



Научная статья
4.3.3. – Пищевые системы (технические науки)
УДК 637.041

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.01.007

EDN: PKRBBO

ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ РАСТВОРЕНИЯ КАЗЕИНАТА НАТРИЯ

Алла Львовна Новокшанова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, Россия
novokshanova@ion.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5049-1472>

Аннотация. Продукты энтерального питания, являясь специализированной пищевой продукцией, должны иметь максимально сбалансированный макро- и микронутриентный состав. Одним из лучших вариантов удовлетворения физиологических потребностей в белках является молочное сырье, в частности казеинат пищевой. В исследовании использован казеинат натрия пищевой, производимый в России. Цель работы состояла в определении оптимальных параметров гидратации казеината натрия. Модельные смеси готовили, диспергируя в питьевой воде навески казеината натрия с массовой долей от 1 до 10 % и с шагом 1 %. Гидратацию казеината натрия проводили при трех температурных режимах: 40, 60 и 80 °С. Установлены линейные зависимости продолжительности растворения казеината натрия от массовой доли в системах сухих веществ и белка. В условиях эксперимента оптимальной температурой гидратации исследованного казеината натрия следует считать 80 °С. При такой температуре процесс растворения данного ингредиента значительно сокращался. При температуре 40 °С, приемлемой при непосредственном употреблении продуктов энтерального питания, для их восстановления из сухих смесей потребуются достаточно длительное набухание казеината натрия – от 15 до 57 минут в зависимости от общего содержания сухих веществ. Либо потребуются использование горячей воды с температурой от 60 до 80 °С для растворения казеината натрия при подготовке сухих продуктов энтерального питания к употреблению. Данный температурно-временной режим мало приемлем для подготовки сухих продуктов энтерального питания к употреблению в стационаре. Однако при промышленном производстве жидких продуктов энтерального питания использование данного казеината натрия вполне допустимо, поскольку процесс гидратации казеината натрия можно совместить в дальнейшем с этапом пастеризации молочной смеси.

Ключевые слова: специализированное питание, продукты энтерального питания, белки, пищевая ценность, казеинат натрия, гидрофильные свойства, гидратация, диспергирование, растворимость, температурный фактор.

Для цитирования: Новокшанова А. Л. Температурно-временные параметры растворения казеината натрия // Ползуновский вестник. 2026. № 1, С. 49–52. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.01.007. EDN: <https://elibrary.ru/PKRBBO>.

Original article

TEMPERATURE-TIME PARAMETERS OF SODIUM CASEINATE DISSOLUTION

Alla L. Novokshanova

Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety», Moscow, Russia
novokshanova@ion.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5049-1472>

Abstract. Enteral nutrition products, being specialized food products, should have the most balanced macro- and micronutrient composition. One of the best options for satisfying physiological needs for proteins is dairy raw materials, in particular, food caseinate. The study used food sodium caseinate produced in Russia. The aim of the work was to determine the optimal parameters of sodium caseinate hydration. Model mixtures were prepared by dispersing sodium caseinate samples with a mass fraction of 1 to 10 % and with a step of 1 % in drinking water. Sodium caseinate hydration was carried out at three temperature modes: 40, 60 and 80 °C. Linear dependencies of the duration of sodium caseinate dissolution on the mass fraction in the systems of dry substances and protein were established. Under the experimental conditions, the optimal hydration temperature of the studied sodium caseinate should be considered to be 80 °C. At such a temperature, the process of dissolution of this ingredient became shorter. At a temperature of 40 °C, acceptable for direct use of enteral nutrition products, their restoration from dry mixtures will require a fairly long swelling of sodium caseinate - from 15 to 57 minutes depending on the total content of dry substances. Or it will be necessary to use hot water with a temperature of 60 to 80 °C to dissolve sodium caseinate when preparing dry enteral nutrition products for use. This temperature and time regime is not very acceptable for preparing dry enteral nutrition products for

© Новокшанова А. Л., 2026

use in a hospital. However, in the industrial production of liquid enteral nutrition products, the use of this sodium caseinate is quite acceptable, since the process of hydration of sodium caseinate can be further combined with the stage of pasteurization of the milk mixture.

Keywords: specialized nutrition, enteral nutrition products, proteins, nutritional value, sodium caseinate, hydrophilic properties, hydration, dispersion, solubility, temperature factor.

For citation: Novokshanova, A.L. (2026). Temperature-time parameters of sodium caseinate dissolution. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 49-52. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2026.01.007. EDN: <https://elibrary.ru/PKRBBO>.

ВВЕДЕНИЕ

Особенность продуктов энтерального питания заключается в том, что во многих случаях они являются единственными источниками пищевых веществ и энергии для человека [1, 2, 3, 4, 5]. Именно поэтому крайне важно обеспечить максимально сбалансированный макро- и микронутриентный состав этих продуктов [6, 7, 8]. Большое значение в продуктах энтерального питания придается протеиновой составляющей. На текущий момент при интенсивной терапии общепризнана концепция важности адекватного потребления пациентами белка высокой биологической ценности, по крайней мере, в отношении модулирования иммунного ответа и снижения атрофии мышц [9].

Одним из лучших вариантов удовлетворения физиологических потребностей в белках является молочное сырье, в частности, казеинат пищевой. Данный ингредиент представляет собой продукт переработки молока и может быть произведен из казеина или обезжиренного молока путем обработки растворами гидроокисей щелочных металлов или их солей с последующей сушкой [10]. Казеинат пищевой, разрешенный для использования в продуктах энтерального питания [1], может быть произведен по стандарту [10] или по нормативным документам, действующим на территории ЕАЭС. Несмотря на это, физико-химические показатели и технологические характеристики казеинатов отличаются в зависимости от способа их получения, что следует учитывать при дальнейшем использовании этих ингредиентов.

Продукты энтерального питания производят в двух агрегатных формах: жидкой и сухой, но в обоих случаях требуется гидратация казеината либо на стадии производства, либо перед непосредственным употреблением продукта. В связи с этим в работе изучен процесс растворимости казеината пищевого.

Цель работы состояла в определении оптимальных параметров гидратации пищевого казеината.

МЕТОДЫ

Расчетный метод применен для определения пищевой ценности сформированных систем. Процесс гидратации казеината изучали визуальным методом при диспергировании двухкомпонентных систем «вода–казеинат».

В работе использовали казеинат натрия пищевой марки ТО/9 (далее – казеинат натрия), изготовленный по нормативной документации производителя (ООО «Тагрис», Россия).

Были подготовлены 10 вариантов водных систем с массовой долей казеината натрия от 1 до 10 % с шагом 1 %. Гидратацию казеината натрия проводили при трех температурных режимах: 40, 60 и 80 °С. Процесс растворения казеината натрия вели при непрерывном осторожном помешивании дисперсий и считали завершенным после полного исчезновения видимых включений ингредиента.

В эксперименте принята трехкратная повтор-

ность. Статистическая обработка данных выполнена с использованием пакета программ Statistica. Принятый уровень достоверности 95 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По внешнему виду казеинат натрия представлял собой сыпучий мелкодисперсный порошок светло-кремового цвета. Запах ингредиента был характерным для казеината натрия, без посторонних запахов.

Массовая доля белка в казеинате натрия составляла 58,53 %, жира – 17,5 %, углеводов – 15,0 %. Рассчитанная пищевая ценность сформированных систем представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Пищевая ценность двухкомпонентных систем «вода–казеинат»

Table 1 – Nutritional value of two-component "water-caseinate" systems

Расход казеината натрия на 100 г, г	Содержание макронутриентов, г в 100 г			Массовая доля, сухих веществ, %
	Б	Ж	У	
1	0,59	0,18	0,15	0,91
2	1,17	0,35	0,30	1,82
3	1,76	0,53	0,45	2,73
4	2,34	0,70	0,60	3,64
5	2,93	0,88	0,75	4,55
6	3,51	1,05	0,90	5,46
7	4,10	1,23	1,05	6,37
8	4,68	1,40	1,20	7,28
9	5,27	1,58	1,35	8,19
10	5,85	1,75	1,50	9,10

Из данных расчета пищевой ценности, представленных в таблице 1, следует, что диапазон колебания массовой доли сухих веществ в системах составлял 8,19 %, белков – 5,26 %, жиров – 1,57 % и углеводов 1,35 %. Учитывая эту информацию, логично предположить, что наибольшее влияние на продолжительность растворения казеината натрия будет оказывать содержание сухих веществ и белка в системах. Для этих двух переменных была выполнена математическая обработка данных, по результатам которой достоверно установлены две закономерности:

- с повышением концентрации казеината натрия в системах возрастала продолжительность его растворения;

- продолжительность растворения была в обратной зависимости от температурного фактора.

Математически продолжительность растворения казеината натрия (t) была линейно зависима от массовой доли в системах сухих веществ ($W_{св}$) и белка (W_6) и выражалась уравнениями:

$$t = 31,36 \cdot W_{св} - 41,0 \cdot W_6 + 8,39$$

(при температуре 40 °С);

$$t = -48,52 \cdot W_{св} + 81,5 \cdot W_6 + 7,76$$

(при температуре 60 °С);

$$t = -21,05 \cdot W_{св} + 39,0 \cdot W_6 + 4,07$$

(при температуре 80 °С).

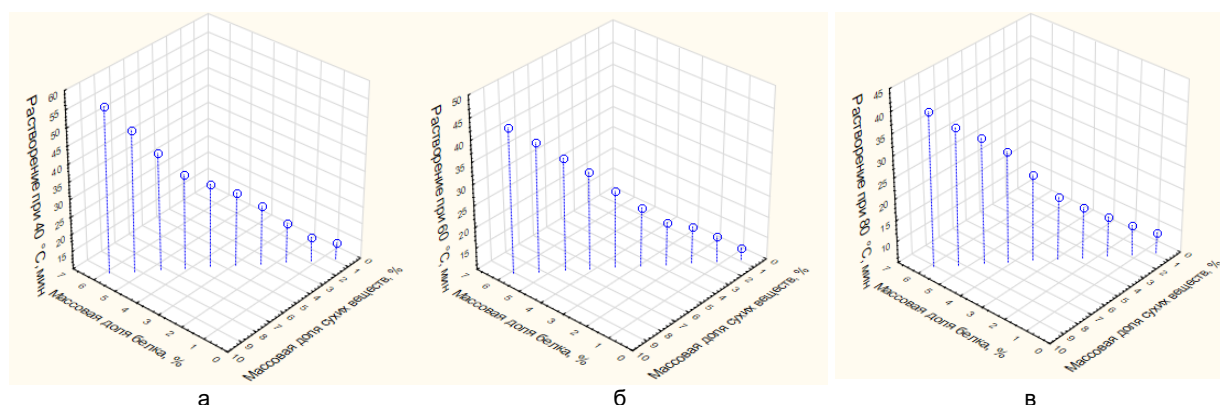


Рисунок 1 – Диаграммы рассеяния зависимостей продолжительности растворения казеината натрия:
а – при 40 °С, б – при 60 °С, в – при 80 °С

Figure 1 – Scattering diagrams of the dependences of the duration of dissolution of sodium caseinate:
а – at 40 °С, б – at 60 °С, в – at 80 °С

Из математических зависимостей очевидно, что во всех температурных режимах коэффициенты при обеих переменных важны. Судя по размаху диапазонов переменных, можно было ожидать, что общее содержание сухих веществ будет давать больший вклад в изменение продолжительности растворения казеината натрия. Однако анализ уравнений показывает, что это справедливо только при 40 °С. Причем с учетом знаков коэффициентов при переменных они оказывают противоположное влияние на время растворения казеината натрия, и в совокупном вкладе содержание сухих веществ дает больший прирост длительности растворения, чем содержание белка – для снижения. При 60 и 80 °С роль независимых переменных меняется, и содержание белка, несмотря на меньший размах диапазона, приобретает большее значение в совокупном вкладе изменения продолжительности растворения казеината натрия. Это связано со значительно более высокими коэффициентами при этой переменной: 81,5 против –48,52 при 60 °С и 39,0 против –21,05 при 80 °С. В конечном итоге содержание белка доминирует во влиянии на скорость растворения казеината натрия при этих температурах.

Диаграммы рассеяния зависимостей продолжительности растворения казеината натрия от общего содержания сухих веществ и белка в системах представлены на рисунке 1.

Как следует из представленных диаграмм, при минимальной концентрации казеинат натрия растворялся за 15 минут при 40 °С (рисунок 1, а) и – за 10 минут при 80 °С (рисунок 1, в). При максимальной концентрации 10 % казеината натрия в образцах процесс растворения продолжался 57 минут при 40 °С (рисунок 1, а) и 41 минуту – при 80 °С (рисунок 1, в).

ОБСУЖДЕНИЕ

Теоретически растворимость белков напрямую зависит от их гидрофильных свойств, которые обусловлены аминокислотным составом. Помимо радикалов полярных аминокислот, содержащих карбоксильные группы в остатках Asp и Glu, гидроксильные группы остатков Ser, Thr и Tyr, амидные группы Asn и Gln, молекулы воды связываются в белках с пептидными группами каркаса. Благодаря возникающим ион-дипольным и диполь-дипольным взаимодействиям с функциональными группами аминокислот происходит набухание и растворение большинства белков. С учетом этих данных ранее была пред-

ложена эмпирическая формула для расчета гидратационной способности белков, учитывающая их аминокислотный состав, а именно, доли заряженных, полярных и неполярных аминокислотных остатков [11]. Однако экспериментально определяемая растворимость белков не всегда совпадает с теоретическими расчетами. В частности, это касается и казеина. Экспериментально определенная способность казеиновых мицелл связывать около 4 г воды на 1 г белка намного превышает теоретические расчеты. Такое расхождение данных может быть объяснено огромными пустотами в структуре казеиновых мицелл, поглощающих воду не только в результате электростатических контактов, но и под действием капиллярных сил и путем физического захвата [12]. Кроме того, в составе казеината натрия есть липидный и углеводный компоненты, которые в определенной степени влияют на окружение казеиновых мицелл и степень гидратации белковой поверхности.

Другой важный аспект растворимости казеина и/или казеината натрия – это способ, каким эти ингредиенты были получены, и вид исходного сырья. Например, исходным сырьем для производства казеината натрия может служить казеин пищевой, выделенный кислотным способом или с использованием сычужного фермента. Гидрофильные свойства этих казеинов настолько отличаются, что даже стандартные методы определения индекса растворимости используют разные вспомогательные ингредиенты. В методике выполнения измерений индекса растворимости для кислотного казеина применяют тетрагидроборат натрия, а для сычужного казеина – аммиак [13].

Следовательно, стандартные рекомендации по растворимости казеината натрия в каждом конкретном случае зависят от таких факторов, как технология получения самого ингредиента, его состав, природа растворителя и др.

В условиях эксперимента вариативными факторами, которые контролировали при оценке растворимости казеината натрия, были его концентрация и температура диспергирования.

По поводу концентрации казеината натрия можно было предполагать, что с увеличением содержания ингредиента в системе процесс растворения будет удлиняться из-за снижения концентрации свободной воды доступной для гидратации белка.

Однако по поводу влияния температурного воздействия на скорость растворения казеината натрия в

литературе нет единого мнения. Известно, что при температуре выше 40 °С увеличение термической кинетической энергии приводит к «раскручиванию» структуры молекулы белков (денатурации), выходу наружу неполярных групп, агрегации и осаждению, то есть к снижению растворимости [12]. В другом представлении связывание воды денатурированными белками может быть выше, чем нативными, что является следствием увеличения площади поверхности относительно массы [14].

По существу казеинаты натрия можно считать денатурированными белками, но не в плане утраты пищевой ценности, а с позиции природных физико-химических свойств. Наблюдаемое в эксперименте сокращение продолжительности растворения казеината натрия при повышении температуры можно объяснить увеличением кинетической энергии молекул воды и, как следствие, возрастанием скорости их диффузии в полости казеиновых частиц и к отдельным функциональным группам полипептидных цепей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании выполненных исследований можно сделать следующие выводы.

При внесении казеината натрия в пищевое сырье в диапазоне от 1 до 10 % содержание белка в продуктах энтерального питания будет увеличено от 0,59 до 5,85 %. Следовательно, в указанном интервале казеинат натрия может быть самостоятельным источником белка, либо может быть скомбинирован с другими белками. Например, при содержании казеината натрия от 6 до 8 %, включительно, и без добавления других протеиновых ингредиентов продукт будет соответствовать понятию «изонитрогенный» [1].

В условиях эксперимента оптимальной температурой гидратации исследованного казеината натрия следует считать 80 °С. При такой температуре процесс растворения данного ингредиента значительно сокращался. При температуре 40 °С, приемлемой при непосредственном употреблении продуктов энтерального питания, для их восстановления из сухих смесей потребуется достаточно длительное набухание казеината натрия – от 15 до 57 минут в зависимости от общего содержания сухих веществ. Либо потребуется использование горячей воды с температурой от 60 до 80 °С для растворения казеината натрия при подготовке сухих продуктов энтерального питания к употреблению. В таком случае при содержании казеината натрия от 1 до 6 % потребуется гидратация от 10 минут до получаса, а при содержании казеината натрия от 7 до 10 % включительно, гидратация при этой температуре составит от 30 до 45 минут. Кроме того, для растворения сухих продуктов энтерального питания с таким видом казеината натрия в условиях стационара или дома потребуются дополнительные приспособления для поддержания температуры диспергирования и перемешивания смеси.

По-видимому, исследованный температурно-временной режим мало приемлем для подготовки сухих продуктов энтерального питания к употреблению в стационаре или дома. Однако при промышленном производстве жидких продуктов энтерального питания использование данного казеината натрия

вполне допустимо. Во-первых, многие пищевые предприятия, вырабатывающие специализированные продукты в жидкой форме имеют соответствующее оборудование для термомеханической обработки сырья. Во-вторых, процесс гидратации казеината натрия можно совместить в дальнейшем с этапом пастеризации молочной смеси.

Материал подготовлен в рамках государственного задания FGMF-2025-0011.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 35004-2023 Продукты пищевые энтерального питания базовые. М. : ФГБУ «Институт стандартизации», 2023. 21 с.
2. Fabbro E.D., Shalini D., Bruera E. Symptom Control in Palliative Care – Part II: Cachexia / Anorexia and Fatigue. J Palliat Med 2006; 9(2): 409–421. 25. Cotogno P., Stragliotto S., Ossola M., Collo A., Riso S. The Role of Nutritional Support for Cancer Patients in Palliative Care. Nutrients. 2021. Jan 22;13(2):306.
3. Arends J., Bachmann P., Baracos V., Barthelemy N., Bertz H., Bozzetti F. [et al.]. ESPEN guidelines on nutrition in cancer patients. Clin Nutr 2017;36 (1):11e48.
4. Barazzoni R., Bischoff S.C., Breda J. [et al.]. ESPEN expert statements and practical guidance for nutritional management of individuals with SARS-CoV-2 infection. Clin Nutr. 2020;39(6):1631-8. DOI: 10.1016/j.clnu.2020.03.022.
5. Stratton R.J., Hébuterne X., Elia M. A systematic review and meta-analysis of the impact of oral nutritional supplements on hospital readmissions. Ageing Res Rev. 2013;12(4):884-97. DOI: 10.1016/j.arr.2013.07.002.
6. Потапов А.Л. Дополнительное пероральное питание в составе нутритивной поддержки в онкохирургии. Вестник анестезиологии и реаниматологии. 2020;17(2):64-69. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2020-17-2-64-69>.
7. Hoekstra J.C., Goosen J.H., de Wolf G.S., Verheyen C.C. Effectiveness of multidisciplinary nutritional care on nutritional intake, nutritional status and quality of life in patients with hip fractures: a controlled prospective cohort study. Clin Nutr 2011; 30: 455–61.
8. Anbar R., Beloosesky Y., Cohen J. [et al.]. Tight calorie control in geriatric patients following hip fracture decreases complications: a randomized, controlled study. Clin Nutr 2014; 33: 23–8.
9. Bear D.E., Wandrag L., Merriweather J.L. [et al.]. The role of nutritional support in the physical and functional recovery of critically ill patients: a narrative review. Crit Care 21, 226 (2017). <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1810-2>.
10. ГОСТ 33920-2016 Казеинаты пищевые. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2016. 18 с.
11. Kuntz I.D., Kauzmann W. Hydration of proteins and polypeptides // Adv. Protein Chem., 1974, 28, p. 239–345.
12. Тепел А. Химия и физика молока / А. Тепел ; пер. с нем. под ред. канд. техн. наук, доц. С.А. Фильчаковой. СПб. : Профессия, 2012. 832 с., табл., ил.
13. ГОСТ 31689-2012 Казеин. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2014. 16 с.
14. Kinsella J.E., Fox P.F. Water sorption by proteins: milk and whey proteins // CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 1986, 24, p. 91–139.

Информация об авторах

А. Л. Новокшанова – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «ФИЦ питания и биотехнологии».

Information about the authors

A.L. Novokshanova - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Federal State Budgetary Institution of Science «Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology».

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 07 октября 2025; одобрена после рецензирования 24 февраля 2026; принята к публикации 16 марта 2026.

The article was received by the editorial board on 07 Oct 2025; approved after editing on 24 Feb 2026; accepted for publication on 16 Mar 2026.