



2024

НАУКОВІ ПРАЦІ

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 30 № 3

*Журнал
«Наукові праці Національного університету харчових технологій»
видається з 1938 року*

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2024

УДК 664.1

STUDY OF THE PROCESS OF STRUCTURE FORMATION OF SUGAR MASS IN THE PRODUCTION OF FONDANT CANDIES WITH RETURN WASTE

Yu. Kambulova, O. Dudzinskyi, O. Kohan, V. Nepyivoda

National University of Food Technologies

Key words:

*Confectionery
Fudge candies
Crystal structure
Waste
Sugar crystals
Reducing sugars
Candy syrup*

Article history:

Received 13.05.2024
Received in revised form
31.05.2024
Accepted 17.06.2024

Corresponding author:

Yu. Kambulova

E-mail:

kambulova.julya@ukr.net

Citation: Камбулова Ю. В., Дудзінський О. В., Кохан О. О., Непійвода В. О. (2024). Вивчення процесу структуроутворення цукеркової маси при виробництві помадних цукерок зі зворотними відходами. *Наукові праці НУХТ*, 30(3), 199—208.
DOI: 10.24263/2225-2924-2024-30-3-18

ABSTRACT

The change in the quality indicators of fondant masses obtained under the conditions of the introduction of returnable waste of fondant production was analyzed in the article. Fondant confectionery mass is a complex multicomponent structure consisting of sugar crystals evenly distributed in a saturated sugar-molasses solution and a small amount of air bubbles. The process of forming indicators of its quality is very sensitive to various technological factors, primarily to the recipe composition. In order to increase the efficiency of production, to optimize the ways of realization of benign fondant production defects, the change of sensory and physicochemical indicators of the quality of fondant masses under the conditions of introduction of complex multi-component systems of returnable waste was investigated.

Based on the results of research, it was established that the addition of returnable waste should be carried out at the stage of boiling candy syrup in the form of a pre-made semi-finished product "Syrup from casings", which is returnable waste dissolved and boiled to dry matter content of 70...75%. The recommended concentration of returnable waste, which can be introduced this way, should not exceed 1...1.4% of the weight of the finished product, because the process of further formation of candy bodies is observed to be complicated. In the recommended values, all physico-chemical indicators of semi-finished products and finished products meet the requirements of technological instructions and DSTU 4135:2021 "Candy".

The introduction of returnable waste at the stage of tempering the candy mass, in the form of unprocessed rejected candies, activates the crystallization process and spontaneous growth of crystals occurs. The induced process leads to the formation of large sucrose crystals, which gives the structure of the formed candy mass an uncharacteristic sandy structure, the product does not meet the requirements of current regulatory documentation.

DOI: 10.24263/2225-2924-2024-30-3-18

ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ЦУКЕРКОВОЇ МАСИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПОМАДНИХ ЦУКЕРОК ЗІ ЗВОРОТНИМИ ВІДХОДАМИ

Ю. В. Камбулова, О. В. Дудзінський, О. О. Кохан, В. О. Непийвода
Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано зміну показників якості цукеркових помадних мас, отриманих за умов введення зворотних відходів (ЗВ) виробництва цукерок з помадними корпусами. Помадна кондитерська маса — складна полікомпонентна структура, що складається з кристалів цукру, рівномірно розподілених у насиченому цукрово-патоково-молочному розчині та незначної кількості пухирців повітря. Процес формування показників її якості дуже чутливий до різних технологічних факторів, насамперед до рецептурного складу. З метою підвищення ефективності виробництва, оптимізації шляхів реалізації доброякісного браку помадного виробництва було досліджено зміну органолептичних і фізико-хімічних показників якості цукеркових помадних мас за умов введення складних полікомпонентних систем зворотних відходів.

За результатами досліджень встановлено, що додавання зворотних відходів раціонально здійснювати на етапі уварювання цукеркового сиропу у вигляді попередньо виготовленого напівфабрикату «Сироп з корпусів», який являє собою розчинені та уварені до вмісту сухих речовин (СР) 70...75% зворотні відходи. Рекомендовані концентрації ЗВ, що можуть бути внесені за таким способом, не повинні перевищувати 1...1,4% до маси готової продукції, оскільки спостерігається ускладнення процесу подальшого формування корпусів цукерок. У рекомендованих значеннях усі фізико-хімічні показники напівфабрикатів і готової продукції відповідають вимогам технологічних інструкцій і ДСТУ 4135:2021 «Цукерки».

Введення ЗВ на стадії темперування цукеркової маси у вигляді неперероблених відбракованих цукерок активує процес кристалізації, що спричиняє самочинне нарощування вже існуючих кристалів. Цей процес призводить до утворення кристалів сахарози великих розмірів, що надає структурі сформованої цукеркової маси нехарактерну піщану грубокристалічну структуру, через що продукція не відповідає вимогам чинної нормативної документації.

Ключові слова: кондитерські вироби, помадні цукерки, кристалічна структура, зворотні відходи, кристали цукру, редукуючі цукри (РР), цукерковий сироп.

Постановка проблеми. Основою помадних цукерок є помадна кондитерська маса — напівфабрикат складної гетерогенної структури, який включає три фази: тверду (дрібні кристали цукру), рідку (міжкристалевий сироп) і газоподібну (повітря). Основна частка структури представлена твердою фазою — кристалами цукру розміром від 10 до 20 мкм, які утворюються при інтенсивному збиванні увареного цукрово-патокового сиропу з одночасним охолодженням. У високоякісній помаді основна маса кристалів має розмір, який не перевищує 10 мкм (Гавва, 2006; Kuzu, 2023).

На формування розмірів кристалів сахарози в помаді, її дисперсність впливає низка факторів, які визначають коефіцієнт пересичення цукрово-патокових сиропів до початку росту кристалів. Серед них найбільш вагомим є вихідний рецептурний склад, що формує в'язкість сиропів і, відповідно, мас та визначає розподіл кристалів твердої фази помади за розмірами.

Додавання зворотних відходів до складу рецептурних сумішей для помадних мас, що є одним із напрямів реалізації доброякісного браку на кондитерських підприємствах, суттєво змінює фізико-хімічні показники напівфабрикатів та умови кристалоутворення. Тому проблема пошуку варіантів їх введення з метою підвищення ефективності виробництва, обґрунтування раціональних концентрацій зворотних відходів є актуальним науковим завданням, вирішення якого знаходить практичне застосування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Від хімічного складу рідкої фази помадного сиропу, який поступає на помадоутворення, залежить розчинність сахарози у рідкій фазі, та закономірно — його в'язкість і дисперсність твердої фази помади. Основною сировиною для помадних сиропів, крім сахарози, є крохмальна патока (або її замітник — інвертний сироп) і згущене молоко (для молочної помади або помади крем-брюле). Складові частини патоки та інвертного сиропу, згущеного молока по-різному впливають як на розчинність сахарози, так і на в'язкість її розчинів, що впливає на кристалізацію сахарози із цих розчинів, оскільки швидкість росту кристалів сахарози зворотно пропорційна в'язкості (Crestani, Bernard, & Giulietti, 2023, Quintas, Brandão, & Cunha, 2006).

На дисперсність помади впливає співвідношення цукру і патоки, що додається, яка змінюється у межах 5...25% до маси цукру. Кількість патоки залежить від призначення помади й способу її формування. Утворення більш дрібних кристалів у присутності більшої кількості патоки може бути пояснене підвищенням в'язкості сиропу, а також підвищенням ступеня пересичення помадного сиропу при одній і тій же вологості, тому що патока сильно знижує розчинність сахарози. Однак надмірний вміст патоки, як і редуруючих речовин, може привести до того, що помада взагалі не буде утворюватися. При зменшенні частки патоки нижче 5% утворюються великі кристали сахарози й виходить помада низької якості (Dorzhynska, & Kokhan, 2021; Korkach, & Krusir, 2017).

Встановлено, що початок кристалізації сахарози уповільнюється при додаванні в її розчини глюкози, мальтози, фруктози, інвертного цукру, сорбіту і яєчного білка. При додаванні 30% крохмальної патоки початок кристалізації уповільнюється майже в 30 разів. Це показує, що декстрини мають найбільшу здатність затримувати початок кристалізації (McGill, & Hartel, 2020; Ocsana-Ileana, LUNG, & Ghendov-Moşanu, 2020).

Вміст редуруючих речовин залежить від рецептури помади та інтенсивності інверсії сахарози в процесі приготування помадного сиропу. При підвищенні кількості редууючих речовин, особливо фруктози, збільшується вміст рідкої фази, помада стає більш стійкою до черствіння, але при цьому збільшується гігроскопічність цукерок. Цей фактор має велике значення для неглазурованих цукерок, тому стандартом не допускається вміст редууючих речовин у таких цукерках вище 14% (Verma, & Mahajani, 2020; Ouiazzane, & Bounahmidi, 2008).

У той же час на підприємствах кондитерської галузі завжди утворюється бракована продукція, яка не відповідає встановленим для неї вимогам чинної нормативної документації щодо якості та безпечності. Якщо партія продукції відбракована за показниками безпечності, вона потребує утилізації. Партія, яка відбракована за невідповідність органолептичним і фізико-хімічним показникам, може спрямовуватись на повторну переробку і вважається зворотними відходами виробництва. До зворотних відходів також відносять залишки напівфабрикатів, що утворилися в ході виробництва продукції, які частково або повністю втратили якісні чи технологічні властивості та не можуть бути використані за прямим призначенням. Також до зворотних відходів можна віднести продукцію, яка набула невідповідності за споживчими характеристиками в процесі транспортування, наприклад, при пошкодженні цілісності її пакування.

Для кожного групового асортименту існують норми введення зворотних відходів у нову партію продукції, але ця частина не перевищує 5% (в окремих технологіях — 10%), що пов'язано із суттєвим впливом на показники якості готової продукції.

Особливо гостро питання перероблення виробничого браку стосується підприємств, що випускають цукристі кондитерські вироби із складними структурами. До таких відносять і помадну масу. При виробництві помадних цукерок утворюється частка бракованої продукції, причиною якої є технічне оснащення виробництва, кваліфікація співробітників, оперативність технологічного контролю, дотримання режимів технологічного процесу, якості сировини і багато інших факторів. Зворотні відходи помадного виробництва не використовують у рецептурах помадних мас, оскільки всі рецептурні компоненти суттєво впливають на якість помади. Тому кожне підприємство, що випускає вироби на основі помадних мас, намагається оптимізувати виробничий цикл, максимально мінімізуючи утворення зворотних відходів, а браковану продукцію застосовує в рецептурах інших видів кондитерських мас. Проте, знаючи вплив основних рецептурних компонентів на формування якості помади, на кристалоутворення сахарози, можна здійснити спробу дослідити можливість введення складних напівфабрикатів — зворотних відходів помадного виробництва, на якість нової порції помадної маси.

Мета дослідження: визначення впливу різного дозування та способу підготовки зворотних відходів помадного виробництва на органолептичні і фізико-хімічні показники якості помадної маси крем-брюле для встановлення можливості їх раціональної переробки при виробництві цукерок на основі помадного корпусу.

Матеріали і методи. Для досліджень використано цукор білий, патоку крохмальну, молоко згущене. Сировину, напівфабрикати і готову продукцію досліджували органолептично, масову частку вологи у сировині, напівфабрикатах і готової продукції визначали прискореним методом за допомогою сушильної шафи СЕШ-1 та рефрактометричним методом (Hartel, & Hofberger, 2018; Дорожинська, & Кохан, 2021 18).

Виготовлення зразків цукерок здійснювалось на лінії з виробництва помадних цукерок з відливанням корпусів у крохмаль. При проведенні експерименту використовували відходи виробництва цукерок з помадним корпусом, що формувались відливкою в силіконові форми.

Визначення масової частки редукуючих речовин у напівфабрикатах і готовій продукції здійснювали фериціанідним методом за ДСТУ 5059:2008 (19).

Викладення основних результатів дослідження. Для досліджень було взято дві групи зворотних відходів:

- цукерки помадні, глазуровані кондитерською глазур'ю — зразок 1;
- корпуси помадних цукерок до глазурування — зразок 2.

Зразок 1 вводили на етапі темперування цукеркової маси без попередньої підготовки. ЗВ «Корпуси цукерок» вводили на етапі приготування цукрово-патокового сиропу у вигляді напівфабрикату «Сироп з корпусів», який отримували шляхом нагрівання ЗВ «Корпуси цукерок» із невеликою часткою води та подальшим уварюванням до вмісту СР 70...75%.

Показники якості зворотних відходів і напівфабрикатів, використаних для досліджень, наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Показники якості зворотних відходів, використаних для досліджень

Об'єкт контролю	Контрольований показник	Значення показника
ЗВ «Цукерки глазуровані»	Масова частка РР, %	17
ЗВ «Корпуси цукерок»	Масова частка РР, %	20,0
Н/ф «Сироп з корпусів»	Масова частка СР, %	74,8
	Масова частка РР, %	19,0

Для визначень впливу ЗВ на якість напівфабрикатів помадного виробництва було сформовано два зразки досліджень. Для першого зразка вводили тільки ЗВ «Цукерки глазуровані» на етапі темперування цукеркової маси при температурі 82,8 °С. Після темперування масу перекачували на відливання. Для другого зразка передбачили введення ЗВ у двох варіантах: у вигляді н/ф «Сиропу з корпусів», який додавали на стадії виготовлення цукеркового сиропу при температурі 105—106 °С в кількості 10% й уварювали у складі цукрово-патокового сиропу протягом 45 хв до вмісту СР 80%. Н/ф «Сироп з корпусів» готували попереднім розчиненням ЗВ у воді й уварюванням.

Другу частину вводили на стадії темперування цукеркової маси при температурі 82,8 °С з подальшим формуванням корпусів цукерок. Введення ЗВ відбувалось після зменшення рецептурного вмісту цукру білого кристалічного з урахуванням сухих речовин. Режимми проведення основних технологічних операцій і показники якості напівфабрикатів з різних технологічних стадій виробництва наведено в табл. 2.

Результати, отримані при дослідженні якості напівфабрикатів (табл. 2), показали, що при додавання н/ф «Сироп з корпусів» на етапі уварювання цукеркового сиропу підвищує вміст редукуючих речовин як сиропу, так і помадної маси. Це закономірно пов'язано із заміною цукру білого на зворотні відходи, які містять у своєму складі редукуючи цукри: глюкозу, фруктозу, мальтозу — цукри, що утворились при основному виробництві дослідних напівфабрикатів. Так, масова частка редукуючих речовин цукрово-патокового сиропу після 45 хв уварювання підвищилась до 10,5% при раціональному значенні для цього підприємства у 9%,

а РР цукеркової маси на етапі темперування — до 13,5% порівняно з контрольним зразком (до 11%).

Таблиця 2. Технологічні режими і якість напівфабрикатів виробництва помадних цукерок «Ромашка» з введенням зворотних відходів

Етапи	Об'єкт контролю	Контрольований показник	Граничне значення показника	Фактичні значення	
				Зразок № 1	Зразок № 2
Виготовлення цукеркового сиропу	Цукрово-патоковий сироп	Тиск пари, МПа	3,0—4,0	3,9	4,0
		Температура сиропу, °С	104—106	105	106
		Час приготування сиропу, хв	35—45	45	45
		Масова частка СР, %	80—82 (опт. 81)	80,6	80,0
		Масова частка РР, %	9—11 (опт. 10)	9,4	10,0
		п/ф Сироп з корпусів, %		—	10
	Цукрово-патоково-молочний сироп	Час приготування сиропу, хв	15—30 (опт.20—25)	30	30
		Масова частка СР, %	78—80 (опт. 80)	79,6	79,0
		Масова частка РР, %	9—11 (опт. 9,0)	9,2	10,5
		Кінцева температура уварювання, °С	109—126	120	112
Тиск пари, МПа		1,5—3,5	3,5	3,5	
Приготування помадної маси	Помадна маса	Температура помадної маси, °С	Не більш 80	78,5	78,0
		Масова частка вологи, %	10—11 (опт.10,3)	10,0	10,5
Приготування цукеркової маси (темперування)	Цукеркова маса	Температура цукеркової маси, °С	Не більш 85	83,0	83,3
		Масова частка редуруючих речовин, %	Не більш 16	11,0	13,5
Формування та вистоювання корпусів	Цукеркова маса	Температура цукеркової маси, °С	Не більш 85	82,8	82,8
		ЗВ «Цукерки глазурані»,%		0,5	0,2
		Масова частка вологи, %	10,7—11,2 (опт.11)	10,7	11,3
		Масова частка РР, %	Не більш 16 (опт.11)	11,4	13,9
		Температура корпусу після охолодження, °С	19—22 (опт.20—21)	20	20

		Смак, колір, запах, зовнішній вигляд	Цукерки прямокутної форми, структура однорідна	Структура цукеркової маси «піщана»	Структура цукеркової маси «піщана», на виході з шафи охолодження відзначено м'який корпус цукерок
		Масова частка PP, %	Не більш 16	11,5	13,7

Після додаткового введення ЗВ «Цукерки глазуровані» на етапі темперування до обох зразків також спостерігалось нарощування вмісту PP. Але для зразка, який мав вже у складі н/ф «Сироп з корпусів», цей вплив виявився більш значущим, незважаючи на меншу кількість доданих зворотних відходів. Також для цього дослідного зразка спостерігалось незначне збільшення масової частки вологи — до 11,3% за оптимального 11%. Дослідний зразок з вмістом більшої частини ЗВ «Цукерки глазуровані», введеної лише на стадії темперування, мав показники якості, що більшою мірою наближаються до оптимальних. Водночас відмічено утворення «піщаної» структури цукерок після їх відливання, охолодження, що свідчить про нерівномірний процес утворення кристалічної структури. Вочевидь, введення ЗВ на стадії темперування цукеркової маси активує процес додаткової кристалізації і відбувається самочинне нарощування кристалів, сформованих на етапі помадоутворення та внесених зі ЗВ. Тобто додаткове насичення цукеркової маси центрами кристалізації через введення зворотних відходів зміщує утворену під час збивання рівновагу твердої і рідкої фаз і відбувається неконтрольоване нарощування кристалів, більших за розмірами.

Отже, можна зробити висновок, що введення зворотних відходів на стадії темперування недоцільне і призводить до погіршення показників якості готової продукції. Всього досліджувалось внесення 1,95 і 8,5% на 1 тону готової продукції (при нормативі, що використовується для мономас — 9,4%).

На другому етапі досліджень здійснено спробу введення зворотних відходів лише у вигляді н/ф «Сироп з корпусів» на стадії уварювання цукрово-патокового сиропу. Було використано три зразки в різному співвідношенні з цукрово-патоковим сиропом: 5,4%, 2,8%, 1,4% до маси готової продукції. Показники якості ЗВ і напівфабрикатів, які були використані для досліджень, наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Показники якості зворотних відходів, використаних для досліджень

Об'єкт контролю	Контрольований показник	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
		буде вноситись у кількості 5,4%	буде вноситись у кількості 2,8%	буде вноситись у кількості 1,4%
ЗВ «Корпуси цукерок»	Масова частка PP, %	10,6	10,7	10,5
Н/ф «Сироп з корпусів»	Масова частка CP, %	75,0	75,2	74,8
	Масова частка PP, %	8,4	8,5	8,3

Режими проведення основних технологічних операцій та показники якості напівфабрикатів з різних технологічних стадій виробництва наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Технологічні режими і якість напівфабрикатів виробництва помадних цукерок «Ромашка» з введенням зворотних відходів

Етапи	Об'єкт контролю	Контрольований показник	Граничне значення показника	Фактичні значення		
				зразок 1	зразок 2	зразок 3
Приготування цукеркового сиропу	Цукрово-патоковий сироп	Тиск пари, МПа	3,0—4,0	3,8	3,9	4,0
		Температура сиропу, °С	104—106	105	105	106
		Час приготування сиропу, хв	35—45	45	45	45
		Масова частка СР, %	80—82 (опт. 81)	80,0	80,0	80,0
		Масова частка РР, %	9—11 (опт. 10)	9,1	9,2	9,2
		н/ф Сироп з корпусів, % до маси готової продукції		5,4	2,8	1,4
	Цукрово-патоково-молочний сироп	Час приготування сиропу, хв	15—30 (опт. 20—25)	30	30	30
		Масова частка СР, %	78—80 (опт. 80)	80,0	80,0	80,0
		Масова частка РР, %	9—11 (опт. 9,0)	9,0	9,1	9,1
		Кінцева температура уварювання, °С	109—126	120	120	120
		Тиск пари, МПа	1,5—3,5	3,5	3,5	3,5
Приготування помадної маси	Помадна маса	Температура помадної маси, °С	Не більше 80	79,8	79,9	80,0
		Масова частка вологи, %	10—11 (опт. 10,3)	10,4	10,3	10,4
Приготування цукеркової маси (темперування)	Цукеркова маса	Температура цукеркової маси, °С	Не більше 85	85,0	85,0	84,8
		Масова частка РР, %	Не більше 16	11,2	11,5	10,9
Формування та вистоювання корпусів	Цукеркова маса	Температура цукеркової маси, °С	Не більше 85	84,5	84,6	84,3
		Масова частка вологи, %	10,7—11,2 (опт. 11)	11,0	10,8	10,8
		Масова частка РР, %	Не більше 16 (опт. 11)	11,0	11,6	11,0
		Температура корпусу після охолодження, °С	19—22 (опт. 20—21)	20	20	20

		Смак, колір, запах, зовнішній вигляд	Цукерки прямокутної форми, структура однорідна	Структура однорідна, але дуже в'язка, що ускладнює формування корпусів		Відповідає
		Масова частка РР, %	не більше 16	11,3	11,6	11,1

Як показали результати досліджень якості напівфабрикатів на всіх етапах технологічного процесу і дослідження якості готової продукції, додавання напівфабрикату «Сироп з корпусів» в усіх дослідних концентраціях не спричинило надмірне нарощування редукуючих речовин, залишаючи значення в раціональних межах. Усі інші фізико-хімічні показники також характеризувались значеннями, рекомендованими для виробництва. Проте структура зразків з введенням 5,4 і 2,8% ЗВ до маси готового продукту відмічена як однорідна, але дуже в'язка, що ускладнює формування корпусів на відливальній машині. Корпус цукерок після операції розкромалювання не набував достатньої міцності для проведення подальшої обробки поверхні. Поясненням такого браку може бути підвищення вмісту рідкої фази у гетерогенній системі помади (у вигляді насиченого цукрово-паточково-молочного розчину). Для таких розчинів обов'язковою умовою нарощування кристалів є введення додаткових центрів кристалізації у вигляді «затравки», що слугуватиме «рушійною силою» для кристалізації. За визначених умов експерименту дослідні цукеркові маси не можуть бути рекомендовані до впровадження.

Зразки цукеркової маси із застосуванням 1,4% ЗВ до маси готового продукту не мали проблем із формуванням. Структура готових цукерок відповідала всім застосовуваним вимогам і була рекомендована для використання в технологічному процесі.

Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено, що додавання зворотних відходів повинно здійснюватись на етапі уварювання цукеркового сиропу у вигляді попередньо виготовленого напівфабрикату «Сироп з корпусів», який являє собою розчинені та уварені до вмісту СР 70...75% зворотні відходи. Рекомендовані концентрації ЗВ, що можуть бути внесені за таким способом, не повинні перевищувати 1...1,4% до маси готової продукції, оскільки спостерігається ускладнення процесу подальшого формування корпусів цукерок. У рекомендованих значеннях усі фізико-хімічні показники напівфабрикатів і готової продукції відповідають вимогам технологічних інструкцій і ДСТУ 4135:2021 «Цукерки».

Введення ЗВ на стадії темперування цукеркової маси у вигляді неперероблених відбракованих цукерок активує процес кристалізації, що спричиняє самочинне нарощування сформованих кристалів. Процес призводить до утворення кристалів сахарози великих розмірів, що надає структурі цукеркових корпусів нехарактерну для помадних цукерок грубокристалічну піщану структуру, продукція не відповідає вимогам чинної нормативної документації.

Література

- Гавва, О. О. (2006). *Удосконалення технологій неглазурованих цукерок з метою подовження терміну їх зберігання*. (Дис. на здобуття ... канд. техн. наук). Національний університет харчових технологій. Київ.
- Дорожинська О. С., Кохан О. О. (2021). Зміна якості неглазурованих цукерок кристалічної структури на основі комбінації цукрів лактози та фруктози протягом їх зберігання. *Харчова промисловість*, 30, 18—28. <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/40740>.
- Bhandari, B. R., & Hartel, R. W. (2002). Co-crystallization of Sucrose at High Concentration in the Presence of Glucose and Fructose. *Journal of Food Science*, 67(5), 1797—1802. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb08725.x>.
- Crestani, C. E., Bernardo, A., Costa, C. B., & Giulietti, M. (2018). Experimental data and estimation of sucrose solubility in impure solutions. *Journal of Food Engineering*, 218, 14—23. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2017.08.023.
- Dorozhynska, O., & Kokhan, O. (2021). Changing the quality of unglazed candies with a crystalline structure based on a combination of lactose and fructose sugars during storage. *Харчова промисловість*, 30, 18—28. DOI: 10.24263/2225-2916-2021-30-4.
- Dorozhynska, O., Kokhan, O., & Kambulova, Y. (2021). Sorption characteristics of fondant candies based on tagatose. DOI: 10.24263/2304-974X-2021-10-4-12.
- Hartel, R. W. *Confectionery Science and Technology*: ebook / R. W. Hartel, J. H. Von Elbe, R. Hofberger. USA: Springer International Publishing, 2018.
- Korkach, H., & Krusir, G. (2017). Development of innovative technologies of fondant candies with synbiotics. *Технологический аудит и резервы производства*, 1(3(33)), 50—55. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.93806>.
- Kuzu, S. (2023). Determination of Moisture Content and Crystallinity of Hard Candies by TD-NMR (Master's thesis, Middle East Technical University). <https://hdl.handle.net/11511/105164>.
- McGill, J., & Hartel, R. W. (2020). Water relations in confections. *Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications*, 483—500.
- Ocsana, Opris, Ildiko, Lung, Maria-Loredana, Soran, Rodica, Sturza, Aliona, Ghendov-Mosanu (2020). Fondant Candies Enriched with Antioxidants from Aronia Berries and Grape Marc. *Revista de Chimie*, 71(2), 74—79. <https://doi.org/10.37358/Rev.Chim.1949>.
- Quintas, M., Brandão, T. R., Silva, C. L. M., & Cunha, R. L. (2006). Rheology of supersaturated sucrose solutions. *Journal of Food Engineering*, 77(4), 844—852. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.08.01>.
- Ouiazane, S., Messnaoui, B., Abderafi, S., Wouters, J., & Bounahmidi, T. (2008). Modeling of sucrose crystallization kinetics: the influence of glucose and fructose. *Journal of Crystal Growth*, 310(15), 3498—3503. DOI: 10.1016/j.crysgro.2008.04.042.
- Verma, P., Shah, N. G., & Mahajani, S. M. (2020). A Novel Technique to Characterize and Quantify Crystalline and Amorphous Matter in Complex Sugar Mixtures. *Food Analytical Methods*, 13(11), 2087—2101. DOI: 10.1007/s12161-020-01789-1.