

DETERMINATION OF MOISTURE BINDING FORMS IN WHEY-CREAM CHEESE WITH FOOD FIBERS

K. Ovsienko, A. Tymchuk, O. Grek

National University of Food Technologies

Key words:

*Whey
Whey-cream cheese
Wheat food fibers
Sesame fibers
Thermogravimetric
method*

Article history:

Received 12.11.2021
Received in revised form
26.11.2021
Accepted 10.12.2021

Corresponding author:

A. Tymchuk
E-mail:
589112@ukr.net

ABSTRACT

Modern technology of dairy production is characterized by the improvement of individual technological stages with the focus on quality and quantity preservation. Improvement of whey cheeses technology with the use of modern ingredients is urgent not only to expand the range, but also to rationalize the production stages. Probably, the addition of components such as food fibers with multifunctional properties in appropriate amounts will accelerate the structure formation process in the finished product. Technological and consumer characteristics, storage period for food products is largely determined by the properties of water, which is contained in them, both in free and bound form. When dissolving, an interaction takes place — a certain number of water molecules bind to the solute molecules, reducing the amount of free (unbound) liquid. The amount of free and bound water in the finished product actively affects the storage period.

Whey-cream cheeses without and with the addition of wheat food fibers and sesame fibers were used for the research.

The thermoanalytical method was used to determine the forms of moisture connection in whey-cream cheese with food fibers. This method is traditional in the definition of chemical reactions and physical transformations under the heat influence in multicomponent systems between individual compounds. Thermal processes are accompanied by changes in the internal heat content of the system. Conversion leads to consumption or generation of heat. Such thermal effects were detected by the method of differential thermal analysis.

It was established that the addition of food fibers' complex to the composition of whey-cream cheese increases the hydrophilicity and growth in the specific heat of dehydration in the finished product.

The research results confirm the expedience of adding food fibers to whey-cream cheese to bind free moisture, ensure constant quality indicators and predict the storage period of the finished product.

ВИЗНАЧЕННЯ ФОРМ ЗВ'ЯЗКУ ВОЛОГИ В СИРОВАТКО-ВЕРШКОВОМУ СИРІ З ХАРЧОВИМИ ВОЛОКНАМИ

К. В. Овсієнко, А. В. Тимчук, О. В. Грек

Національний університет харчових технологій

Сучасна технологія виробництва молочних продуктів характеризується удосконаленням окремих технологічних етапів з акцентом на збереженні якості та кількості. Актуальним є удосконалення технології сироваткових сирів з використанням сучасних інгредієнтів не тільки для розширення асортименту, а й для раціоналізації стадій виготовлення. Ймовірно, додавання таких складових, як харчові волокна, з поліфункціональними властивостями у відповідних кількостях сприятиме прискоренню процесу структуроутворення в готовому продукті. Технологічні та споживчі характеристики, термін зберігання харчових виробів багато в чому визначається властивостями води, що міститься в них у вільній і зв'язаній формі. При розчиненні проходить взаємодія — певна кількість молекул води зв'язується з молекулами розчиненої речовини, зменшуючи кількість вільної (незв'язаної) рідини. Кількість вільної і зв'язаної води в готовому продукті активно впливає на терміни зберігання.

Для досліджень використовували сироватко-вершкові сири без та із внесеною пшеничних харчових волокон і кунжутної клітковини.

Для визначення форм зв'язку вологи в сироватко-вершковому сири з харчовими волокнами використовували термоаналітичний метод, що є традиційним у визначеннях хімічних реакцій і фізичних перетворень під дією тепла у багатокомпонентних системах між окремими з'єднаннями. Термічні процеси завжди супроводжуються зміною внутрішнього тепловмісту системи. Перетворення веде до споживання або до виділення тепла. Саме такі теплові ефекти були виявлені методом диференціально-термічного аналізу.

Встановлено, що додавання комплексу харчових волокон до складу сироватко-вершкового сиру підвищує гідрофільність і зростання питомої теплоти дегідратації готового продукту.

Результати підтверджують доцільність додавання харчових волокон до сироватко-вершкового сиру для зв'язування вільної вологи, забезпечення сталих показників якості та прогнозування термінів зберігання готового продукту.

Ключові слова: молочна сироватка, сироватко-вершковий сир, пшеничні харчові волокна, кунжутна клітковина, термогравіметричний метод.

Постановка проблеми. Одним із способів переробки молочної сироватки шляхом концентрування білків є виробництво сироваткового сиру. Окрім найбільш відомого сиру рикота, сироватка може бути використана для отримання коричневого сиру (Brunost, Gjetost, Mysost тощо), відомого особливо в скандинавських країнах (Zadow, 2012). Актуальним є удосконалення технології сироваткового сиру з використанням сучасних інгредієнтів для раціоналізації процесу

структурування за рахунок додавання поліфункціональних харчових волокон.

Виробництво коричневого сиру базується на випаровуванні вологи з сироватки або молочної суміші за температури $65\pm 1^\circ\text{C}$ та тиску 0,8 МПа до масової частки сухих речовин $60\pm 2\%$, внесення жирового компонента, після чого відбувається структурування маси до $73\pm 2\%$ сухих речовин за певних режимів (Храмцов, 2011). Потребує додаткових досліджень стан вологи у сироватково-вершковому сири з харчовими волокнами для забезпечення відповідних термінів зберігання.

Вода в харчових продуктах відіграє важливу роль для забезпечення консистенції і структури, а її взаємозв'язок з наявними компонентами визначає стійкість продукту. Загальна вологість вказує на кількість вологи, але не характеризує її відношення до хімічних, біохімічних і мікробіологічних змін у продукті. В забезпеченні стійкості саме під час зберігання важливу роль відіграє співвідношення вільної і зв'язаної вологи (Aviara, 2020).

Пріоритетним напрямком досліджень у молочній промисловості залишається подовження термінів зберігання готових продуктів. Отриманні дані дають змогу розширювати асортимент і підвищити доступність сировини, яка має різні умов зберігання. За температур від 4 до 8°C в молочно-білкових концентратах (до яких відносяться сири) повільно продовжує розвиватись стороння мікрофлора, стійка до кислого середовища (Mazorra-Manzano et al., 2020). Найбільш поширеними способами подовження термінів зберігання є: використання рослинних інгредієнтів з високою жиро- та водопоглинальною здатністю, стабілізаторів, консервантів, термізація, створення асептичних умов виробництва, концентрування, зберігання в атмосфері газів тощо (Koutchma & Barnes, 2013; Ho, Howes & Bhandari, 2016; Ritota & Manzi, 2020).

Важливим фактором, що впливає на збереження нативної структури сироватково-вершкового сиру з харчовими волокнами, є зв'язана вода з білками тих груп, в яких енергія зв'язку вища за енергію, що вивільняється під час кристалізації льоду. Білки з нижчою енергією зв'язку втрачають воду, а їх молекули коагулюють (Schiebel et al., 2018; Głąb & Boratyński, 2017). Стабільні білкові речовини утримують вологу, що дає їм змогу зберегти нативну структуру під час зберігання. Для мінімізації змін слід досягти максимальної зворотності процесів, що проходять під час зберігання за рахунок раціональних режимів оброблення фіксації сучасними методами форм зв'язку вологи та відповідних технологічних заходів. Саме дериватографія надає можливість отримати інформацію про поведінку індивідуальних речовин і композицій в умовах програмованого термічного впливу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дериватографія, що об'єднує термогравіметрию (ТГ) з класичним диференціальним термічним аналізом (ДТА), знайшла широке застосування в наукових дослідженнях (Михайлик, Снежкін & Корінчевська, 2015; Lammerskiten et al., 2019), де ґрунтовно викладені методики проведення термічного аналізу.

За допомогою термогравіметричних досліджень проаналізовано процес сушіння водної полімерної дисперсії на основі поліметилметакрилат-полістиролу.

Визначено термічну поведінку зразків матеріалу в неізотермічних умовах нагрівання, встановлено механізм сушіння та кінетичні особливості процесу. Результати досліджень на основі теоретичних та експериментальних даних дають змогу запропонувати оптимальні режими проведення процесу в промислових умовах для досягнення заданої кінцевої вологості (Гаврилів, Кочубей, Філяс & Сабинін, 2016).

Науковцями (Пічкур, Лазаренко, Алексеев, Ковбаса & Лазаренко, 2015) проведено визначення термогравіметричних показників і диференціально термічний аналіз нативних та екструдованих видів кукурудзяного, пшеничного, картопляного і тапіокового крохмалю. На основі аналізу даних здійснено порівняльну характеристику кількості адсорбційно та капілярно зв'язаної води досліджуваних зразків. Вивчено вплив процесу екструдювання та наявності кристалічних структур крохмалю на енергію зв'язку води.

Методом термогравіметричного аналізу досліджено форми зв'язку води в ріпаку (Shakhov et al, 2019). Завдяки отриманим даним термічного аналізу можна визначити температурні зони видалення води з матеріалу з різною формою та енергією зв'язку, а також зони перетворення сухих речовин при підвищенні температури, що дає змогу прогнозувати режимні параметри процесу видалення води з матеріалу та вибирати найбільш ефективні способи видалення води.

Згідно з дослідженнями (Yubin et al., 2018) термоаналітичні методи надають детальну інформацію про склад матеріалів і фізико-хімічну структуру виробів. Отримані значення можуть допомогти у моделюванні та визначенні таких факторів, як оптимальна температура для умов зберігання, забезпечення якості та безпеки сирів.

Імовірно, використання вищезазначеного методу може бути ефективним при визначенні форм зв'язку води в сироватко-вершковому сирі з харчовими волокнами.

Мета дослідження: визначення форм зв'язку води в сироватко-вершковому сирі з харчовими волокнами методом термічного аналізу.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження були форми зв'язку води в сироватко-вершковому сирі з харчовими волокнами.

Технологія виготовлення дослідних зразків передбачає використання підсирної сироватки, згущеної за режимів: $t = 56 \dots 62^\circ\text{C}$, $P = 0,8 \text{ Па}$, та додавання вершків для надання пластичності готовому продукту, перемішування за температури $68 \pm 1^\circ\text{C}$, охолодження — $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

Підсирна молочна сироватка має такі фізико-хімічні показники: масова частка жиру — $(0,2 \pm 0,1)\%$, сухі речовини — $(6,30 \pm 0,02)\%$, титрована кислотність — $(18,0 \pm 0,1)^\circ\text{T}$, рН — $5,32 \pm 0,02$.

Вершки мали такі фізико-хімічні показники: масова частка жиру — $(33,0 \pm 0,1)\%$, сухі речовини — $(38,00 \pm 0,01)\%$, титрована кислотність — $(17,0 \pm 0,1)^\circ\text{T}$, рН — $6,57 \pm 0,02$.

Вершки є складовою сироватко-вершкового сиру, що додаються при структуроутворенні до згущеної молочної сироватки з подальшим концентрування суміші до $75 \pm 5\%$ сухих речовин. Контролем був сироватко-вершковий сир,

отриманий за вищезазначеною технологією без харчових волокон. Для досліджень були виготовлені модельні зразки сироватко-вершкового сиру із внесенням у вершки в процесі структуроутворення комплексу харчових волокон у кількості 5,0% (Grek, Ovsienko, Tymchuk, Onopriichuk & Kumar, 2020).

Пшеничні харчові волокна «Вітацель» (виробник J.Rettenmaier Sohne GmbH, Німеччина) мають такі технологічні властивості: вологоутримувальну здатність і абсорбцію жиру (на 1 г продукту) — 11 г та 6 г відповідно. Активність води зафіксована на рівні 0,44, а рН — $(6,5 \pm 1,5)$. Насипна маса волокон становить $40 \pm 2,5$ г/дм³. Середні розміри 90% частинок — < 300 мкм. Сумарна кількість харчових волокон складає $(98,0 \pm 0,5)\%$, в тому числі целюлози — $(72,0 \pm 2,0)\%$, геміцелюлози — $(25,5 \pm 1,5)\%$, лігніну — $0,5 \pm 0,1\%$. Для харчових волокон зазначені хімічні показники на рівні: масова частка жирів — $(0,2 \pm 0,02)\%$, білків — $(0,4 \pm 0,06)\%$, вологи не більше 8%, золи, не більше 3%. За інформацією виробника волокна «Вітацель» мають такі мікробіологічні показники: КМАФАіМ (КУО в 0,1 г) — 5×10^4 , пліснява (КУО в 0,1 г) — не більше 50, пестициди і фунгіциди — < 0,002 мг/кг. Патогенні мікроорганізми (сальмонели), в 25 г ХВ, афлатоксини, БГКП (коліформи) в 0,1 г не виявлені. Енергетична цінність 100 г волокон WF400 становить 0,09 ккал (Grek et al., 2019).

Кунжутна клітковина (ISO 9001:2008, ISO 22000:2005, виробник ПП «Richoil», Україна) має такі технологічні властивості та хімічний склад: жироемульгуючу здатність — 29,3%, волого- та жирутримувальну здатності (на 1 г продукту) — 3,3 г і 1,7 г відповідно, масову частку білків — $(48,8 \pm 0,3)\%$, жирів — $(11,3 \pm 0,1)\%$, вуглеводів — $(29,0 \pm 0,1)\%$, вологи, не більше — 8%. Такий рослинний інгредієнт містить ненасичені жирні кислоти, білки, клітковину, целюлозу, пектини, фосфоліпіди, вітаміни, мг/100 г: В1 — 2,684, В2 — 0,275, Е — 11,2, РР — 13,369, мінеральні речовини, мг/100 г: Са — 114, Zn — 10,65, Mg — 361, Fe — 15,17, Са — 437, Mn — 1,8, К — 423, Р — 807, амінокислоти, г/100 г: лізин — 1,46, треонін — 1,33, валін — 1,24, метіонін+цистин — 1,36, лейцин — 2,24, ізолейцин — 1,06, тирозин+фенілаланін — 2,51, триптофан — 0,78 (Салавеліс, Тележенко & Павловський, 2017; Кравченко & Ярошенко, 2015; Іжевська, Козяр & Косінова, 2020).

Дериватографія використовується при вивченні термічної дегідратації та де-струкції об'єктів рослинного і тваринного походження (Снежкін, Петрова, Самойленко & Михайлик, 2016), складних систем неорганічного походження, твердих палив тощо (Saadatkah et al., 2020) і дає змогу визначити етапи та температурні інтервали розкладання, вид теплових ефектів, глибину структурно-хімічних перетворень і ступінь кристалічності сухих продуктів (Lammerskiten et al., 2019).

Термогравіметричні дослідження виконували в спеціалізованій лабораторії ІТТФ НАН України на модернізованому дериватографі Q-1000 виробництва фірми MOM (Угорщина). Змін зазнала система вимірювань, реєстрації та обробки інформації, яка наразі включає підсилювачі сигналів, аналоговий цифровий перетворювач, інтерфейс, комп'ютер і прикладну комп'ютерну програму «Derivatograph».

Інформація про зміну Т, ТГ, ДТГ та ДТА надходить до аналогового цифрового перетворювача та за допомогою конвертора інтерфейсу передається на персональний комп'ютер, де вона накопичується та обробляється.

Умови проведення термічного аналізу: швидкість нагрівання зразка — 3,6 К/хв; температурний інтервал — від кімнатної до 250°C; шкала ваг — 200 мг. Зразки розміщали у відкритий конічний платиновий тигель з комплекту дериватографа. Атмосферою слугувало нерухоме повітря. Як інертну речовину в тиглі порівняння використовували оксид алюмінію. Корекцію шкали температур виконували за температурою плавлення бензойної кислоти (122,4°C). Відхилення температури не перевищувало $\pm 0,5\text{K}$.

Викладення основних результатів дослідження. Якісна та кількісна оцінка процесів, що відбуваються при нагріванні зразків, здійснюється за кривими зміни температури зразка (Т), його маси (ТГ), швидкості зміни маси (ДТГ), що являє собою похідну кривої ТГ та ДТА. Крива ДТА представляє різницю температур між зразком та інертним матеріалом у вигляді різниці термоелектрорушійних сил термопар. ДТА дає змогу ідентифікувати теплові процеси, що відбуваються в зразку при його нагріванні. У зв'язку з наявним термічним опором матеріалу зразка температура піків теплових ефектів (ДТА) вища за температуру відповідних максимумів швидкості зміни маси (ДТГ).

На рис. 1 та 2 представлені дериватограми сироватко-вершкового сиру з харчовими волокнами (дослідний зразок) та сироватко-вершкового сиру (контрольний зразок).

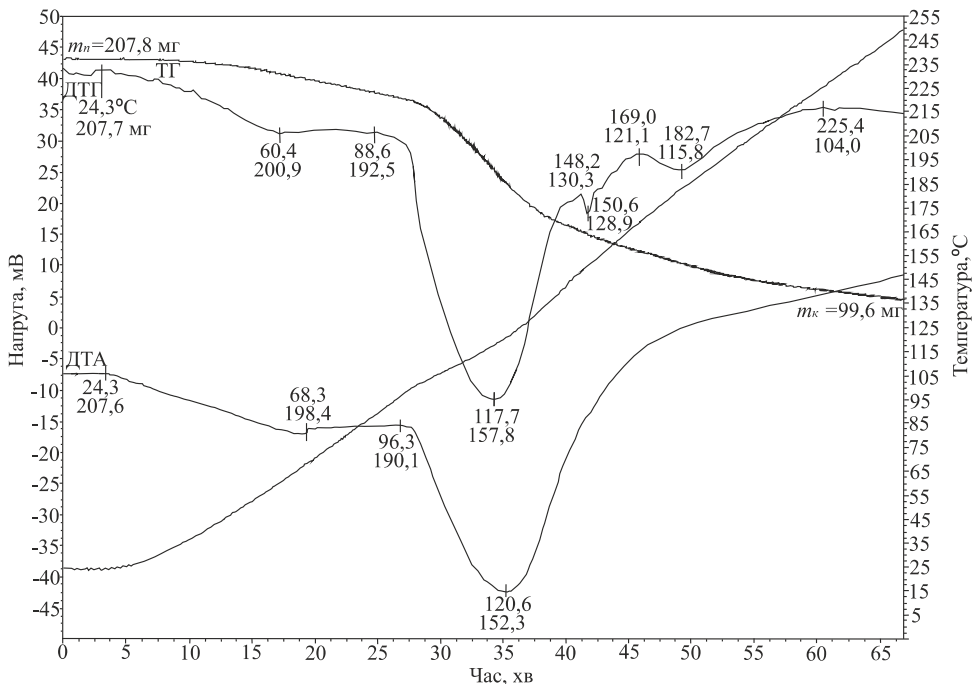


Рис. 1. Дериватограма сироватко-вершкового сиру з харчовими волокнами

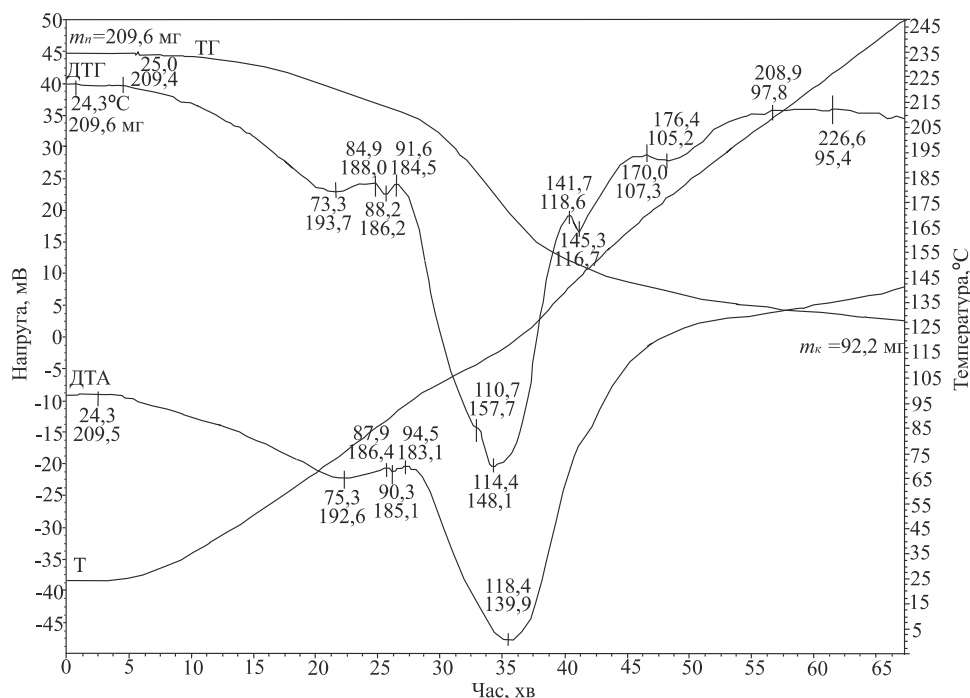


Рис. 2. Дериватограма сироватко-вершкового сиру

Характер обох дериваторам схожий і має ту особливість, що дегідратація проходить у два етапи. Зміна маси зразків (криві ТГ) починається з 24,3°C і супроводжується поглинанням теплоти, криві ДТА відхиляються донизу. З підвищенням температури швидкість зневоднення (криві ДТГ) зростає, досягаючи на першому етапі зневоднення дослідного зразка максимуму при 60,4°C (рис. 1) і 73,3°C при зневодненні контрольного зразка (рис. 2). У контрольному зразку реєструється незначне збільшення швидкості зневоднення з максимумом при 88,2°C. На першому етапі зневоднення в дослідному та контрольному зразках видаляється 7,36 та 11,98% води з середньою швидкістю 0,37 та 0,54%/хв відповідно.

У табл. 1 представлено кількість видаленої води в процесі дегідратації та втрата сухих речовин при термічному розкладанні.

Таблиця 1. Кількість видаленої води в процесі дегідратації та втрата сухих речовин при термічному розкладанні

Матеріал	Вологість, %	Дегідратація				Деструкція	
		Перший етап		Другий етап		Інтервал, °C	Втрата сухих речовин, %
		Інтервал, °C	Частка видаленої води, %	Інтервал, °C	Частка видаленої води, %		
Сироватко-вершковий сир з харчовими волокнами	41,58	24,3—88,6	7,36	88,6—169,0	34,22	169,0—250,0	17,96
Сироватко-вершковий сир	48,81	24,3—91,6	11,98	91,6—170,0	36,83	170,0—250,0	14,07

Другий етап дегідратації дослідного зразка починається при 88,6°C, контрольного — при 91,6°C і відрізняється від першого значним зростанням швидкості зневоднення, що досягає максимуму при 117,7°C та 114,4°C відповідно для дослідного й контрольного зразків. На завершальній стадії зневоднення реєструються незначні збільшення швидкості з максимумами при 150,6°C для дослідного зразка та при 145,3°C — для контрольного.

Кількість води, що видаляється на другому етапі дегідратації дослідного зразка, становить 34,22% до маси зразка при середній швидкості зневоднення 1,64% / хв. З контрольного зразка видаляється 36,83% води з середньою швидкістю 1,85% / хв. Більш висока швидкість зневоднення контрольного зразка, порівняно з дослідним, пов'язана з більшою його вологістю. Завершується зневоднення зразків за практично однакових температур — 169,0...170,0°C і за цієї ж температури починається процес термічного розкладання.

Після повного зневоднення зразків на кривих ТГ та ДТГ спостерігається втрата маси при одночасній генерації теплоти, що відображається підйомом кривих ДТА (рис. 1 та 2). Такий хід процесу є наслідком початку термічного розкладання. До досягнення зразками 250°C вони втрачають різну частину сухих речовин. Дослідний зразок втрачає 17,96% СР, контрольний — 14,07% СР. Імовірно, такі результати пов'язані з різним початковим вмістом сухих речовин у продуктах за однакових умов розкладання.

Згідно з методикою (Михайлик, Снежкін & Корінчевська, 2015) за кривими ДТА було визначено інтегральну теплоту, яка витрачена на дегідратацію зразків у ході нагрівання та розраховано питому теплоту дегідратації. Градування шкали ДТА дериватографа проведено за стеариновою кислотою ($\Delta H_{ref} = 198,9$ Дж/г) — еталонною речовиною, що використовується для калібруванні приладів ДТА та ДСК (Lammerskiten et al., 2019).

Інтервали температури зневоднення, маса видаленої води, інтегральна теплота дегідратації та питома теплота дегідратації досліджених матеріалів представлені в табл. 2.

Таблиця 2. Інтервали температури зневоднення, маса видаленої води, інтегральна теплота дегідратації та питома теплота дегідратації досліджених матеріалів

Матеріал	Інтервал, °C	Маса видаленої води, мг	Інтегральна теплота дегідратації, Дж	Питома теплота дегідратації, кДж/кг
Сироватко-вершковий сир з наповнювачами	24,3—169,0	86,4	252,5	2923
Сироватко-вершковий сир	24,3—170,0	102,3	289,1	2826

Отримані величини питомої теплоти дегідратації досліджених матеріалів вказують на перевищення їх значень над середньою питомою теплотою випаровування води (~2360 кДж/кг) з вільної поверхні у досліджених інтервалах температур, що характеризує об'єкти дослідження як системи з високим ступенем гідратації сухих речовин.

Порівнюючи величини питомої теплоти дегідратації матеріалів досліджених зразків фіксуємо, що у сироватко-вершкового сиру з наповнювачами питома теплота на 3,43% вища порівняно з аналогічним значенням для сироватко-вершкового сиру. Додавання харчових волокон до складу сироватко-вершкового сиру підвищило вміст гідрофільних центрів у композиції і таким чином вміст зв'язаної води, яка викликала зростання питомої теплоти дегідратації.

Висновки

Методами термогравіметрії (ТГ) та диференціального термічного аналізу (ДТА) визначено, що дегідратація зразків сироватко-вершкового сиру з харчовими волокнами та сироватко-вершкового сиру через композиційність складу та зміни структури відбувається в два етапи, які відрізняються температурними інтервалами, частками видаленої води та швидкістю видалення.

На першому етапі дегідратації видаляється вільна вода та вода, що утримується за рахунок слабких водневих зв'язків із сухими речовинами певних компонентів матеріалу. На другому етапі дегідратації видаляється вільна, слабо та сильно зв'язана вода, зосереджена в компонентах із сильними водневими зв'язками.

Через достатньо високий вміст зв'язаної води в матеріалах обох зразків питома теплота їх дегідратації значно перевищує середню теплоту випаровування води з вільної поверхні. Додавка до складу сироватко-вершкового сиру комплексу харчових волокон підвищила гідрофільність продукту, що призвело до зростання питомої теплоти дегідратації.

Література

- Aviara, N. A. (2020). Moisture Sorption Isotherms and Isotherm Model Performance *Evaluation for Food and Agricultural Products*. doi:10.5772/intechopen.87996.
- Głąb, T. K., Boratyński, J. (2017). Potential of Casein as a Carrier for Biologically Active Agents. *Topics in current chemistry (Cham)*, 375(4), 71. doi:10.1007/s41061-017-0158-z.
- Grek, O., Ovsiienko, K., Tymchuk, A., Onopriichuk, O., Kumar, A. (2020). Influence of wheat food fiber on the structure formation process of whey-creamy cheeses. *Ukrainian Food Journal*, 9, 332—343. doi: 10.24263/2304-974X-2020-9-2-6.
- Grek, O., Tymchuk, A., Tsygankov, S., Savchenko, O., Ovsiienko, K., Ochkolyas, O. (2019). Study of dietary fiber properties in dairy mixes containing modified fat compositions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4, 6—13. doi: 10.15587/1729-4061.2019.174302.
- Grek, O., Tsygankov, S., Tymchuk, A., Onopriichuk, O., Savchenko, O., Ochkolyas, O. (2019). Research of recipe components influence on the properties of dairy-protein mashers for semi-finished products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6/11(102), 41—48. doi: 10.15587/1729-4061.2019.183549.
- Ho, Th., Howes, T., Bhandari, B. (2016). Methods to extend the shelf-life of cottage cheese — a review. *International Journal of Dairy Technology*, 69. 10.1111/1471-0307.12309.
- Koutchma, T., Barnes, G. (2013). Shelf Life Enhancement of Milk Products. *Food technology*, 67, 10.
- Lammerskiten, A., Mykhailik, V., Wiktor, A., Toepfl, S., Nowacka, M., Bialik, M., ... Parniakov, O. (2019). Impact of pulsed electric fields on physical properties of freeze-dried apple tissue. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 57, 102211.
- Mazorra-Manzano, M. A., Robles-Porchas, G. R., González-Velázquez, D. A., Torres-Llanez, M. J., Martínez-Porchas, M., García-Sifuentes, C. O., ... Vallejo-Córdoba, B. (2020). Cheese

Whey Fermentation by Its Native Microbiota: Proteolysis and Bioactive Peptides Release with ACE-Inhibitory Activity. *Fermentation*, 6(1), 19. doi:10.3390/fermentation6010019.

Ritota, M., Manzi, P. (2020). Natural Preservatives from Plant in Cheese Making. *Animals : an open access journal from MDPI*, 10(4), 749. doi:10.3390/ani10040749.

Saadatkhan, N., Carillo Garcia, A., Ackermann, S., Leclerc, Ph., Latifi, M., Samih, S., ... Chaouki, Ja. (2020). Experimental methods in chemical engineering: Thermogravimetric analysis — TGA. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 98, 34—43. doi:10.1002/cjce.23673.

Schiebel, J., Gaspari, R., Wulsdorf, T., Ngo, K., Sohn, C., Schrader, T. E., ... Klebe, G. (2018). Intriguing role of water in protein-ligand binding studied by neutron crystallography on trypsin complexes. *Nature communications*, 9(1), 3559. doi:10.1038/s41467-018-05769-2.

Shakhov, S. V., Saranov, I. A., Sadibaev, A. K., Malibekov, A. A., Litvinov, E. V., Gruzdov, P. V. (2019). The research of moisture forms in the rape by the thermogravimetric analysis method. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 81(1), 27—31. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-27-31.

Yubin, W., Qingyun, Z., Wu, L., Yue, M., Xiaoyan, Z., Chao, Zh. (2018). Measurement of free water in foods by secondary derivative thermogravimetry. *CyTA. Journal of Food*, 16, 438—443. DOI: 10.1080/19476337.2017.1416675.

Zadow, J. G. (2012) *Whey and Lactose Processing*. Dordrecht: Springer Science & Business Media. doi: 10.1002/9781118810279.ch15.

Гаврилів, Р. І., Кочубей, В. В., Фляс, С. Р., Сабинін, О. В. (2016). Дослідження процесу сушіння водної полімерної дисперсії методами неізотермічного аналізу. *Науковий вісник НЛТУ України*, 277—283.

Іжевська, О. П., Козяр, І. В., Косінова, Я. Р. (2020). Млинці оздоровчої дії для закладів ресторанного господарства в умовах сучасності. *Технічні науки та технології*, 2(20), 269—277.

Кравченко, М. Ф., Ярошенко, Н. Ю. (2015). Технологія пряникових виробів, збагачених кунжутним і кедровим шротом. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*, 1(21), 392—400.

Михайлик, В. А., Снежкін, Ю. Ф., Корінчевська, Т. В. (2015). Вплив режиму конвективного сушіння на кристалічність порошоків з яблук та цукрового буряку. *Промышленная теплотехника*, 37(5), 23—37.

Михайлик, В. А., Снежкін, Ю. Ф., Корінчевська, Т. В. (2015). Вплив режиму конвективного сушіння на кристалічність порошоків з яблук та цукрового буряку. *Промышленная теплотехника*, 37(5), 23—37.

Пічкур, В. Я., Лазаренко, М. М., Алексеев, О. М., Ковбаса, В. М., Лазаренко, М. В. (2015). Термогравіметричне дослідження екструдованих та нативних видів крохмалю. *Східно-європейський журнал передових технологій*, 1/6(73), 52—56. doi: 10.15587/1729-4061.2015.33116.

Салавеліс, А. Д., Тележенко, Л. М., Павловський, С. М. (2017). Використання порошоків із топінамбура та кунжутного шроту у виробництві хлібобулочних виробів. *Хранение и переработка зерна*, 2, 43—45.

Снежкін, Ю. Ф., Петрова, Ж. О., Самойленко, К. М., Михайлик, В. А. (2016). Дериватографічне дослідження зневоднення бетаніновмісних рослинних матеріалів та їх термічної стійкості. *Наукові праці. Одеська національна академія харчових технологій*. 80(1), 27—32.

Храмцов, А. Г. (2011). *Феномен молочной сывортки*. Санкт-Петербург: Профессия.