

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3S-52-56>

Поступила 28.06.2021

Поступила после рецензирования 05.08.2021

Принята в печать 18.08.2021

<https://www.fsjour.com/jour>

Научная статья

БУФЕРНАЯ ЕМКОСТЬ ВОДОРАСТВОРИМОЙ ФРАКЦИИ СЫРОВ КАК ОДИН ИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗРЕЛОСТИ

Григорьева А.И.

Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Углич, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:*сыр, водорастворимая фракция, степень зрелости, буферная емкость***АННОТАЦИЯ**

С целью установления возможности использования результатов измерения буферной емкости водорастворимой фракции сыров для оценки степени их зрелости проведен анализ кривых потенциометрического титрования, на которых выявлено наличие двух зон буферности: в диапазонах pH от $5,7 \pm 0,1$ до $6,7 \pm 0,1$ (обусловлена действием слабых кислот и их солей) и от $7,0 \pm 0,1$ до $11,0 \pm 0,1$ (обусловлена белками и продуктами их гидролиза). В зоне, обусловленной действием белкового буфера, были выделены два диапазона pH (от 8 до 9 и от 9 до 10), в которых исследовалось изменение буферной емкости водорастворимой фракции сыра в процессе его созревания в течение 60 суток. Наибольшая интенсивность изменения буферной емкости была отмечена в диапазоне pH от 9 до 10, что позволило рассматривать крайние значения этого диапазона pH в качестве задаваемых значений при определении буферной емкости методом потенциометрического титрования. Результаты исследований используются при разработке методики определения степени зрелости сыра, основанной на измерении буферной емкости его водорастворимой фракции методом потенциометрического титрования до заданного значения pH. Внедрение в лабораторную практику исследовательских и производственных лабораторий разработанной методики позволит расширить арсенал методов оценки качества сыров и при наборе достаточного количества данных о буферной емкости растворимой фракции сыров установить контрольные диапазоны значений для оценки степени их зрелости.

БЛАГОДАРНОСТИ: Автор выражает благодарность доктору технических наук Лепилкиной Ольге Валентиновне за научное руководство при выполнении работы и помощь в написании статьи

Received 28.06.2021

Accepted in revised 05.08.2021

Accepted for publication 18.08.2021

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

BUFFER CAPACITY OF WATER-SOLUBLE FRACTION OF CHEESE AS ONE OF RIPENESS INDICATORS

Anastasia I. Grigorieva

All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking - Branch of the V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, Uglich, Russia

KEY WORDS:*cheese, water-soluble fraction, degree of maturity, buffer capacity***ABSTRACT**

In order to establish the possibility of using the results of measuring the buffer capacity of the water-soluble fraction of cheeses to assess their maturity, an analysis of potentiometric titration curves was carried out, which revealed the presence of two zones of buffering: in the pH ranges from 5.7 ± 0.1 to 6.7 ± 0.1 (due to the action of weak acids and their salts) and from 7.0 ± 0.1 to 11.0 ± 0.1 (due to proteins and products of their hydrolysis). In the zone caused by the action of the protein buffer, two pH ranges were identified (from 8 to 9 and from 9 to 10), in which the change in the buffer capacity of the water-soluble fraction of cheese was studied during its ripening for 60 days. The greatest intensity of the change in the buffer capacity was noted in the pH range from 9 to 10, which made it possible to consider the extreme values of this pH range as preset values when determining the buffer capacity by potentiometric titration. The research results are used in the development of a method for determining the degree of maturity of cheese, based on measuring the buffer capacity of its water-soluble fraction by potentiometric titration to a given pH value. The introduction of the developed methodology into the laboratory practice of research and production laboratories will allow to expand the arsenal of methods for assessing the quality of cheeses and, with a sufficient amount of data on the buffer capacity of the soluble fraction of cheeses, to establish control ranges of values to assess their degree of maturity

ACKNOWLEDGEMENTS: The author expresses his gratitude to Olga Valentinovna Lepilkina, Doctor of Technical Sciences, for scientific guidance during the work and help in writing the article

1. Введение

Одной из важных задач, стоящих перед учеными в области сыроделия, является разработка стандартизованного метода оценки степени зрелости сыра. От правильной иден-

тификации зрелых сыров и сыров без созревания зависит их стоимость в торговых сетях, а также определение таможенной пошлины на продукты сыроделия при пересечении границ между странами. Для решения этой задачи в разное

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Григорьева, А.И. (2021). Буферная емкость водорастворимой фракции сыров как один из показателей зрелости. *Пищевые системы*, 4(3S), 52-56. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3S-52-56>

FOR CITATION: Grigorieva, A.I. (2021). Buffer capacity of water-soluble cheese fraction as one of the indicators of maturity. *Food systems*, 4(3S), 52-56. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3S-52-56>

время использовались различные подходы, среди которых особым вниманием заслуживает метод определения зрелости сыра по буферной емкости [1,2].

Буфером или буферной системой называют комплекс соединений, способный поддерживать постоянный pH при добавлении кислот и щелочей. В молоке буферные системы представлены солями основного и кислотного характеров: гидрофосфатами, цитратами, карбонатами, а также белками, которые проявляют свойства как оснований, так и слабых кислот из-за наличия в их молекулах аминогрупп и карбоксильных групп [3]. При преобразовании молока в сыр и его последующим созревании меняется состав буферной системы, буферная емкость сыра увеличивается, что объясняется увеличением количества продуктов протеолиза, обладающих большей буферностью по сравнению с исходными белками вследствие увеличения количества кислотных и основных групп.

Компоненты, которые влияют на буферную способность сыра, условно можно разделить на две категории: 1) белки и 2) слабые кислоты, основания и соли. Белки и продукты их гидролиза, а также свободные аминокислоты вносят основной вклад в буферизацию pH в любой биологической системе, включая сыр или молоко. Помимо белков в формировании буферной системы в сыре участвуют небелковые вещества (слабые кислоты, основания, соли). Наиболее важными из них являются соли кальция и магния: фосфаты, цитраты, лактаты, карбонаты, ацетаты и пропионаты. Различные химические вещества, вносящие вклад в буферизацию pH сыра, проявляют свое действие в различных областях pH. Так, например, коллоидный фосфат кальция и глутамат натрия проявляют максимальное действие в диапазоне pH от 4,5 до 5,5, молочная кислота вносит свой вклад в буферизацию сыра при pH меньше 5,0 [4].

Было установлено увеличение буферной емкости во время созревания сыра швейцарского типа, включающее в себя две буферные зоны в диапазоне pH 2-5 и 8,5-10,5 при титровании сыра основанием после его подкисления. Первую область автор относил к буферной способности карбоксильных групп кислых аминокислот, а также молочной, уксусной и пропионовой кислот. Во втором диапазоне изменения pH титруются аммиак и N-концевые остатки пептидов и аминокислот [5]. Эти данные не противоречат сведениям о том, что буферные свойства водной вытяжки сыра в зоне около pH 8 обуславливаются в основном кислотами и их солями, а при pH 9-10 к ним добавляются продукты распада белков [6].

Учитывая то, что белки и продукты их гидролиза вносят основной вклад в формирование буферной системы сыра, а также то, что продукты протеолиза являются водорастворимыми соединениями, для оценки степени зрелости сыра целесообразно определять буферную емкость водорастворимой фракции сыра, увеличивающуюся во время его созревания.

На основе этого Шиловичем М.К. еще в 1940 г. был предложен метод определения степени зрелости сыра по буферности его водорастворимой фракции. По данному методу буферные свойства водорастворимой части сыра оцениваются по количеству щелочи (NaOH), затраченной на титрование белковой буферной системы водорастворимой фракции сыра в диапазоне pH от 8,3 до 9,7 [7]. Контроль за изменением pH в данном методе осуществляется с помощью двух индикаторов: фенолфталеина (диапазон pH, в котором происходит переход окраски от бесцветной к красной составляет 8,2-10,0, показатель титрования $pT=9$) и тимолфталеина (диапазон pH, в котором происходит переход окраски от бесцветной к синей составляет 9,3-10,5, показатель титрования $pT=10$). Разница в объемах щелочи, пошедших на ти-

трование в присутствии тимолфталеина и в присутствии фенолфталеина, умноженная на 100, была принята за условный показатель зрелости сыра в «градусах Шиловича» (или в «градусах зрелости»).

Важно отметить, что показатель зрелости сыра по Шиловичу не следует отождествлять с буферной емкостью раствора водорастворимых фракций сыра из-за используемого коэффициента 100, а также из-за того, что диапазон изменения pH при титровании щелочью из-за индикаторной ошибки отличается от 1 ед. pH.

В 2016 г. на основе метода Шиловича была разработана, метрологически аттестована и зарегистрирована в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений Методика измерений «Определение буферности сыра титриметрическим методом с визуальной индикацией точки конца титрования», предназначенная для применения в научных, производственных и испытательных лабораториях для оценки степени зрелости сыров (номер в реестре ФР.1.31.2018.31538). Однако из-за визуальной индикации конца титрования по изменению окраски индикаторов указанная методика не обладает высокими метрологическими характеристиками. Установленный показатель точности (границы абсолютной погрешности) составляет $\pm 14^\circ$ зрелости, что указывает на довольно большую возможную ошибку при выполнении измерений.

Это был ожидаемый результат, т.к. рассматриваемая методика многостадийна и погрешности могут возникать на любой ее стадии: при измерении массы навески сыра; объема щелочи, пошедшей на титрование (определяется визуально по шкале делений бюретки ценой 0,5 см³), из-за индикаторных ошибок, обусловленных достаточно широкой областью перехода окраски индикаторов. Немаловажным является и то, что физиологические особенности зрительного анализатора человека позволяют установить конечную точку титрования с индикатором лишь с неопределенностью $\pm 0,4$ единицы pH [8]. Поэтому в современной мировой практике научных исследований химики-аналитики стараются перейти от индикаторных титриметрических методов анализа с визуальной оценкой конца титрования к более точным инструментальным методам, в частности, методам потенциометрического титрования.

Целью работы было установление возможности использования результатов измерения буферной емкости водорастворимой фракции сыров методом потенциометрического титрования для оценки степени их зрелости.

В задачи исследований входило:

- исследовать изменение буферной емкости водорастворимой фракции сыров в процессе их созревания;
- выбрать диапазон pH на кривой титрования для установления задаваемых значений pH при определении буферной емкости потенциометрическим методом.

2. Объекты и методы

2.1. Изготовление сыров

Объектами исследования были полутвердые сыры типа Голландского с массовой долей жира в сухом веществе: 45%. Для их изготовления составляли смеси из цельного и обезжиренного молока из расчета получения массовой доли жира в смеси 2,7%. В полученные смеси вносили раствор хлористого кальция концентрацией 30% из расчета 30 г/100 кг смеси, закваску в количестве 0,7%, в состав которой входили мезофильные лактококки и пропионовокислые бактерии, и молокосвертывающий ферментный препарат животного происхождения СП-90 «Экстра». Процесс получения геля и обработки сырного зерна проводили по традиционной технологии полутвердых сыров с низкой температурой

второго нагревания. После посолки сырные продукты обсушивали в течение 1 суток и отправляли на созревание в камеру при температуре (13±1) °С и относительной влажности воздуха (80±2)%.

2.2. Исследование сыров

Для исследования отбирали пробы сыров через каждые 15 суток созревания.

2.2.1. Получение водорастворимой фракции сыров

Пробы сыров измельчали в измельчающем устройстве. 10 г измельченной пробы растирали в ступке с дистиллированной водой температурой от 37 °С до 42 °С до получения однородной суспензии. Суспензию сыра количественно переносили водой температурой 37–42 °С в мерную колбу вместимостью 100 см³, тщательно смывая со стенок ступки остатки пробы. Общий объем воды составляет 70–80 см³. Содержимое колбы перемешивали и выдерживали в кипящей водяной бане 5 минут, охлаждали до температуры (20±5) °С, доводили до метки дистиллированной водой, перемешивали, выдерживали 2 минуты для осаждения нерастворимых в воде веществ и фильтровали через складчатый бумажный фильтр в коническую колбу вместимостью 250 см³.

2.2.2. Определение буферной емкости водорастворимой фракции сыров

Буферную емкость водорастворимой фракции сыра определяли с помощью автоматического потенциометриче-

ского титратора АТП-02 (Россия), укомплектованного персональным компьютером. Для измерения рН использовали комбинированный электрод ЭСЛК-01.7.

Фильтрат титровали при непрерывном перемешивании раствором гидроокиси натрия молярной концентрацией 0,1 моль/дм³. Снимали кривую титрования рН=f(V), по которой находили объемы гидроокиси натрия V, пошедшие на титрование в диапазонах изменения значений рН от начального рН фильтрата до увеличения рН на 1 ед., от рН=8 до рН=9, от рН=9 до рН=10.

Буферную емкость водорастворимой фракции сыра вычисляли по формуле:

$$B = \frac{c \cdot V(\text{NaOH})}{\Delta \text{pH} \cdot V_b} \cdot 1000,$$

- где: B - буферная емкость, ммоль/дм³;
- c - концентрация гидроокиси натрия, моль/дм³;
- V(NaOH) - объем гидроокиси натрия, затраченный на изменение рН на 1 ед., дм³;
- ΔрН = 1 - изменение рН;
- Vb - объем титруемой водорастворимой фракции сыра, дм³;
- 1000 - коэффициент пересчета в ммоль/дм³.

3. Результаты и обсуждение

На Рисунке 1А представлена типичная кривая потенциометрического титрования водорастворимой фракции сыра гидроокисью натрия, на Рисунке 1Б – график первой производной кривой титрования.

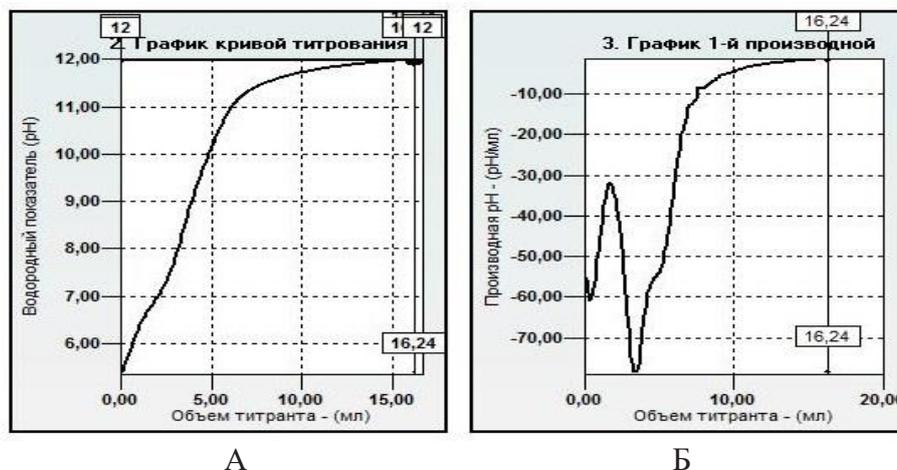


Рисунок 1. Кривая титрования водорастворимой фракции сыра гидроокисью натрия

Характерная для потенциометрического титрования S-образная форма кривой в данном случае не явно выражена, по форме она ближе к экспоненциальной (Рисунок 1А), что связано с большим набором титруемых веществ в водорастворимой фракции сыра. После дифференцирования на ней обнаруживаются две буферные зоны с точками эквивалентности, определяемыми по минимумам на графике первой производной значений рН (Рисунок 1Б).

Начало титрования водорастворимой фракции сыра попадает в первую буферную зону, занимающую диапазон рН от 5,7±0,1 до 6,7±0,1. Эта буферная зона обусловлена действием слабых кислот и их солей (лактатный, цитратный, карбонатный, фосфатный буферы) и находится в области слабокислой среды.

Вторая зона буферности, расположенная в диапазоне рН от 7±0,1 до 11±0,1, обусловлена белками и продуктами их гидролиза. Буферность белков проявляется вследствие их амфотерности, а именно: вследствие наличия в их молекулах

отрицательно заряженных карбоксильных и положительно заряженных аминогрупп. В щелочной среде усиливается диссоциация карбоксильных групп, поступающие в раствор ионы водорода связывают избыток гидроксил ионов, поэтому рН не изменяется. Белки в данном случае выступают как слабые кислоты, которые, взаимодействуя со щелочью, образуют натриевую соль. Сочетание слабодиссоциированного белка-кислоты с натриевой солью составляет белковую буферную систему в водорастворимой фракции сыра.

Полученные результаты обнаружения двух зон буферности в водорастворимой фракции сыра согласуются с результатами американских [4], французских [5] и российских [6] ученых и подтверждают сложность, многокомпонентной буферной системы сыров.

В Таблице 1 представлены точки эквивалентности, определенные в двух зонах буферности на кривых титрования сыров в возрасте 30 суток (недозревший сыр), 45 суток (состояние кондиционной зрелости сыра) и 60 суток (перезревший сыр).

Таблица 1

Точки эквивалентности в двух зонах буферности

Возраст сыра, сутки	Точка эквивалентности, значение pH	
	в первой зоне буферности	во второй зоне буферности
30	5,73	8,50
45	5,69	8,40
60	5,67	8,24

С увеличением возраста сыра в первой зоне буферности практически не происходит изменения точки эквивалентности, она наступает при pH около 5,7.

Во второй зоне, в которой действует белковый буфер, точка эквивалентности расположена в щелочной области значений pH. По мере созревания сыра можно отметить тенденцию к снижению pH, при котором наступает точка

эквивалентности. Это, по-видимому, связано с увеличением количества щелочных продуктов протеолиза при созревании сыра. Следовательно, вторая зона буферности будет более показательна в отношении изменений, происходящих в сыре при созревании.

Известно, что наиболее важным биохимическим процессом, протекающим во время созревания сыров, является протеолиз [6,9,10,11], в результате которого в водной фракции сыра должно увеличиваться количество растворимых продуктов распада белка. Это подтверждается экспериментальными данными, представленными на Рисунке 2 и Рисунке 3. Они иллюстрируют влияние продолжительности созревания сыра на массовую долю белка, определяемого в водорастворимой фракции сыра (Рисунок 2), и степень протеолиза белка, рассчитанную как отношение массовой доли водорастворимого белка к массовой доле общего белка, выраженной в процентах (Рисунок 1).

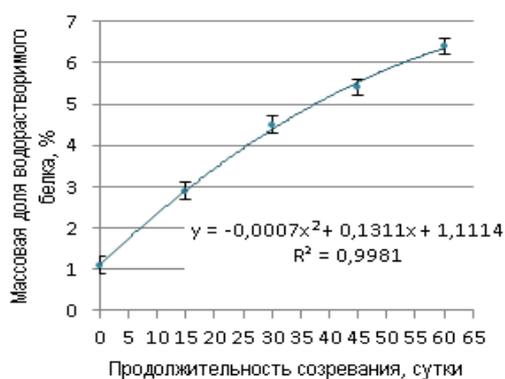


Рисунок 2. Изменение массовой доли белка в водной фракции сыра в процессе созревания

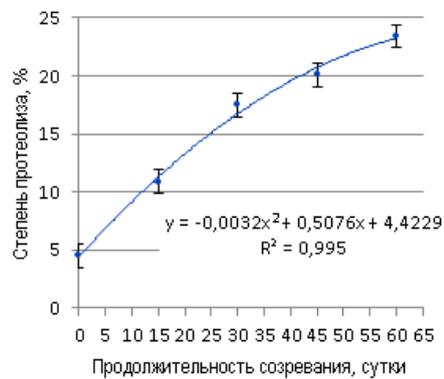


Рисунок 3. Изменение степени протеолиза белка в зависимости от продолжительности созревания сыра

Результаты, представленные на Рисунке 2 и Рисунке 3, также свидетельствуют о целесообразности исследования буферной емкости водорастворимой фракции сыра в диапазонах pH, находящихся во второй зоне буферности, обусловленной белками и продуктами их гидролиза.

Были проведены исследования буферной емкости водорастворимой фракции сыров в процессе созревания в трех диапазонах pH:

- от 5,7±0,1 до 6,7±0,1 (начальный pH + 1 ед.);
- от pH = 8 до pH = 9;
- от pH = 9 до pH = 10.

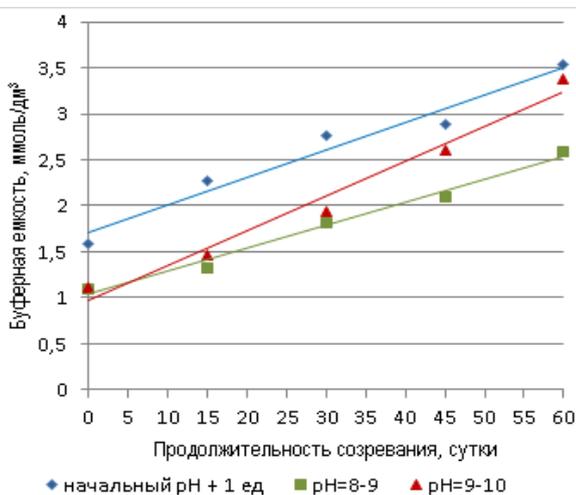


Рисунок 4. Изменение буферной емкости водорастворимой фракции сыра в различных диапазонах pH

Результаты представлены на Рисунке 4.

Изменение буферной емкости водорастворимой фракции сыра в процессе его созревания в трех исследованных диапазонах pH можно описать уравнениями линейной регрессии:

- в первой зоне буферности (начальный pH + 1 ед.): $B = 0,030x + 1,706$ ($R^2 = 0,96$);
 - в диапазоне pH от 8 до 9: $B = 0,025x + 1,034$ ($R^2 = 0,99$);
 - в диапазоне pH от 9 до 10: $B = 0,038x + 0,968$ ($R^2 = 0,98$),
- где: B - буферная емкость, ммоль/дм³; x - продолжительность созревания сыра, сутки.

Анализ полученных линейных функций показывает следующее.

Наибольшая буферная емкость была определена в диапазоне от начального pH раствора до увеличенного на 1 единицу начального значения pH. По мере созревания сыра буферная емкость в этом диапазоне pH увеличивалась от 1,7 ммоль/дм³ в сыре после пресса до 3,5 ммоль/дм³ в сыре, созревавшем в течение 60 суток (на 1,8 ммоль/дм³).

В диапазонах pH от 8 до 9 и от 9 до 10 значения буферной емкости в нулевой точке созревания (сыр после пресса) практически были одинаковы и близки к 1,0 ммоль/дм³. Но в дальнейшем в процессе созревания сыра буферная емкость, измеренная в диапазоне pH от 9 до 10, увеличивалась более интенсивно. Так, к 60 суткам созревания прирост этого показателя в диапазоне pH от 9 до 10 составил 2,3 ммоль/дм³, в то время как в диапазоне pH от 8 до 9 - 1,5 ммоль/дм³.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать выбор в пользу диапазона pH от 9 до 10, в котором изменение буферной емкости водорастворимой фракции сыра в процессе его созревания происходит наиболее интенс-

но, что важно для последующего установления достоверных различий в степени зрелости сыров.

4. Выводы

На кривых потенциометрического титрования водорастворимой фракции сыра типа Голландского выявлено наличие двух зон буферности, исследование которых позволило установить возможность использования результатов измерения буферной емкости в диапазоне pH от 9 до 10 для оценки степени зрелости сыров.

Результаты исследований используются при разработке

методики измерений степени зрелости сыра на основе измерения буферной емкости водорастворимой фракции сыра методом потенциометрического титрования до заданного значения pH.

Внедрение в лабораторную практику исследовательских и производственных лабораторий разработанной методики позволит расширить арсенал методов оценки качества сыров и при наборе достаточного количества данных о буферной емкости растворимой фракции сыров установить контрольные диапазоны значений для оценки степени их зрелости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лепилкина, О.В., Тетерева, Л.И., Делицкая, И.Н., Мордвинова, В.А. (2019). Методические аспекты определения зрелости сыров. *Молочнохозяйственный вестник*, 3(35), 109-119.
2. Лепилкина, О.В., Кашникова, О.Г., Бухарина, Г.Б. (2020). Оценка степени зрелости полутвердых сыров по объективным критериям. *Сыростроение и маслоделие*, 6, 34-35. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2020-6-34-35>
3. Горбатова, К.К., Гунькова, П.И. (2012). Химия и физика молока и молочных продуктов. СПб.: ГИОРД, 166-184.
4. Upreti, P., Bühlmann, P., Metzger, L. E. (2006). Influence of Calcium and Phosphorus, Lactose, and Salt-to-Moisture Ratio on Cheddar Cheese Quality: pH Buffering Properties of Cheese. *Journal of Dairy Science*, 89(3), 938-950. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(06\)72159-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(06)72159-2)
5. Salaün, F., Mietton, B., Gaucheron, F. (2005). Buffering capacity of dairy products. *International Dairy Journal*, 15(2), 95-109. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.06.007>

6. Горбатова, К.К., Гунькова, П.И. (2010). Биохимия молока и молочных продуктов. СПб.: ГИОРД, 166-184.
7. Иников, Г.С., Брио, Н.П. (1951). Химический анализ молочных продуктов, ч.2. М.: Пищепромиздат. 91.
8. Жебентяев, А.И., Жерносок, А.К., Талуть, И.Е. (2014). Аналитическая химия. Химические методы анализа. М.: ИНФРА-М. 279.
9. McSweeney, P. L. H. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 127-144. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x>
10. Kalit, S., Lukac Havranek, J., Kaps, M., Perko, B., Cubric Curik, V. (2005). Proteolysis and the optimal ripening time of Tounj cheese. *International Dairy Journal*, 15(6-9), 619-624. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.09.010>
11. Ardö, Y., McSweeney, P. L. H., Magboul, A. A. A., Upadhyay, V. K., Fox, P. F. (2017). Biochemistry of Cheese Ripening: Proteolysis. *Cheese*, 445-482. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-417012-4.00018-1>

REFERENCES

1. Lepilkina, O.V., Tetereva, L.I., Delitskaya, I.N., Mordvinova, V.A. (2019). Methodological aspects of determining the maturity of cheeses. *Dairy Bulletin*, 3(35), 109-119. (In Russian)
2. Lepilkina, O. V., Kashnikova, O. G., Bukharina, G.B. (2020). Assessment of the degree of maturity of semi-hard cheeses according to objective criteria. *Cheese and butter making*, 6, 34-35. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2020-6-34-35> (In Russian)
3. Gorbatova, K.K., Gun'kova, P.I. (2012). Chemistry and physics of milk and dairy products. SPb.: GIOR, 166-184. (In Russian)
4. Upreti, P., Bühlmann, P., Metzger, L. E. (2006). Influence of Calcium and Phosphorus, Lactose, and Salt-to-Moisture Ratio on Cheddar Cheese Quality: pH Buffering Properties of Cheese. *Journal of Dairy Science*, 89(3), 938-950. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(06\)72159-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(06)72159-2)
5. Salaün, F., Mietton, B., Gaucheron, F. (2005). Buffering capacity of dairy products. *International Dairy Journal*, 15(2), 95-109. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.06.007>

6. Gorbatova, K.K., Gun'kova, P.I. (2010). Biochemistry of milk and dairy products. SPb.: GIOR, 166-184. (In Russian)
7. Inikhov, G.S., Brio, N.P. (1951). Chemical analysis of dairy products, part 2. M.: Pishchepromizdat. 91. (In Russian)
8. Zhebentyaev, A.I., Zhernosek, A.K., Talut, I.E. (2014). Analytical chemistry. Chemical methods of analysis. M.: INFRA-M. 279. (In Russian)
9. McSweeney, P. L. H. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 127-144. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x>
10. Kalit, S., Lukac Havranek, J., Kaps, M., Perko, B., Cubric Curik, V. (2005). Proteolysis and the optimal ripening time of Tounj cheese. *International Dairy Journal*, 15(6-9), 619-624. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.09.010>
11. Ardö, Y., McSweeney, P. L. H., Magboul, A. A. A., Upadhyay, V. K., Fox, P. F. (2017). Biochemistry of Cheese Ripening: Proteolysis. *Cheese*, 445-482. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-417012-4.00018-1>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
Григорьева Анастасия Игоревна — инженер, Лаборатория испытаний физико-химических показателей и показателей химической безопасности, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыростроения - филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН 152613, Ярославская область, Углич, Красноармейский бульвар, 19 Тел.: 8-980-659-34-57, 8-901-051-62-46. E-mail: Gri.nas27@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4364-0342	Anastasia I. Grigorieva — engineer, Laboratory for testing physical and chemical indicators and indicators of chemical safety, All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking - Branch of the V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS 19, Krasnoarmeysky Boulevard, 152613, Uglich, Russia Tel.: 8-980-659-34-57, 8-901-051-62-46. E-mail: Gri.nas27@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4364-0342
Критерии авторства	Contribution
Автор самостоятельно подготовил статью и несет ответственность за плагиат	Completely prepared the manuscript and is responsible for plagiarism
Конфликт интересов	Conflict of interest
Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов	The author declare no conflict of interest