

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Недобійчук Тетяна Володимирівна

УДК 637.352: 66.047

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ КИСЛОМОЛОЧНОГО СИРУ

В ЗАВИСЛОМУ ШАРІ

Спеціальність 05.18.04 –
технологія м'ясних, молочних та рибних продуктів

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса - 2003

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Одеській національній академії харчових технологій
Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор,
Грішин Михайло Олександрович
Одеська національна академія харчових технологій,
кафедра технології молока та сушіння харчових продуктів,
професор кафедри

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент,
Погожих Микола Іванович
Харківський державний університет харчування та торгівлі,
кафедра енергетики та фізики, завідувач кафедри

кандидат технічних наук,
Поліщук Володимир Миколайович
ЗАТ “БЕАРС”,
технолог по виробництву молочних продуктів

Провідна установа: Технологічний інститут м’яса та молока УААН,
лабораторія технології цільномолочних продуктів,
Міністерство освіти і науки України (м. Київ)

Захист відбудеться “29” жовтня 2003 р. о 10³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41.088.02 Одеської національної академії харчових технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Одеської національної академії харчових технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112.

Автореферат розісланий “26” вересня 2003 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради

Станкевич Г.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Раціональне харчування є одним із найважливіших чинників, що визначають здоров'я людини: харчування забезпечує нормальний ріст і розвиток організму, створює умови для адекватної адаптації до навколишнього середовища, сприяє профілактиці захворювань, стимулює розумову і фізичну діяльність.

Відповідно до сучасних уявлень науки про харчування, велике значення для збалансованого харчування людей має кисломолочний сир. Кисломолочний сир – білковий продукт, що має високу поживну цінність, гарні смакові якості, легку засвоюваність, помірну калорійність.

Заводи молочної промисловості виробляють кисломолочний сир переважно влітку. У зимовий період випуск його різко скорочується і постачання їм населення проводиться, в основному, за рахунок запасів, утворених влітку і восени.

Зараз кисломолочний сир із тривалим терміном зберігання одержують двома способами: сублімаційним сушінням і заморожуванням із наступним зберіганням при низьких мінусових температурах. Створення резервів замороженого кисломолочного сиру потребує великих холодильних площ і значних витрат холоду, великих витрат праці. При сублімаційному сушінні забезпечуються високі якісні показники продукту, але витрати на сублімаційне сушіння харчових продуктів перевершують витрати на теплове сушіння в 8–10 разів. Виробництво сухого кисломолочного сиру заслуговує особливої уваги, тому що він, по-перше, цілком незамінний для забезпечення регіонів і країн, у яких за природно-географічних умов неможливо розводити молочну худобу; по-друге, він необхідний для забезпечення харчування людей, що знаходяться в екстремальних умовах; по-третє, сухий кисломолочний сир дозволяє забезпечити безперебійне постачання населення в осінньо-зимовий період. Сухі молочні продукти не потребують при зберіганні і транспортуванні яких-небудь спеціальних умов, зручні для резервування і реалізації.

В даний час відсутні науково-теоретичні розробки в області виробництва сухого кисломолочного сиру, отриманого висушуванням у завислому шарі. Комплексному розв'язанню цієї проблеми присвячена дана дисертаційна робота.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Робота виконана відповідно до основних напрямків наукових досліджень кафедри технології молока і сушіння харчових продуктів за проблемою “Молочні продукти нового покоління”.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка технології виробництва сухого кисломолочного сиру, отриманого сушінням у завислому шарі, що дозволяє одержати високоякісний продукт із високими споживчими властивостями.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- дослідити кінетику сушіння кисломолочного сиру у завислому шарі і розробити науково обґрунтовані режими сушіння;
- визначити фізико-хімічні показники сухого кисломолочного сиру в залежності від режимів

сушіння і введення стабілізуючих добавок;

- дати порівняння показників якості кисломолочного сиру, зробленого за традиційною технологією і за розробленою технологією;
- встановити вплив стабілізуючих добавок у формуванні структури відновленого кисломолочного сиру, отриманого по розробленій технології;
- визначити вплив режимів зберігання на якість сухого продукту;
- обґрунтувати можливість одержання сухого кисломолочного сиру способом сушіння у завислому шарі;
- на підставі проведених досліджень розробити технологію і нормативно-технічну документацію виробництва сухого кисломолочного сиру.

Об'єкт дослідження – кисломолочний сир, сухий кисломолочний сир.

Предмет дослідження – технологія сушіння кисломолочного сиру з додаванням стабілізуючих добавок.

Методи дослідження – фізико-хімічні, біохімічні і мікробіологічні методи визначення якості сухого продукту, методи планування експерименту та математичної обробки експериментальних даних.

Наукова новизна одержаних результатів. Досліджена кінетика сушіння кисломолочного сиру у завислому шарі й отримані нові залежності для розрахунку загальної тривалості процесу сушіння. Отримано нові дані про зміну хімічного складу і фізико-хімічних властивостей кисломолочного сиру в процесі сушіння у завислому шарі. Отримано закономірності, що зв'язують відновлення сухого кисломолочного сиру з видом і дозуванням стабілізуючих агентів.

Практична значимість одержаних результатів. Розроблено технологію виробництва сухого кисломолочного сиру способом сушіння у завислому шарі. Визначено режими сушіння кисломолочного сиру з метою забезпечення високої інтенсивності процесу, скорочення питомих енерговитрат при максимальному збереженні показників якості. Встановлено концентрації стабілізуючих речовин, при яких відновлення сухого кисломолочного сиру досягає 90 %.

Розроблено проект нормативно-технічної документації на виробництво сухого знежиреного кисломолочного сиру.

Розроблена технологія сушіння кисломолочного сиру у завислому шарі була апробована на ВАТ “Галактон”.

Особистий внесок здобувача складається з розробки методики досліджень; проведенні теоретичних, експериментальних досліджень у лабораторних і виробничих умовах; узагальненні і публікації отриманих результатів; розробці технології і науково-технічної документації на виробництво сухого кисломолочного сиру.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи були повідомлені на щорічних наукових конференціях професорсько-викладацького складу і наукових співробітників ОНАХТ у період 1998–2003 рр., VI науково-методичній конференції “Людина та

навколишнє середовище – проблеми безперервної екологічної освіти у вузах” (Одеса, ОДАХ, вересень 1999 р.), VII науково–методичній конференції “Людина та навколишнє середовище – проблеми безперервної екологічної освіти у вузах” (Одеса, ОДАХ, вересень 2000 р.), науковій конференції “Нові технології та удосконалення процесів харчових виробництв” (Харків, ХДАТОП, квітень 1999 р.), ювілейній міжнародній науково–практичній конференції “Сучасні напрямки технології і механізація переробних і харчових виробництв” (Харків, ХДТУСГ, листопад 2000 р.).

Публікації. Результати дисертаційної роботи опубліковані в збірниках наукових праць – 5; тезах наукових конференцій – 2; наукових журналах – 1.

Структура й обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, п'ятих розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації викладено на 186 сторінках, включаючи 34 рисунка (на 23 стор.), 20 таблиць (на 15 стор.), список використаних джерел із 182 найменувань (на 17 стор.), 4 додатки (на 32 стор.).

Основний зміст роботи

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовані її наукова новизна та практична цінність, визначено загальну мету і спрямованість досліджень.

У першому розділі наведено огляд літературних джерел і патентних матеріалів, на підставі яких визначено конкретні завдання даної роботи, розв'язання котрих необхідне для досягнення мети. Наведено характеристику кисломолочного сиру як об'єкта сушіння.

Дано критичний огляд способів підвищення тривалості зберігання молочно–білкових продуктів: додавання консервантів, виробництво в асептичних умовах, застосування особливих видів упакування, інактивація ферментів і мікрофлори шляхом теплової обробки кисломолочних продуктів після сквашування, заморожування і зберігання при низьких температурах, консервування шляхом вилучення вологи методом сушіння різноманітними способами.

На основі даних аналізу літературних джерел зроблено висновок про перспективність розробки технології консервування кисломолочного сиру сушінням у завислому шарі, що дозволяє зберегти тривалий термін високі харчові і біологічні властивості, знизити витрати на транспортування продукції, створити резерви продуктів тривалого зберігання при низьких витратах у порівнянні з іншими способами сушіння.

Другий розділ розглядає об'єкти і методи дослідження. Об'єктом обрано знежирений кисломолочний сир, отриманий за традиційною технологією з додаванням та без додавання стабілізуючих добавок. Під час проведення експериментів використовували комплекс сучасних фізико–хімічних, біохімічних, мікробіологічних методів дослідження. Результати експериментальних даних обробляли методами математичної статистики на ЕОМ. Схема досліджень наведена на рис. 1. При проведенні досліджень визначались наступні показники:

U_P – рівноважний вологовміст; c'_m – питома ізотермічна вологоємність; δ – термоградієнтний коефіцієнт; $\left(\frac{\partial \mu}{\partial t}\right)_U$ – температурний коефіцієнт хімічного потенціалу; c – питома теплоємність; ρ – густина; a – коефіцієнт температуропровідності; λ – коефіцієнт теплопровідності; $\bar{t}$ – середньооб'ємна температура матеріалу; Rb – критерій Ребіндера; E – потенціал сушіння; t – температура сушильного агента; $W_{поч}^C$ – початковий вологовміст матеріалу; M/F – питоме навантаження матеріалу; τ – тривалість сушіння; A, β – масообмінні коефіцієнти; W_K – критичний вологовміст; N – швидкість постійного періоду сушіння; AC – амінокислотний склад; Π – перетравність “in vitro”; B_1 – тіамін; B_2 – рибофлавін; MC – мінеральний склад; B – відтворення; K_H – коефіцієнт набухання; K – титрована кислотність; pH – активна кислотність; CP – масова частка стабілізуючих речовин; O – органолептичні показники; MD – мікробіологічні дослідження; X – термін зберігання.

У третьому розділі наведено результати експериментальних досліджень тепло– і масообміну у процесі сушіння кисломолочного сиру в завислому шарі.

Рівноважний вологовміст і термодинамічні параметри вологопереносу визначали тензометричним способом при відносній вологості повітря $\phi = 5 \dots 90$ % і температурах повітря 0, 20 і 40 °С. У результаті аналізу ізотерм сорбції визначено форми зв'язку вологи з матеріалом: початкова ділянка ізотерм в інтервалі ϕ від 0 до 20...25 % характеризує мономолекулярну адсорбцію; ділянка ϕ від 20...25 до 60...66 % характеризує адсорбційно–зв'язану вологу у вигляді полімолекулярних прошарків; ділянка, починаючи з $\phi = 60 \dots 66$ %, характеризує вологу, зв'язану за рахунок капілярних сил і сил осмосу, утримувану в невизначених співвідношеннях.

Термодинамічні параметри вологопереносу наведено в табл.1.

Таблиця 1

Термодинамічні параметри вологопереносу

$t, ^\circ\text{C}$	Параметри	$U_P, \text{кг/кг сухої речовини}$								
		0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18
0	$C'_m \cdot 10^7, \text{моль/Дж}$	–	–	0,049	0,082	0,13	0,195	0,325	0,542	0,86

20	$C'_m \cdot 10^7$, моль/Дж	–	0,05	0,110	0,155	0,238	0,380	0,65	1,06	–
40	$C'_m \cdot 10^7$, моль/Дж	0,07	0,115	0,2	0,345	0,54	0,805	1,11	–	–
0–40	$(\partial \mu / \partial T) \cdot 10^{-5}$	–	–	0,91	0,825	0,55	0,262	0,14	0,083	–
0–40	$\delta \cdot 10^2$, 1/К	–	–	0,125	0,16	0,165	0,145	0,11	0,07	–

Термоградієнтний коефіцієнт при збільшенні рівноважного вологовмісту від 0 до 0,1 – зростає до максимального значення; при подальшому збільшенні – постійно зменшується. Подібна залежність обумовлена структурою матеріалу і характером переносу вологи в окремих інтервалах вологовмісту.

Наведено теплофізичні характеристики матеріалу (ТФХ): питому теплоємність, коефіцієнти теплопровідності і температуропровідності в діапазоні зміни вологовмісту $W^C = 5 \dots 230$ % і температури $t = 30 \dots 80$ °С.

Експериментальні дані ТФХ кисломолочного сиру наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Теплофізичні характеристики кисломолочного сиру при різних температурах і вологовмісту

Вол- гов- міст W^c , %	Коефіцієнт температуропровідності $a \cdot 10^8$, м²/с					Питома тепло- ємність c , Дж/кг· К	Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/м· К				
	Температура t , °С						Температура t , °С				
	30	40	50	60	80		30	40	50	60	80
230	10,55	11,34	12,30	14,47	14,80	3386	0,378	0,406	0,441	0,511	0,530
170	10,71	11,45	12,09	13,68	14,45	3208	0,369	0,395	0,418	0,450	0,50
124	10,48	11,20	11,80	13,05	13,70	3007	0,345	0,369	0,392	0,430	0,456
54	8,84	10,12	11,20	12,07	12,83	2471	0,242	0,277	0,307	0,331	0,352
24	7,56	8,87	9,89	10,77	11,41	2056	0,177	0,208	0,232	0,252	0,267
11	6,84	8,00	8,90	9,65	10,35	1807	0,146	0,170	0,190	0,206	0,220
5	6,50	7,46	8,15	8,57	9,40	1671	0,131	0,151	0,165	0,173	0,190

ТФХ досліджуваного матеріалу при зниженні вологовмісту в процесі сушіння зменшуються і мають нелінійну залежність від температури і вологовмісту, що можна пояснити структурною характеристикою зв'язку вологи в досліджуваному об'єкті.

Режим сушіння матеріалу визначається температурою. Наведено експериментальні дані по зміні температурного поля досліджуваного об'єкту в залежності від температури сушильного агенту при постійному питомому навантаженні 60 кг/м² (рис. 2).

Експериментально встановлено вплив початкового вологовмісту кисломолочного сиру на кінетику сушіння. Вільну частину структурно-зв'язаної вологи вилучали шляхом пресування з наступним гранулюванням матеріалу. Гранульований кисломолочний сир більш стійкий до

високих температур, крім того, тривалість сушіння скорочується внаслідок збільшення поверхні випаровування. При однакових розмірах зерен з усієї маси рівномірно вилучається волога. Аналіз даних (рис. 3) показує, що доцільно вилучати вільну вологу до 150 %, при цьому тривалість сушіння скорочується в 2 рази.

Збільшення питомого навантаження матеріалу в три рази призводить до збільшення тривалості сушіння до кінцевого вологовмісту 5 % у 1,1 рази.

Загальне рівняння тривалості процесу сушіння для кисломолочного сиру має такий вигляд

$$\tau = \frac{1}{N} \left[(W_1 - W_k) + 2,3A \lg \frac{W_k - W_p}{W_2 - W_p} + \beta (W_k - W_2) \right], \quad (1)$$

де N – максимальна швидкість сушіння в періоді постійної швидкості; W_1 , W_2 , W_k , W_p і W – відповідно початковий, кінцевий, критичний, рівноважний і поточний вологовміст в заданий момент сушіння, %; A , β , m – постійні безрозмірні коефіцієнти, що не залежать від вологовмісту матеріалу.

В результаті математичної обробки експериментальних даних визначили залежності, які дозволили отримати усі члени рівняння (1) (табл. 3).

Таблиця 3

Математичні залежності

Швидкість постійного періоду сушіння (N)	$N = 1 + 0,59 E \nu \rho \frac{F}{M_c} U_{н\alpha\psi}$
Масообмінні коефіцієнти: A β	$A = 1008 - 15,5 E_{cp}$ $\beta = 0,21 E_{cp} - 14,2$
Критичний вологовміст (W_k)	$W_k = 95 - 0,86 E_{cp}$

У четвертому розділі для обраного режиму сушіння проведена оцінка харчової цінності сухого кисломолочного сиру за показниками: амінокислотний склад, перетравність білків “in vitro”, вітамінний склад, мінеральний склад, утримання лактози.

Дослідження амінокислотного складу сухого кисломолочного сиру свідчать про те, що сумарна кількість амінокислот у всіх зразках знижується незначно в порівнянні з вихідним кисломолочним сиром. Найменші втрати амінокислот (5,1 %) спостерігаються в зразку, висушеному при температурі сушильного агента 90 °С. Втрати незамінних амінокислот при температурах повітря 90 °С і 100 °С складають 6,2 % і 8,7 %, відповідно; при низькотемпературному сушінні (60 °С) втрати незамінних амінокислот максимальні – 9,6 %. Встановлено, що при високотемпературному сушінні (110 °С) спостерігаються максимальні втрати лізину (33,4 %), метіоніну (30 %), фенілаланіну (17 %), валіну (7 %), тирозину (21 %) у

порівнянні з вихідним зразком.

Втрати вітаміну B_1 при температурі сушильного агента $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ складають – 13 %.

З підвищенням температури сушильного агента і відповідно зниженням тривалості процесу втрати вітаміну B_2 зменшуються. Так, при температурі сушильного агента $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ втрати складають 12,5 %; при температурі сушильного агента $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 8,7 %.

Відновлення сухого кисломолочного сиру складає 50–68 % у залежності від режиму сушіння.

Стабілізуючі речовини збільшують ступінь відновлення, так як характеризуються підвищеною гідрофільністю. Для дослідження впливу стабілізуючих речовин на відновлення були обрані речовини різноманітної природи: тваринного походження – желатин, рослинного – крохмаль картопляний желуючий та агар. Експериментальні дані подані в табл. 4

Введення агару в кількості 0,1% збільшує відновлення кисломолочного сиру в більшому ступені, ніж введення інших стабілізуючих добавок. З підвищенням концентрації агару в молоці не утворюється згусток.

Збільшення відновлення при введенні агару можна пояснити так званим механізмом колоїдного захисту білків, тобто захисту, який охороняє просторову сітку молочно-білкового гелю від ущільнення при втраті вологи в процесі теплової обробки.

Передбачається, що захист складається з декількох одночасно діючих чинників, які включають асоціацію казеїну з молекулами стабілізатора, зниження за допомогою стабілізатора поверхні натягу на межі поділу між частками казеїну і водою, і, таким чином, запобігання злиття часток казеїну, а також заміну гідратної оболонки казеїну на захисну оболонку зі стабілізатора.

Стабілізуючі речовини витримують термообробку і не втрачають свою гідратну спроможність, а також відновлюють зв'язуючі властивості при гідратації після сушіння, що позитивно впливає на консистенцію продукту.

Таблиця 4

Вплив концентрації стабілізуючих речовин на відновлення
сухого кисломолочного сиру

Стабілізуючі речовини	Титрована кислотність, $^{\circ}\text{T}$	Активна кислотність, pH	Відновлення β , %	Час відновлення τ , хв
Агар:				
0,05 %	180	3,81	69	60
0,1 %	210	3,68	91	90
0,2 %	205	3,71	90	80
Желуючий крохмаль:				
1 %	—	—	65	60
2 %	—	—	72	35
3 %	—	—	66	50
Желатин:				
1 %	—	—	63	60
2 %	—	—	65	60
0,5 %	—	—	59	60

Лимоннокислий натрій:				
0,1 %	140	3,30	61	50
0,5 %	168	3,37	64	50
1 %	158	3,60	72	65
2 %	244	3,81	74	60
Лимоннокислий натрій / лимоннокислий калій:				
1:0,5	240	3,71	64	55
1:1,0	252	3,83	85	90
1:1,5	214	3,82	92	100
1:2,0	218	3,96	92	65

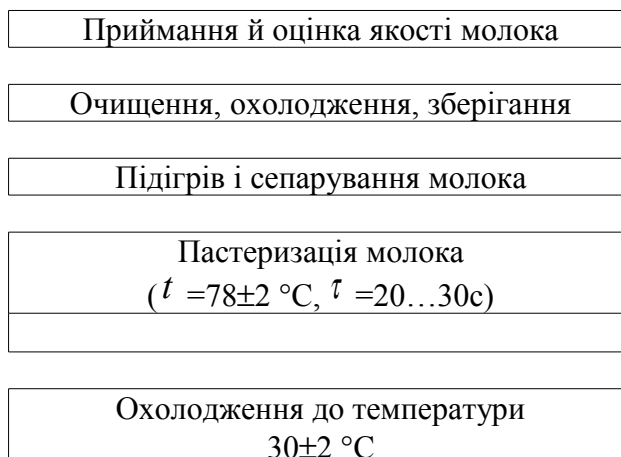
Ще одним із шляхів підвищення показників якості (відновлення) є використання різноманітних солей–стабілізаторів: тризаміщені лимоннокислий калій і лимоннокислий натрій, що вводили методом сухого змішування із сухим кисломолочним сиrom.

При введенні цих солей у кількості 1,5 % і 1,0 % до маси готового продукту, відповідно, відновлення складало 92 %; при цьому кисломолочний сир набував м'якої розсипчастої консистенції і характерного кисломолочного смаку. Кращі результати отримані при внесенні тризаміщеного лимоннокислого натрію і тризаміщеного лимоннокислого калію в співвідношенні 1:1,5 за масою сухого продукту.

Збільшення відновлення сухого кисломолочного сиру, поліпшення консистенції можна пояснити наступним. Кальцій знаходиться у кисломолочному сири у вигляді одно– дво– і тризаміщених солей. При сушінні одно– і двозаміщені фосфати кальцію перетворюються у важкорозчинні тризаміщені фосфати кальцію. При внесенні тризаміщених солей лимоннокислого натрію і лимоннокислого калію відбувається вилучення кальцію з казеїну, нерозчинні комплекси казеїну переходять у розчинну форму – казеїнати натрію і калію.

Дослідження органолептичних, мікробіологічних і фізико–хімічних показників при зберіганні сухого кисломолочного сиру в умовах відносної вологості повітря 75 % і температурі 15 ± 5 °C показало, що протягом 10 місяців не спостерігалось значних змін якості продукту.

У п'ятому розділі наведено розроблену технологію виробництва сухого кисломолочного сиру, отриманого у завислому шарі з поліпшеними показниками якості (рис. 4).



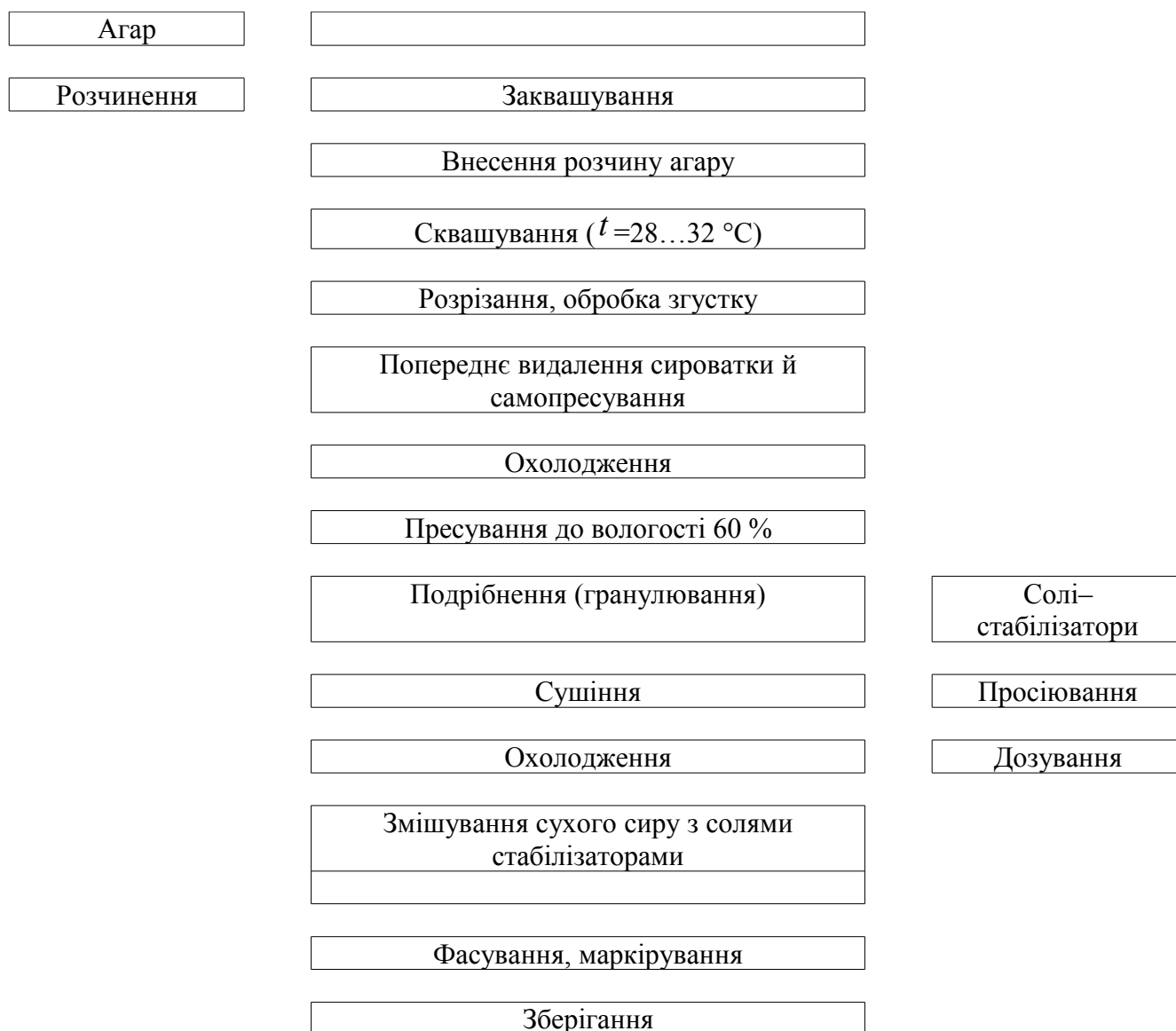


Рис. 4. Технологічна схема виробництва сухого кисломолочного сиру

При виробництві сухого кисломолочного сиру, крім традиційних технологічних операцій, у схемі передбачені додаткові – підготовка і внесення стабілізуючих добавок. Якщо передбачено рецептурою, то після заквашування вносять підготовлений розчин агару. Розрахункову масу агару змішують із знежиреним молоком температурою $18...20\text{ }^{\circ}\text{C}$, залишають для набрякання протягом 30 хв. і нагрівають при постійному перемішуванні до повного розчинення (температура $75...80\text{ }^{\circ}\text{C}$). Колоїдний розчин агару після охолодження до температури $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ використовують безпосередньо після готування.

Після сквашування, самопресування і охолодження, кисломолочний сир подають на шнековий прес, де сир зневоднюють до вологості 60 %. Пресування проводять при температурі $15...20\text{ }^{\circ}\text{C}$. У процесі пресування зерна кисломолочного сиру внаслідок своєї пластичності змінюють форму і злипаються один з одним. Для того, щоб процес сушіння протікав швидко і якісно, кисломолочний сир після пресування подрібнюють на виході зі шнекового пресу.

Підготовлений знежирений кисломолочний сир сушать у сушильних установках завислого шару. Параметри сушіння кисломолочного сиру: температура повітря на вході в сушильну камеру – 95 °С, швидкість повітря – 5 м/с, питоме навантаження матеріалу 80 кг/м², тривалість процесу – 25...30 хв.

Сухий кисломолочний сир вологістю не більш 5 % після сушіння охолоджують до температури 20 °С у системі пневмотранспорту або в апаратах завислого шару і спрямовують на дозувально–змішувальну станцію, призначену для дозування і змішування компонентів сипучих продуктів. З бункеру компоненти дозують – сухий кисломолочний сир і солі–стабілізатори – тризаміщений лимоннокислий натрій (1 %) і тризаміщений лимоннокислий калій (1,5 %), подають в змішувач. Після змішування готовий продукт направляють на фасування. Фасують у споживчу або транспортну тару.

Сухий кисломолочний сир зберігають при температурі не більш 20 °С і відносній вологості повітря не більш 75 %. Гарантійний термін зберігання при зазначених режимах – 10 місяців.

Розроблена технологія була апробована в промислових умовах ВАТ “Галактон”. Показники якості сухого кисломолочного сиру, отриманого у виробничих умовах і сиру після його відновлення наведено в табл. 5.

Використовуючи підхід, запропонований Харрінгтоном, на основі таких показників якості як амінокислотний скор, перетравність білків, вміст вітамінів В₁, В₂ і лактози, а також відновлюваність сухого кисломолочного сиру, було розраховано узагальнену функцію якості D та отримано її залежність від температури сушильного агента t

$$D = -2,3541 + 0,06272 \cdot t - 0,0003286 \cdot t^2,$$

яка є узагальненою моделлю оцінки якості просушеного сиру.

Використовуючи цю модель, визначили розрахункове оптимальне значення температури сушильного агента t = 95,4 °С, яка забезпечує найкращу якість просушеного у завислому шарі кисломолочного сиру (найбільше значення узагальнюючої функції D = 0,639).

Таблиця 5

Якісна характеристика сухого і відновленого кисломолочного сиру

Показники якості	Вихідний кисломолочний сир	Сухий кисломолочний сир	Відновлений кисломолочний сир
Білки, %	89	84,6	84,6
Лактоза, %	7,6	7,2	7,2
Зола, %	5,6	5,5	6,7
Макроелементи, мг:			
Na	196	198	296
K	520	522	870
P	860	853	853

<i>Ca</i>	552	550	557
<i>Mg</i>	110	104	105
Вітаміни, мг %:			
Тіамін	0,189	0,164	0,164
Рибофлавін	1,29	1,245	1,245
Титрована кислотність, °T	160	190	210
<i>pH</i>	3,95	3,88	3,80
Смак і запах	Чистий кисломолочний без сторонніх присмаків і запахів		
Консистенція	Однорідна пухка	Сухі дрібні гранули різноманітної форми	Однорідна, розсипчаста, крупитчата
Колір	Білий	Кремовий	Білий
Перетравність, %	91,5	95,6	93,0
Чистота продукту, група, не нижче	I	I	I

Проведений економічний розрахунок показав, що вартість 1 т сухого кисломолочного сиру, отриманого сушінням у завислому шарі, складає 18535,18 грн., тоді як вартість 1 т сухого кисломолочного сиру, отриманого сублімаційним сушінням, складає 84000 грн.

ВИСНОВКИ

1. Аналітично обґрунтована та експериментально розроблена технологія отримання сухого кисломолочного сиру сушінням у завислому шарі.
2. Розроблено раціональний режим підготування кисломолочного сиру перед сушінням: пресування до вологовмісту 150 % при температурі не більше 20 °C і подрібнення на гранули розміром 5 мм.
3. Отримані основні закономірності кінетики сушіння кисломолочного сиру у завислому шарі, які дозволили встановити, що:
 - збільшення питомого навантаження матеріалу в три рази призводить до збільшення тривалості сушіння до кінцевого вологовмісту 5 % у 1,1 рази;
 - зниження початкового вологовмісту кисломолочного сиру з 250 % до 150 % шляхом пресування скорочує тривалість сушіння в 2 рази, що призводить до підвищення якості сухого продукту та економії енергоресурсів;
 - збільшення температури сушильного агенту з 60 до 100 °C знижує тривалість сушіння в 4 рази.

Визначено раціональний режим сушіння кисломолочного сиру: температура сушильного агенту – 95 °C; швидкість сушильного агенту – 5 м/с; питоме навантаження матеріалу – 80 кг/м²; початковий вологовміст кисломолочного сиру – 150 %.

4. Встановлено закономірності зміни фізико–хімічних і теплофізичних властивостей кисломолочного сиру в залежності від температурних режимів сушіння у завислому шарі.
5. Встановлено, що при введенні агару в кількості 0,1 % відносно маси молока, з якого виробляють кисломолочний сир, відновлення сухого кисломолочного сиру складає 90 %.
6. Запропоновано вносити солі-стабілізатори для збільшення відновлення сухого кисломолочного сиру при набряканні. При додаванні 1 % тризаміщеного лимоннокислого натрію і 1,5 % лимоннокислого калію відновлення збільшується на 54 %.
7. Встановлено, що термін зберігання сухого кисломолочного сиру при температурі $15\pm 5^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості повітря не більше 75 % складає 10 місяців.
8. Розроблено технологію і проект нормативно–технічної документації на виробництво сухого кисломолочного сиру способом сушіння у завислому шарі. Технологія апробована у виробничих умовах ВАТ "Галактон". Вартість сухого кисломолочного сиру за розробленою технологією складає 18535,18 грн. за 1 т, що в 4,5 рази дешевше, ніж 1 т сухого кисломолочного сиру, отриманого методом сублімаційного сушіння.

Перелік робіт, які опубліковані за темою дисертації

1. Гришин М.О., Недобійчук Т.В. Кінетичні дослідження процесу сушіння домашнього сиру в завислому шарі //Наукові праці Одеської державної академії харчових технологій. – Одеса: ОДАХТ – 1999. – Вип. 20. – С. 229–234.

Здобувачем проведено експериментальні дослідження сушіння домашнього сиру в завислому шарі, отримано кінетичні закономірності.

2. Гришин М.О., Недобійчук Т.В. Кінетика сушіння кисломолочного сиру в завислому шарі //Зб. наукових праць “Нові технології та удосконалення процесів харчових виробництв”. – Харків: ХДТАТОХ. – 1999. – С. 178–152.

Здобувачем досліджено вплив температури і потенціалу сушильного агенту та питомого навантаження матеріалу на процес сушіння, проведена математична обробка експериментальних даних і отримані основні рівняння для визначення тривалості сушіння.

3. Гришин М.А., Недобійчук Т.В. Технология производства сухих кисломолочных продуктов методом сушки во взвешенном слое //Зб. наукових праць “Людина та навколишнє середовище – проблеми безперервної екологічної освіти в вузах”. – Одеса: ОДАХ. – 1999. – С. 129–130.

Здобувачем проведені дослідження і обґрунтована можливість виробництва сухих кисломолочного сиру і домашнього сиру методом конвективного сушіння в завислому шарі.

4. Гришин М.А., Недобійчук Т.В. Исследование теплофизических характеристик творога при тепловой сушке //Зб. наукових праць “Людина та навколишнє

середовище – проблеми безперервної екологічної освіти в вузах”. – Одеса: ОДАХ. – 2000. – С. 79.

Здобувачем досліджено вплив температури та вологовмісту матеріалу на теплофізичні характеристик кисломолочного сиру.

5. Гришин М.А., Недобийчук Т.В. Изменение теплофизических характеристик творога в процессе сушки во взвешенном слое //Холодильная техника и технология. –2000. – № 68. С. 86–89.

Здобувачем удосконалено дослідження впливу температури та вологовмісту матеріалу на теплофізичні характеристик кисломолочного сиру. Отримані залежності необхідні для вибору раціональних режимів сушіння.

6. Недобийчук Т.В. Відновлення сухого кисломолочного сиру, отриманого способом інтенсифікованого сушіння в завислому шарі. //Наукові праці Одеської державної академії харчових технологій. – Одеса: ОДАХТ – 2001. – Вип. 22. – С. 11–14.
7. Гришин М.О., Недобийчук Т.В. Рівноважний вологовміст і термодинамічні параметри вологопереносу кисломолочного сиру в процесі сушіння. // Зб. наукових праць “Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв”. – Харків: ХДТУСГ. – 2001. – Вип. 5. – С. 295–302.

Представлено результати дослідження рівноважного вологовмісту сухого кисломолочного сиру, отриманого методом конвективного сушіння в завислому шарі. Визначені види зв'язку вологи з матеріалом і термодинамічні параметри вологопереносу.

8. Недобийчук Т.В., Гришин М.О. Зміна фізико–хімічних, органолептичних і мікробіологічних показників сухого кисломолочного сиру при зберіганні. //Наукові праці Одеської державної академії харчових технологій. – Одеса: ОДАХТ – 2002. – Вип. 23. – С. 142–144.

Здобувачем досліджено вплив умов збереження на зміну якісних показників сухого і відновленого кисломолочного сиру. Встановлено термін зберігання сухого кисломолочного сиру, при якому не спостерігалось погіршення якості сухого продукту.

АНОТАЦІЯ

Недобийчук Т.В. Розробка технології сушіння кисломолочного сиру у завислому шарі. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.04 – технологія м'ясних, молочних та рибних продуктів. – Одеська національна академія харчових технологій. Одеса. 2003.

Дисертація присвячена розробці та обґрунтуванню технології сушіння кисломолочного

сиру у завислому шарі. Досліджено вплив параметрів сушіння і стабілізуючих добавок на фізико–хімічні, мікробіологічні і органолептичні показники якості сухого та відновленого кисломолочного сиру.

На основі отриманих результатів для кращого відновлення запропоновано використовувати в якості стабілізуючих добавок агар і солі–стабілізатори – тризаміщений лимоннокислий натрій та лимоннокислий калій і визначено їх оптимальну кількість. Розроблена технологія дозволяє отримати продукт тривалого зберігання, якій після відновлення за своїми органолептичними і фізико–хімічними показниками не поступається свіжому кисломолочному сиру.

Розроблено проект науково–технічної документації на сухий кисломолочний сир. Проведена апробація показала високу економічну ефективність розробленої технології.

Ключові слова: кисломолочний сир, кінетика сушіння, технологічні параметри, стабілізуючі добавки, відновлення, сухий кисломолочний сир.

АННОТАЦІЯ

Недобийчук Т.В. Разработка технологии сушки творога во взвешенном слое. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.04 – технология мясных, молочных и рыбных продуктов. – Одесская национальная академия пищевых технологий. Одесса. 2003.

Диссертация посвящена разработке и обоснованию технологии сушки творога во взвешенном слое. Разработаны параметры сушки творога: температура сушильного агента – 90 °С, скорость сушильного агента – 5 м/с, продолжительность – 30 мин, удельная нагрузка продукта – 80 кг/м², начальная влажность продукта – 150 %. Определено изменение теплофизических характеристик творога в зависимости от влагосодержания продукта. Построены изотермы сорбции и определены зоны мономолекулярного, полимолекулярного и капиллярного слоев влаги: в диапазоне равновесного влагосодержания ниже 25% удаляется влага мономолекулярных слоев; 25–66% – полимолекулярных слоев; выше 66% – капиллярных слоев.

Установлено влияние начального влагосодержания на кинетику сушки. Снижение влагосодержания творога до 150 % путем прессования сокращает продолжительность сушки в 2 раза, что приводит к повышению качества продукта и снижению энергоресурсов.

Для выбранного режима сушки проведена оценка пищевой ценности сухого творога по показателям: аминокислотный состав, переваримость белков “in vitro”, витаминный состав, минеральный состав, количество лактозы. Исследованы органолептические, микробиологические показатели.

Восстанавливаемость сухого творога составляет 48–60 %. С целью увеличения восстанавливаемости предложено использовать стабилизирующие вещества. Определено влияние

стабилизирующих веществ на восстанавливаемость сухого творога: при введении в молоко агара в количестве 0,1 % с последующей выработкой из него творога восстанавливаемость сухого творога увеличивается до 90 %. При внесении солей–стабилизаторов в количестве 1 % трехзамещенного лимоннокислого натрия и 1,5 % трехзамещенного лимоннокислого калия восстанавливаемость увеличивается на 54 % по сравнению с сухим творогом без внесения стабилизирующих добавок. При этом консистенция, вкус и запах восстановленного творога соответствуют ГОСТу.

На основании исследований микробиологических показателей и физико–химических свойств установлен гарантийный срок хранения сухого творога – 10 месяцев при относительной влажности воздуха не более 75 % и температуре окружающей среды 15 ± 5 °С.

Разработана технология производства сухого творога, полученного сушкой во взвешенном слое. При производстве сухого творога кроме традиционных технологических операций предусмотрены дополнительные – подготовка и внесение стабилизирующих добавок. Раствор агара вносят после заквашивания молока. После сквашивания, самопрессования и охлаждения творог обезвоживают до влажности 60 % и затем измельчают на гранулы размером не более 5 мм. После высушивания в сухой творог добавляют соли – стабилизаторы (трехзамещенные лимоннокислый натрий и лимоннокислый калий).

Разработан проект научно–технической документации на сухой творог. Технология апробирована в производственных условиях. Проведен расчет экономических показателей. Стоимость 1 т сухого творога, полученного сушкой во взвешенном слое, составляет 18535,18 грн.

Ключевые слова: творог, кинетика сушки, технологические параметры, стабилизирующие добавки, восстанавливаемость, сухой творог.

THE SUMMARY

Nedobyichuk T. Mining of technology of drying of cottage cheese in a fluidized layer. – Manuscript.

Thesis on competition of a scientific degree of the candidate of engineering science on a speciality 05.18.04 – technology of meat, milk and fish products. – Odessa national academy of food technologies. Odessa. 2003.

The thesis is dedicated to mining and substantiation of technology of drying of cottage cheese in a fluidized layer. Influencing parameters of drying and stabilizing agents on physico–chemical, microbiologic and organoleptic figure of merits of dry and recovered cottage cheese is investigated.

On the basis of the obtained outcomes for the best recovery it is offered to use in qualities of stabilizing agents an agar and salts – deflocculants – trisubstituted sodium citrate and potassium citrate and their optimum quantity is determined. The designed technology allows to receive a product of continuous storage, which one after recovery on the organoleptic and physico–chemical parameters does

not succumb to fresh cottage cheese.

The project of the technological documentation on dry cottage cheese is designed. The conducted approbation has shown a high economic efficiency of designed technology.

Keywords: cottage cheese, kinetics of drying, technological parameters stabilizing components, recovery, dry cottage cheese.