

УДК 637.1

ЕДН EQMJEL

DOI 10.71453/3034-4174-2025-1-61-69



ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВАКУУМНОЙ СУШКИ ТВОРОГА

Ермолаев Владимир Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры биотехнологий и производства продуктов питания¹

¹Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкого, г. Кемерово, Россия

Аннотация. Цель данной работы заключается в исследовании влияния начальной массовой доли влаги творога на характер процесса вакуумной сушки и качественные показатели сухого творога. В данной статье приведены результаты по исследованию процессов вакуумной сушки творога. С помощью математического моделирования получено уравнение, позволяющее определять продолжительность сушки в зависимости от величины массовой доли влаги творога-сырья. Установлено, что при увеличении влажности творога-сырья происходит увеличение скорости сушки и продолжительности процесса.

Начальная массовая доля влаги творога не влияет на качественные характеристики сухого творога. На качественные характеристики сухого творога влияет режим вакуумной сушки. Для сокращения процесса вакуумной сушки можно использовать творог с меньшей начальной массовой долей влаги. С уменьшением общей влажности творога за счет поверхностной влаги и влаги смачивания продолжительность сушки изменяется на 3,6 минуты из расчета на 1 % удаленной влаги. В конечном продукте – сухом твороге – измеряли массовую долю влаги и сухого вещества. Результаты исследований показали, что влажность сухого творога, независимо от первоначальной, равна 4,2–4,4 %, что соответствует ГОСТу 33629-2015 «Консервы молочные», согласно которым влажность сухих молочных продуктов должна быть не более 5,0 %.

Ключевые слова: вакуумная сушка, творог, влажность, продолжительность сушки, органолептические показатели.

INVESTIGATION OF THE PROCESSES OF VACUUM DRYING OF COTTAGE CHEESE

Ermolaev Vladimir A., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Biotechnology and Food Production¹

¹Kuzbass State Agricultural University, Kemerovo, Russia

Abstract. The purpose of this work is to study the effect of the initial mass fraction of moisture in cottage cheese on the nature of the vacuum drying process and the quality indicators of dry cottage cheese. This article presents the results of a study of the processes of vacuum drying of cottage cheese. Using mathematical modeling, an equation was obtained that allows determining the drying time depending on the mass fraction of moisture in the raw cottage cheese. It was found that with an increase in the moisture content of the raw cottage cheese, the drying rate and duration of the process increase.

The initial mass fraction of moisture in cottage cheese does not affect the quality characteristics of dry cottage cheese. The quality characteristics of dry cottage cheese are affected by the vacuum drying mode. To shorten the vacuum drying process, cottage cheese with a lower initial mass fraction of moisture can be used. With a decrease in the total moisture content of cottage cheese due to surface moisture and wetting moisture, the drying time changes by 3,6 minutes per 1% of the removed moisture. In dry cottage cheese, the mass fractions of moisture and dry matter were controlled. The results of the studies showed that the moisture content of dry cottage cheese, regardless of the initial content, is equal to (4,2–4,4) %.

Keywords: vacuum drying, cottage cheese, moisture content, drying time, organoleptic properties.

Введение

Творог относится к белковым продуктам питания, содержащим большое количество кальция, витаминов А, Е и группы В и других микронутриентов. По нормам потребления молочной продукции, согласно рекомендациям Минздрава РФ, каждый человек в год должен съедать до 10 кг этого продукта для поддержания собственного здоровья и профилактики различных неинфекционных заболеваний. Но далеко не во всех регионах и территориях РФ имеется возможность для разведения крупного рогатого скота, и, соответственно, население слабо обеспечено молочными

продуктами. Доставка и обеспечение продуктами питания населения этих регионов имеет сложную логистику и высокую себестоимость, поскольку, кроме транспортных расходов, включена, в том числе, и стоимость хранения.

Творог, предназначенный для краткосрочного хранения и реализации, на конечной стадии технологического процесса производства следует интенсивно охлаждать до температуры 4 ± 2 °С, а предназначенный для длительного хранения в межсезонный период – быстро замораживать. С учетом вязкости творога и низких теплофизических показателей его целесообразно охлаждать упакованным. Оптимальная температура, до которой следует охлаждать творог, – от 0 до 4 °С.

Для длительного сохранения исходных качеств творога, кроме хранения в замороженном состоянии, используют сушку, прежде всего вакуумную [3; 6].

Исследователями проведены исследования по получению сухого творога с использованием имеющихся распылительных сушильных установок. Результаты экспериментальных выработок, проведенных на лабораторной сушилке Ниро-Атомайзер и распылительной установке ЦТ-300 (производительность – 300 кг испаренной влаги в час), показали возможность обезвоживания творога методом распыления [4; 7]. Данный способ сушки творога не получил широкого распространения из-за достаточно сложного процесса подготовки творожной суспензии и больших энергетических затрат.

Разработка технологии сублимационной сушки творога уже известна, но, как правило, сама технология не применяется. Из-за сложности технологии, дороговизны применяемого оборудования, продолжительности процесса технология сублимации творога не получила промышленного распространения [8].

Скорость сушки зависит от начальной влажности продукта, поскольку в продукте влага имеет различные формы связи с материалом. При увеличении начальной влажности продукта скорость сушки увеличивается, а интенсивность нагрева продукта – снижается [1; 7; 8]. Это связано, прежде всего, с качественными характеристиками казеина как одного из основных белков молока и его продуктов. Например, в работе [12] ученые-исследователи рассматривали варианты сушки казеина-сырца в зависимости от начальной массовой доли влаги. Отмечено, что подача в сушилку казеина-сырца с высоким содержанием влаги неблагоприятно отражается на ходе процесса сушки и качестве готового продукта. Казеин прилипает к несущим

поверхностям, забивает отверстия сушильных лотков, конвейеров и других транспортных устройств, затрудняя циркуляцию через них воздуха. В таком казеине во время сушки возможно молочнокислое брожение, готовый продукт будет иметь высокую кислотность и пониженную стойкость. Он будет также не однородным по содержанию влаги и цвету. На сухих частицах такого продукта могут появиться специфические белые пятна, являющиеся зонами пересушенного и плохо растворимого казеина [9; 10].

На основании анализа источников литературы можно сделать вывод, что влажность продукта является важным параметром, определяющим процесс сушки.

Цель данной работы заключается в исследовании влияния начальной массовой доли влаги творога на характер процесса вакуумной сушки и качественные показатели сухого творога.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования были выбраны образцы творога с массовой долей влаги от 58,5 до 78,1 % [2]. Вакуумную сушку творога проводили при ранее установленных нами параметрах [5].

Массовую долю влаги в твороге определяли арбитражным методом по ГОСТ 3626-73. Органолептическую оценку сухого творога проводили по методике, приведенной в работе [5].

Результаты

В ходе нашего исследования были определены параметры измерения для последующей характеристики конечного продукта после сушки, а также необходимые условия для проведения эксперимента. На основании предварительных экспериментальных исследований с учетом всех критериев и математического моделирования были определены рациональные режимные и технологические параметры.

К режимным параметрам вакуумной сушки относится температура, плотность теплового потока и остаточное давление. Технологическими параметрами являются толщина слоя сушки и диаметр гранул творога.

Температура сушки творога, а также плотность теплового потока оказывают решающее влияние на характер процесса сушки. Плотность теплового потока определяется как количество теплоты, переданное к высушиваемому продукту от нагревателей на площади 1 м² высушиваемого

продукта. Кроме того, необходимо учитывать величину остаточного давления в вакуумной камере, так как остаточное давление влияет на температуру насыщенных водяных паров, а следовательно и на продолжительность сушки.

Вакуумная сушка – сложный технологический процесс, зависящий от ряда параметров, часто противоречащих друг другу. Выбор критериев сушки определялся нами по качественным и количественным показателям.

Рациональные режимные и технологические параметры обеспечивают скорость сушки, то есть минимальную продолжительность вакуумной сушки и высокие качественные показатели сухого продукта. Вакуумную сушку творога осуществляли при температуре 60 °С, плотности теплового потока – 3,68 кВт/м², остаточном давлении – 4–5 кПа. Толщина слоя сушки была равна 15 мм и диаметр гранул от 1–2 до 4–5 мм [5; 6].

В таблице ниже приведена массовая доля влаги, образцов творога.

Таблица

Массовая доля влаги образцов творога

Номер образца	Массовая доля влаги творога, %	
	до сушки	после сушки
1-й	78,1	4,4
2-й	74,4	4,3
3-й	68,3	4,3
4-й	63,73	4,2
5-й	58,7	4,2

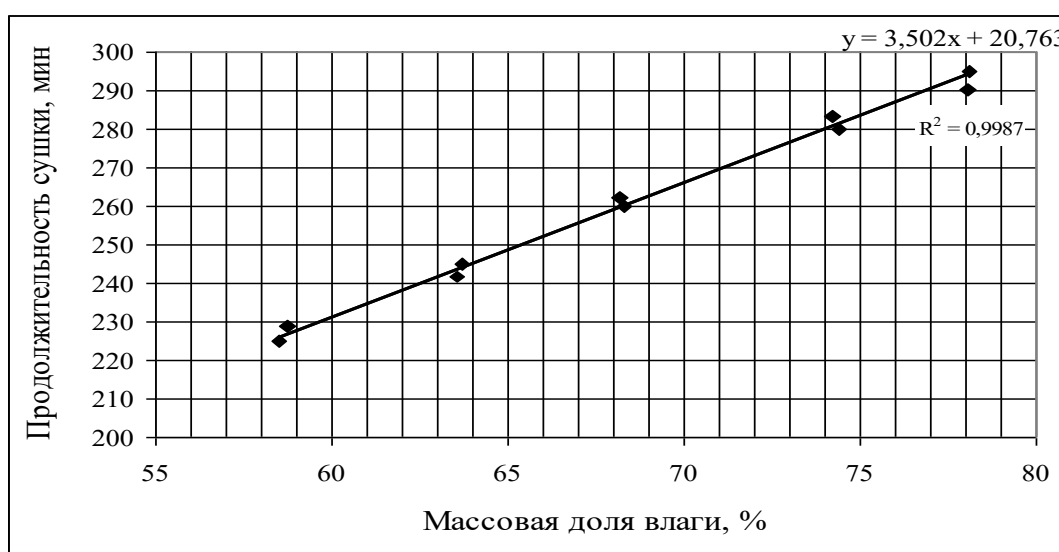


Рис. 1. Продолжительность вакуумной сушки творога в зависимости от начальной массовой доли влаги

Качественные показатели определялись по результатам органолептического, физико-химического, микробиологического, реологического анализа образцов сухого творога, а также по результатам его восстановительной способности. Количественные показатели характеризуют продолжительность сушки и затраты энергии на осуществление процесса.

При обработке экспериментальных данных получено уравнение зависимости продолжительности вакуумной сушки творога от массовой доли влаги (рис. 1):

$$y = 3,502 \cdot x + 20,763,$$

где x – массовая доля влаги творога, %

Данное уравнение справедливо в диапазоне изменения массовой доли влаги творога-сырья от 58,7 до 78,1 %. Величина достоверности аппроксимации уравнения составляет 0,9987. Уравнение позволяет расчетно-аналитическим путем определить продолжительность сушки обезжиренного творога в зависимости от начальной массовой доли влаги. Что позволило отказаться от проведения длительных по времени и энергоемких по потребляемой электроэнергии экспериментов. На рисунке 2 представлены графики изменения влажности в процессе вакуумной сушки творога.

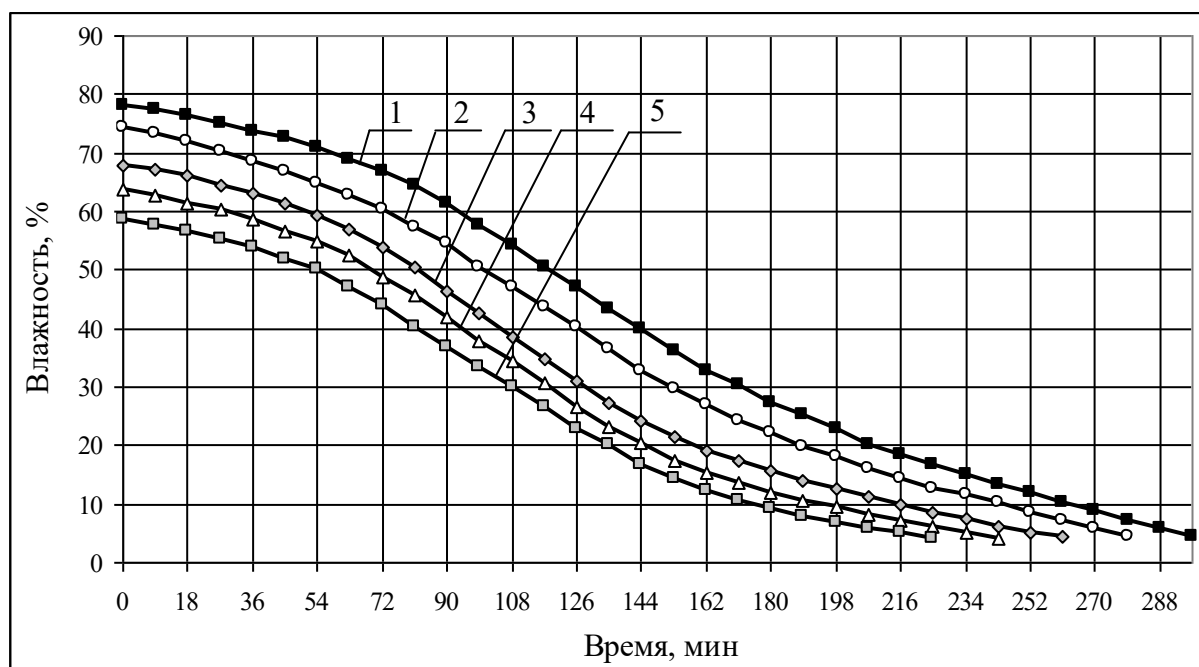


Рис. 2. Динамика изменения влажности

Начальная влажность образцов: 1 – 78,1 %; 2 – 74,4 %; 3 – 68,3 %;
4 – 63,7 %; 5 – 58,5 %

При высокой начальной влажности творога продолжительность процесса вакуумной сушки дольше, чем при более низкой доле влаги.

Известно, что кривые сушки характеризуются изменением интегральной влажности и температуры по времени. Наблюдения за изменением интегральных кривых сушки и кривых скорости сушки в зависимости от начальной массовой доли творога позволили выявить закономерности, согласующиеся с теорией А.С. Гинзбурга, по сушке зерна. Если творог имеет большую массовую долю влаги так же, как и при сушке зерна, процесс испарения интенсифицируется, то есть скорость сушки увеличивается.

С увеличением влажности творога происходит увеличение скорости сушки и продолжительности процесса. Казалось бы, при увеличении скорости сушки процесс должен сокращаться, а он увеличивается. Это можно объяснить на примере сушки образцов творога с начальной влажностью 58,5 и 78,1 %. При влажности 78,1 % скорость сушки в начальный период больше, чем при влажности 58,5 %. Чтобы определить расчетное время сушки творога, необходимо рассчитать время сушки творога с влажностью 78,1% до 58,5%.

Этот отрезок времени объясняет увеличение продолжительности сушки при начальной влажности творога 78,1 %. А также у творога с начальной влажностью 78,1 % по достижении влажности 58,5 % скорость сушки снижается и становится практически равна скорости сушки образца творога-сырья с начальной влажностью 58,5 %.

Разница между максимальной влажностью образцов творога 78,1 % и минимальной 58,5 % составляет 19,6 %. В среднем начальная влажность творога между смежными образцами изменяется на 5 %, а продолжительность сушки при этом изменяется на 15–20 минут.

Н.Г. Алексеевым [11] на основе изотерм сорбции-десорбции влаги в твороге было определено процентное содержание поверхностной влаги и влаги смачивания, сумма которых составляет 21,3 %. Если разница между максимальной и минимальной начальной влажностью творога составляет 19,6 %, а разница между продолжительностью сушки при этом 70 минут, то для удаления из творога 1 % поверхностной влаги и влаги смачивания необходимо затратить 3,6 минуты.

Для подтверждения готовности конечного продукта – сухого творога – проводили контроль массовых долей влаги и сухого вещества. Результаты

исследований показали, что влажность сухого творога независимо от первоначальной равна 4,2–4,4 %.

Образцы сухого творога имели органолептическую оценку от 29,6 до 29,4 балла из максимально возможных 30. Органолептическую оценку проводили по специально разработанной методике для оценки качества сухого творога. Данная методика приведена в работе [5].

Заключение

Таким образом, результаты исследования влияния массовой доли влаги творога-сырья на характер процесса сушки подтверждают:

- начальная массовая доля влаги творога не влияет на качественные характеристики сухого творога. На качественные характеристики сухого творога влияет режим вакуумной сушки;

- для сокращения процесса вакуумной сушки можно использовать творог с меньшей начальной массовой долей влаги. С уменьшением общей влажности творога за счет поверхностной влаги и влаги смачивания продолжительность сушки изменяется на 3,6 минуты из расчета на 1 % удаленной влаги.

Список источников

1. Гинзбург, А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. Москва : Пищевая промышленность, 1973. 528 с.
2. ГОСТ Р 52096-2003. Творог. Технические условия. Москва : Изд-во стандартов, 2003. 8 с.
3. Технологические основы интегрированных систем сушки и хранения семян / Ю.Ж. Дондоков, И.Н. Аммосов, Т.И. Афанасьева, Т.А. Парникова // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. 2024. № 4 (95). С. 59–68.
4. Проблемы и перспективы развития технологий аэрирования зерна / В.М. Дринча, Ю.Ж. Дондоков, И.Н. Аммосов, Н.П., Александров, Ч.Г. Машиев // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. 2024. № 3 (94). С. 30–40.
5. Ермолаев, В.А. Разработка технологии вакуумной сушки обезжиренного творога: дис. ... канд. техн. наук 05.18.04 / Ермолаев Владимир Александрович. Кемерово, 2008. 134 с.

6. Ермолаев, В.А., Захаров, С.А. Теоретическое обоснование основ консервирования сушкой и практическая реализация технологии вакуумной сушки творога : моногр. Кемерово, 2009. 176 с.
7. Ермолаев, В.А., Шушпанников, А.Б. Исследование показателя активности воды сухих молочных продуктов // Техника и технология пищевых производств. 2010. № 2. С. 84–88.
8. Ермолаев, В.А., Иваненко, О.Н., Онюшев, М.В. Разработка температурных режимов вакуумного концентрирования молока // Вестник КрасГАУ. 2016. № 9. С. 121–127.
9. Курбанова, М.Г., Ермолаев, В.А. Исследование гигроскопических свойств и активности воды молочно-белковых концентратов // Вестник КрасГАУ. 2011. № 8. С. 233–236.
10. Просеков, А.Ю., Ермолаев, В.А. Подбор остаточного давления для вакуумного концентрирования жидких молочных продуктов // Достижение науки и техники АПК. 2010. № 6. С. 69–70.
11. Радаева, И.А., Шулькина, С.П. Сушка молочных продуктов методом сублимации: обзорная информация. Москва : ЦНИИИ и ТЭИ мясомолпром СССР, 1973. 48 с.
12. Табачников, В.П., Крашенин, П.Ф., Хахлов, В.Ф. Прессование, дробление и сушка казеина: обзорная информация. Москва, 1971. 56 с.