПКВ\_3} = -0,95x^2 + 5,07x + 4,06;$$

$$Y2_{ВУК\_5} = -1,08x^2 + 5,48x + 3,44; \quad Y2_{ВУК\_4} = -0,62x^2 + 4,06x + 4,02;$$

$$Y2_{МФВ\_5} = -0,85x^2 + 4,24x + 1,21; \quad Y2_{МФВ\_4} = -0,62x^2 + 4,06x + 4,02.$$

Математичні моделі за показником здатності до формування:

$$Y3_{ПКВ} = -0,22x^2 + 1,53x + 4,19;$$

$$Y3_{ВУК} = -0,19x^2 + 1,47x + 3,46;$$

$$Y3_{МФВ\_4,5} = -0,17x^2 + 1,47x + 3,4.$$

Отримані математичні моделі дали можливість графічно визначити оптимальне співвідношення компонентів розроблених цукрових паст (рис. 1–3). Параметри оптимізації рецептурних компонентів цукрових паст згідно з напрямком технологічного призначення (табл. 7).

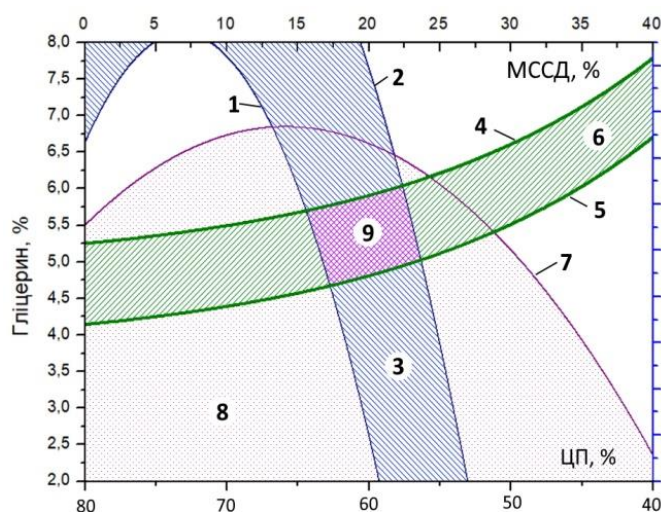


Рис. 1. Компромісні оптимальні області вмісту гліцерину та МССД у цукрових пастах ПКВ

- 1 – (рівність 18, за умови  $Y1_{ПКВ} = 46$ ); 2 – (рівність 18, за умови  $Y1_{ПКВ} = 56$ );  
 3 – ( $46 \geq Y1_{ПКВ} \geq 56$ ); 4 – (рівність 20, за умови  $Y2_{ПКВ} = 46$ ); 5 – (рівність 20, за умови  $Y2_{ПКВ} = 56$ ); 6 – ( $46 \geq Y2_{ПКВ} \geq 56$ ); 7 – (рівність 22, за умови  $Y3_{ПКВ} = 4.56$ );  
 8 – ( $Y3_{ПКВ} \geq 4.56$ ); 9 – область компромісних значень  $X_1$ ,  $X_2$  та  $X_3$

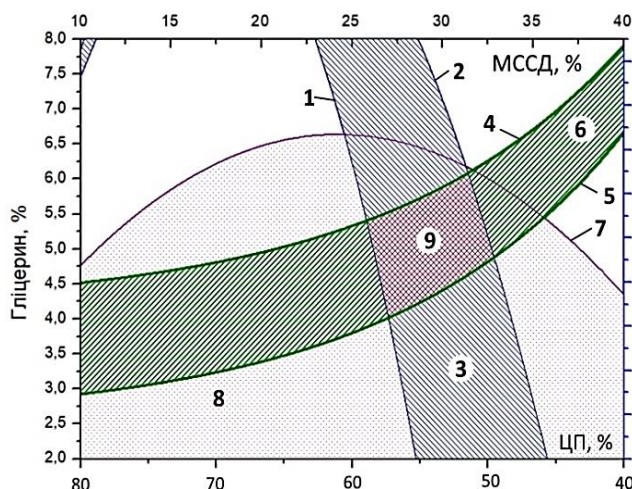


Рис. 2. Компромісні оптимальні області вмісту гліцерину та МССД у цукрових пастах ВЦК

- 1 – (рівність 18, за умови  $Y1_{ВЦК} = 4б$ ); 2 – (рівність 18, за умови  $Y1_{ВЦК} = 5б$ );
- 3 – ( $4б \geq Y1_{ВЦК} \geq 5б$ ); 4 – (рівність 20, за умови  $Y2_{ВЦК} = 4б$ ); 5 – (рівність 20, за умови  $Y2_{ВЦК} = 5б$ ); 6 – ( $4б \geq Y2_{ВЦК} \geq 5б$ ); 7 – (рівність 22, за умови  $Y3_{ВЦК} = 4.5б$ );
- 8 – ( $Y3_{ВЦК} \geq 4.5б$ ); 9 – область компромісних значень  $X_1, X_2$  та  $X_3$

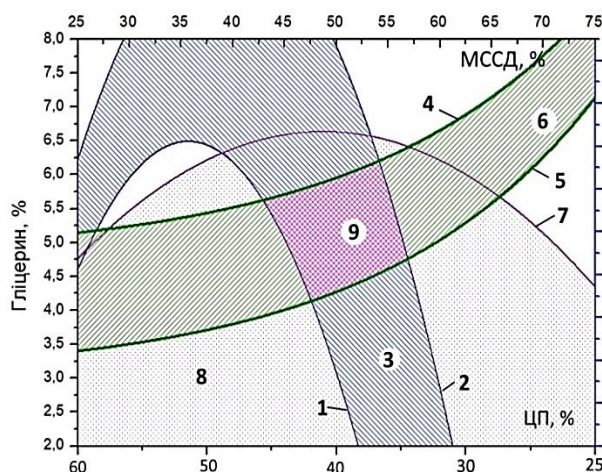


Рис. 3. Компромісні оптимальні області вмісту гліцерину та МССД у цукрових пастах МФВ

- 1 – (рівність 1, за умови  $Y1_{МФВ} = 4б$ ); 2 – (рівність 2, за умови  $Y1_{МФВ} = 5б$ );
- 3 – ( $4б \geq Y1_{МФВ} \geq 5б$ ); 4 – (рівність 3, за умови  $Y2_{МФВ} = 4б$ ); 5 – (рівність 20, за умови  $Y2_{МФВ} = 5б$ ); 6 – ( $4б \geq Y2_{МФВ} \geq 5б$ ); 7 – (рівність 4, за умови  $Y3_{МФВ} = 4.5б$ );
- 8 – ( $Y3_{МФВ} \geq 4.5б$ ); 9 – область компромісних значень  $X_1, X_2$  та  $X_3$

Таблиця 7 – Параметри оптимізації рецептурних компонентів цукрових паст

Зразки	Гліцерин, %			МССД, %		
	мінімальне значення	максимальне значення	оптимальне значення	мінімальне значення	максимальне значення	оптимальне значення
ПКВ	4,8	5,3	5,0	17,5	22,7	20,0
ВЦК	4,8	5,3	5,0	27,5	33,7	30,0
МФВ	4,9	5,4	5,0	44,8	51,1	50,0

Оптимальні значення обрані шляхом заокруглення оптимізованих значень в межах компромісних областей, з метою полегшення дозування рецептурних компонентів цукрових паст у виробничих умовах. Розрахунок рецептури цукрової пасту проводили з урахуванням попереднього обґрунтування співвідношень рецептурних компонентів (табл. 8).



Таблиця 8 – Рецептурний склад цукрових паст з МССД та гліцерином

Найменування сировини	Витрати сировини на 10 кг готової продукції, г			
	Цукрова паста (контроль)	Цукрова паста ПКВ (дослід)	Цукрова паста ВЦК (дослід)	Цукрова паста МФВ (дослід)
Цукрова пудра	9300	5900	4900	2900
Патока мальтозна	500	500	500	500
Желатин	100	100	100	100
Вода	1000	1000	1000	1000
МССД	-	2000	3000	5000
Гліцерин	-	500	500	500
Вихід	10000	10000	10000	10000

За результатами досліджень розроблені рецептури (РЦУ) і технологічні інструкції (ТІУ) на виробництво цукрових паст з МССД та затверджені об'єднанням підприємств хлібопекарської промисловості «Всеукраїнська асоціація пекарів»: ТІУ 10.71-01566117-001:2018 «Цукрова паста з молочною сироваткою сухою демінералізованою для покриття кондитерських виробів», ТІУ 10.71-01566117-002:2018 «Цукрова паста з молочною сироваткою сухою демінералізованою для виготовлення квітів», ТІУ 10.71-01566117-003:2018 «Цукрова паста з молочною сироваткою сухою демінералізованою для моделювання фігурних виробів», ТІУ 10.71-01566117-004:2018.

**Висновки.** Розроблені еталонні шкали сенсорних дескрипторів відповідно до напряму технологічного використання цукрових паст. Згідно з розробленими дескрипторами проаналізовано їхні структурні характеристики. Встановлено, що молочна сироватка суха демінералізована у концентрації 20, 30, 50 % (від маси сухих компонентів) при масовій частці гліцерину 5 % дозволяє отримати бажані структурно-технологічні характеристики консистенції цукрових паст в залежності від напряму їх технологічного використання. Шляхом математичного моделювання оптимізовано рецептурний склад цукрових паст. Розроблені й затверджені рецептури та технологічні інструкції на нові види оздоблювальних напівфабрикатів багатофункціонального призначення.

#### Список використаних джерел

1. Talebi S. Fouling and in-situ cleaning of ion-exchange membranes during the electro dialysis of fresh acid and sweet whey / S. Talebi // Journal of food Engineering. – 2018. – Vol. 5(555). – Pp. 185-196.
2. George Q. Chen. Removal of lactic acid from acid whey using electro dialysis / George Q. Chen. // Separation and Purification Technology. – 2016. – № 158. – Pp. 230-237.
3. Ana G. Ortiz Quezada. Optimization of conditions for Greek style yogurt acid whey demineralization and its effects on filterability / Ana G. Ortiz Quezada // International Dairy Journal. – 2021. – Vol. 123. – Pp. 105-163.
4. Romanchuk I. Physical-chemical composition and technological properties of demineralized milk whey received by membrane methods / Romanchuk I. // Agricultural science and practice. – 2018. – № 5. – Pp. 33-39.
5. Merkel A. The impact of integrated nanofiltration and electro dialytic processes on the chemical composition of sweet and acid whey streams / A. Merkel // Journal of Food Engineering. – 2021. – Vol. 298. – Pp. 110-125.
6. Кравченко М. Нові види оздоблювальних кондитерських напівфабрикатів / М. Кравченко, Л. Рибчук // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2019. – Vol. 3(19). – С. 255-271.
7. Кравченко М. Структурно – механічні властивості цукрових паст / М. Кравченко, Л. Рибчук // Товари і ринки. – 2018. – № 3(27). – С. 77-90.
8. Методи визначення параметрів вагомості показників якості продукції / Т. З. Бубела, Т. Г. Бойко, Є. В. Походило, П. Г. Столярчук // Методи та прилади контролю якості. – 2007. – № 18. – С. 20-23.

9. Гришук Ю. С. Основи наукових досліджень / Ю. С. Гришук. Харків : НТУ «ХПІ», 2008. 232 с.  
10. Гуленко Л. Рецептури: торти, тістечка бісквітні, перекладенці, рулети / Л. Гуленко, Е. Сібілева, Л. Животкевич. Київ : Укрхлібпром, 2013. 600 с.

### References

1. Talebi, S. (2018). Fouling and in-situ cleaning of ion-exchange membranes during the electro dialysis of fresh acid and sweet whey. *Journal of Food Engineering*, 5(555), 185-196.
2. George, Q. Chen. (2016). Removal of lactic acid from acid whey using electro dialysis. *Separation and Purification Technology*, (158), 230-237.
3. Ana, G. Ortiz Quezada. (2021). Optimization of conditions for Greek style yogurt acid whey demineralization and its effects on filterability. *International Dairy Journal*, (123), 105-163.
4. Romanchuk, I. (2018). Physical-chemical composition and technological properties of demineralized milk whey received by membrane methods. *Agricultural science and practice*, (5), 33-39.
5. Merkel, A. (2021). The impact of integrated nanofiltration and electro dialytic processes on the chemical composition of sweet and acid whey streams. *Journal of Food Engineering*, (298), 110-125.
6. Kravchenko, M., Rybchuk, L. (2019). Novi vydy ozdobiuvalnykh kondyterskykh napivfabrykativ [New types of decorative confectionery semi-finished products]. *Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu – Proceedings of the Tavri State University of Agrotechnology*, 3(19), 255-271.
7. Kravchenko, M., Rybchuk, L. (2018). Strukturno – mekhanichni vlastyvoli tsukrovyykh past [Structural and mechanical properties of sugar pastes]. *Tovary i rynky – Goods and markets*, 3(27), 77-90.
8. Bubela, T.Z., Boyko, T.G., Pokhodylo, E.V., Stolyarchuk, P.G. (2007). Metody vyznachennia parametriv vahomosti pokaznykiv yakosti produktsii [Methods of determining the weighting parameters of product quality indicators]. *Metody ta prylady kontroliu yakosti – Quality control methods and devices*, (18), 20-23.
9. Hryshuk, Yu.S. (2008). *Osnovy naukovykh doslidzhen [Fundamentals of scientific research]*. NTU “KhPI”.
10. Gulenko, L., Sibileva, E., Zhivotkevich, L. (2013). *Retseptury: torty, tistechka biskvitni, perekkladentsi, rulety [Recipes: cakes, sponge cakes, rolls, rolls]*. Ukrhlibprom.

Отримано 23.11.2022

UDC 637.344:664.68

### Larysa Rybchuk

PhD, Senior Lecturer of the Department of Technology and Organization of the Restaurant Industry  
State University of Trade and Economics (Kyiv, Ukraine)

E-mail: [l.a.rybchuk@knute.edu.ua](mailto:l.a.rybchuk@knute.edu.ua). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6282-7295>. Scopus ID: [57221081256](https://scopus.com/authid/detail.uri?authorid=57221081256)

## OPTIMIZATION OF THE RECIPE COMPOSITION OF MULTIFUNCTIONAL SUGAR PASTE BY MATHEMATICAL MODELING

*Relevance of the topic of research. Sugar pastes (mastics) have a steadily growing demand among confectionery manufacturers, which is justified by their low cost. However, domestic traditional technologies have not been improved for a long time, so they do not fully satisfy the needs of consumers, as a result of which the development of innovative sugar paste technologies becomes urgent.*

*Statement of the problem: In Ukraine, the high demand for sugar pastes is met mainly by imported supplies, so today manufacturers have to solve important issues regarding competitiveness. There is a need to find new recipe components in the composition of sugar pastes, which creates prerequisites for expanding the assortment of decorative semi-finished products of multifunctional purpose with improved nutrient composition and the production of domestic competitive products with specified functional and technological properties.*

*Analysis of recent research and publications. The scientific publications show the perspective of using dry demineralized whey in the technologies of finishing semi-finished products for confectionery products.*

*Highlighting unexplored parts of the general problem. There are no criteria for evaluating the structural characteristics of multifunctional sugar pastes. The influence of MSSD on the functional and technological properties of sugar pastes, which shape the directions of their technological use, has not been studied.*

*Setting objectives. To develop criteria for evaluating the structural characteristics of multifunctional sugar pastes, which shape the direction of their technological use. To optimize the recipe composition of sugar pastes, which will allow to develop the technology of decorative semi-finished products of multifunctional purpose with the desired (given) functional and technological properties.*

*Outline of the main material: Developed reference scales of sensory descriptors according to the direction of technological use of sugar pastes. According to the developed descriptors, the structural characteristics of sugar pastes were analyzed. Rational concentrations of dry demineralized whey and additional components, which allow obtaining the desired functional and technological characteristics, have been determined. The recipe composition of sugar pastes was optimized by means of mathematical modeling. Developed and approved recipes and technological instructions for new types of multifunctional decorative semi-finished products.*

*Conclusions according to the article. It was established that dry whey demineralized in a concentration of 20, 30, 50 % (from the weight of dry components) with a mass fraction of 5 % glycerin allows to obtain the desired structural and technological characteristics of the consistency of sugar pastes, depending on the direction of their technological use.*

**Key words:** sugar pastes; multifunctional use; dry demineralized whey; glycerin.

*Table: 8. Fig.: 3. References: 10.*