

Изменения физико-химических и структурно-механических свойств натуральных сыров после термизации

Галина Михайловна Свириденко, д-р тех. наук, руководитель направления микробиологических исследований молока и молочных продуктов

E-mail: g.sviridenko@fnpcps.ru

Анастасия Николаевна Шишкина, младший научный сотрудник, аспирант

Василий Валерьевич Калабушкин, канд. тех. наук, руководитель направления исследований по технологии плавящихся сыров

Евгения Евгеньевна Ускова, младший научный сотрудник

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

Представлены результаты исследования изменения физико-химических и реологических показателей различных видовых групп натуральных сыров после их термомеханической обработки. При выработке термизированных сыров в качестве основного сырья применяли различные виды натуральных сыров, цитратно-фосфатную эмульгирующую соль и воду. В исследованных сырах определяли массовую долю влаги и жира, активную кислотность, модуль упругости, динамическую вязкость и $tg \delta$. Важность исследования данных показателей заключается в их влиянии на функциональные свойства сыров для приготовления пиццы. Установлено, что цитратно-фосфатные эмульгирующие соли увеличивают буферную емкость и стабилизируют активную кислотность термизированных сыров относительно натуральных сыров-сырья, за исключением сыров с плесенью и сыров с чеддеризацией сырной массы. Применение эмульгирующих солей и воды в процессе термомеханической обработки закономерно приводит к уменьшению жирности термизированных сыров относительно натуральных сыров-сырья. В процессе термизации различных видовых групп натуральных сыров происходит снижение модуля упругости, динамической вязкости и соотношения модуля потерь к модулю упругости ($tg \delta$), что отражается на консистенции термизированных сыров. Термомеханическая обработка натуральных сыров-сырья способствует уменьшению плотности, появлению эластичности, пластичности и несвязности термизированных сыров. Таким образом, в результате термизации натуральных сыров-сырья происходят значимые изменения физико-химических и реологических характеристик, что влечет за собой изменение функциональных свойств термизированных сыров для пиццы.

Ключевые слова: термизированный сыр, сыр, физико-химические свойства, реологические свойства, термизация, качество

Основным и обязательным ингредиентом при производстве пиццы является сыр. Применение натуральных сыров в качестве начинки приводит к высокой стоимости готового продукта. Использование плавящихся сыров для изготовления пиццы ограничено несоответствием их функциональных свойств требуемым. В последние годы для производства пиццы стали применять особую категорию сыров – термизированные, которые производятся на основе натуральных сыров с применением эмульгирующих солей, воды и других компонентов путем термомеханической обработки при температуре 72 ± 3 °C. Пригодность сыров для производства пиццы в основном оценивают по их функциональным свойствам (способность к измельчению, плавимости, выделению свободного жира, изменению окраски расплавленного сыра, образованию блистеров, длине сырной нити). На формирование специфических функциональных свойств

оказывают влияние физико-химические, биохимические и реологические показатели [1, 2, 3].

Рядом исследований, проводимых на плавящихся сырах, установлено, что изменение технологических режимов производства, в том числе температуры плавления, влияют на структурно-механические свойства продукта. Повышение температуры плавления с 70 до 95 °C при одинаковой продолжительности обработки приводит к увеличению твердости и модуля упругости, к снижению пластической деформации и текучести плавящихся сыров [4–6]. Температурные режимы выше 100 °C заметно снижают вязкость и повышают текучесть после термомеханической обработки сырной массы [6–8]. Длительное выдерживание расплавленной смеси при высоких температурах может привести к излишней плотности, ломкости и отделению жира. При высокой скорости перемешивания расплавленной массы уве-

личивается вязкость и твердость плавленого сыра, а пластические свойства и способность к повторному плавлению ухудшаются. Применяемые режимы выработки плавленых сыров не способствуют формированию специфических функциональных свойств, необходимых для производства пиццы [6, 9, 10, 11].

Ученые норвежского университета естественных наук исследовали реологические изменения различных сыров, применяемых в качестве начинки для пиццы, при нагревании до температуры 90 °С. Установлено, что при термообработке натуральных сыров происходит уменьшение модуля упругости примерно в 100 раз. Измерения напряжений на границе линейно-вязкоупругой области показывают, что при нагревании сыр Ярлсберг Лайт становится значительно прочнее, а в сыре Чеддер не изменяются реологические показатели, кроме модуля упругости [12].

Banville V. с соавторами исследовали влияние термомеханической обработки на свойства сыров типа Паста Филата, которые традиционно используются для производства пиццы. Готовые сыры содержали больше белка и меньше жира относительно сырного сгустка. Температура термомеханической обработки не влияет на содержание жира в сырах типа Паста Филата. При увеличении скорости и времени вымешивания сырного зерна наблюдается снижение жира в готовом образце. Это обуславливается увеличением площади поверхности контакта между сырной массой и сывороткой, в которую выходит жир при «разрыве расплава» белковой матрицы. Модуль упругости в исследованных сырах варьировал в диапазоне 94–126 кПа, что значительно ниже того, что предполагали ученые. Авторами установлена плохая корреляция между режимами термомеханической обработки и реологическими параметрами [13].

Bähler B. с соавторами оценивали поведение колебательной и сдвиговой деформации при терморологической пластификации сырного зерна сыров типа Паста Филата. Установлено, что температурная зависимость модуля потерь связана с содержанием белка, что может быть обусловлено его гидрофобностью. При увеличении времени пластификации сырной массы увеличивается вязкость и модуль упругости [14].

На данный момент в доступной литературе не удалось найти данных об изменении физико-химических и реологических показателей различных видовых групп натуральных сыров в процессе получения термизированных сыров. Поэтому цель данной работы – про-

ведение сравнительной оценки комплекса физико-химических и структурно-механических свойств натуральных и выработанных на их основе термизированных сыров, является актуальной.

Объектами исследования являлись натуральные сыры, относящиеся к различным видовым группам, и выработанные из них термизированные сыры. Изучали твердые сыры с высокой температурой второго нагревания (образец № 1); полутвердые сыры с низкой температурой второго нагревания, формируемые из пласта (незрелые – образец № 2, зрелые – образец № 3); полутвердые сыры пониженной жирности (незрелые – образец № 4, зрелые – образец № 5); полутвердые сыры с низкой температурой второго нагревания и повышенным уровнем молочнокислого процесса, формируемые насыпью (незрелые – образец № 6, зрелые – образец № 7); полутвердые сыры с высокой температурой второго нагревания (образец № 8); полутвердые сыры с плесенью (образец № 9); полутвердые и мягкие сыры с чеддеризацией сырной массы (образцы № 10 и № 11 соответственно); мягкие сыры (образец № 12); рассольные сыры с низкой температурой второго нагревания и без второго нагревания (образцы № 13 и № 14).

В натуральных и термизированных сырах стандартными методами исследовали физико-химические свойства (массовую долю влаги, активную кислотность, массовую долю жира в сухом веществе). Структурно-механические (реологические) свойства определяли на реогониометре Вайссенберга.

Изменение величины pH в процессе термомеханической обработки натуральных сыров представлено на рисунке 1. Применение эмульгирующих солей при термизации натуральных сыров приводит к стабилизации и корректировке pH готового сыра, так как они обладают значительной буферной емкостью.



Рисунок 1. Активная кислотность натуральных сыров и термизированных сыров, выработанных на их основе

стью. Использование цитратно-фосфатных эмульгирующих солей при термомеханической обработке сыров-сырья с рН больше 5,5 снижает рН термизированного сыра, а термизация сыров-сырья с рН ниже 5,3 увеличивает активную кислотность. Таким образом, применяемые при производстве термизированных сыров эмульгирующие соли корректируют значения активной кислотности. Активная кислотность сыров для пиццы может оказывать влияние на их функциональное свойство «сгораемость». Как было установлено в ранее проведенных исследованиях, при рН ниже 5,2 усиливается интенсивность покоричневения и уменьшается балльная оценка функционального свойства «сгораемость» [15].

Сравнение массовой доли влаги и жира в сухом веществе натуральных сыров и выработанных на их основе термизированных сыров представлены на рисунке 2. При получении термизированных сыров использовали водные растворы эмульгирующих солей, что при-

водит к стабилизации содержания влаги в термизированных сырах. Добавление к сырам-сырью при термизации воды и эмульгирующих солей без жировых компонентов закономерно снижает массовую долю жира в сухом веществе термизированных сыров. Влажность и жирность натуральных и термизированных сыров оказывает влияние на формирование ряда функциональных свойств. Так, при увеличении массовой доли жира в сухом веществе наблюдается увеличение плавимости и выделения свободного жира после выпечки сыров для пиццы. Увеличение влажности в сырах ухудшает их натираемость [15].

В результате исследований установлено влияние термомеханической обработки натуральных сыров на реологические показатели термизированного сыра (табл. 1). В процессе термизации натуральных сыров происходит снижение модуля упругости (G'), динамической вязкости (η') и соотношения модуля потерь к модулю упругости ($\tan \delta$). Такие изменения

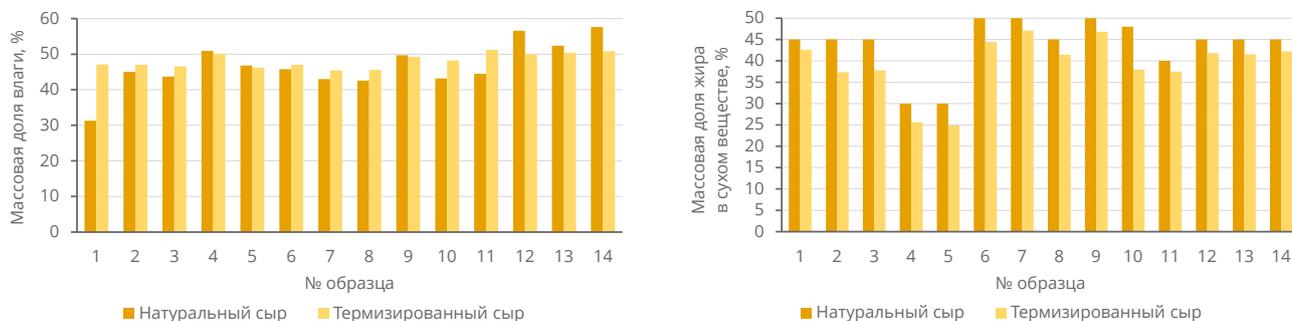


Рисунок 2. Изменение массовой доли влаги и жира в сухом веществе натуральных сыров после термизации

Таблица 1
Структурно-механические свойства различных видовых групп натуральных сыров (НС) и термизированных сыров, выработанных на их основе (ТС)

№ образца	Модуль упругости (G'), кПа		Динамическая вязкость (η'), кПа*с		Соотношение модуля потерь к модулю упругости ($\tan \delta$)	
	НС	ТС	НС	ТС	НС	ТС
1	198,11 ± 0,50	9,50 ± 0,44	95,30 ± 0,69	0,47 ± 0,27	4,80 ± 0,06	0,97 ± 0,05
2	32,90 ± 1,34	19,29 ± 1,51	21,40 ± 1,32	0,78 ± 0,35	1,10 ± 0,18	0,80 ± 0,08
3	41,10 ± 2,23	13,15 ± 1,13	24,20 ± 1,54	0,47 ± 0,14	1,21 ± 0,20	0,71 ± 0,09
4	46,00 ± 0,93	40,85 ± 2,10	24,90 ± 1,73	1,54 ± 0,80	1,30 ± 0,16	0,65 ± 0,01
5	37,50 ± 2,07	20,73 ± 2,41	20,50 ± 1,23	2,37 ± 1,01	1,00 ± 0,07	0,67 ± 0,02
6	44,50 ± 1,38	42,38 ± 1,85	31,20 ± 1,00	1,88 ± 0,92	1,60 ± 0,06	0,88 ± 0,05
7	63,80 ± 1,95	9,65 ± 1,17	42,30 ± 1,48	0,79 ± 0,25	2,10 ± 0,07	1,63 ± 0,13
8	62,70 ± 1,44	19,86 ± 1,54	37,80 ± 1,93	0,90 ± 0,43	1,90 ± 0,08	0,90 ± 0,11
9	71,20 ± 1,42	2,04 ± 0,34	46,60 ± 1,40	0,21 ± 0,11	2,40 ± 0,15	2,00 ± 0,18
10	39,50 ± 2,96	9,02 ± 0,57	19,70 ± 0,53	0,53 ± 0,23	1,00 ± 0,12	1,16 ± 0,10
11	24,40 ± 1,86	13,10 ± 1,33	14,40 ± 1,30	0,53 ± 0,21	0,70 ± 0,06	0,80 ± 0,03
12	42,60 ± 1,56	41,50 ± 2,47	23,80 ± 1,59	1,48 ± 0,78	1,20 ± 0,08	0,65 ± 0,02
13	109,40 ± 5,43	94,83 ± 2,73	53,80 ± 1,41	2,96 ± 1,17	2,70 ± 0,21	0,62 ± 0,02

можно объяснить тем, что под действием температуры 72 ± 3 °C и эмульгирующей соли происходит диспергирование казеинов сыра, вследствие образования хелатных комплексов с Ca^{2+} и уменьшения размеров жировых глобул в процессе обработки. Реологические изменения исследованных сыров отражают их консистенцию после термомеханической обработки и влияют на натираемость сыров для пиццы перед выпечкой. Термизация натуральных сыров приводит к уменьшению плотности и появлению эластичности, пластичности и несвязности сырной массы.

Таким образом, термизация и применение эмульгирующих солей и воды оказывает влияние на физико-

химические и структурно-механические свойства натуральных сыров-сырья. Цитратно-фосфатные эмульгирующие соли, применяемые при производстве термизированных сыров, корректируют активную кислотность и стабилизируют влажность готового продукта. Применение эмульгирующих солей и воды при термомеханической обработке закономерно приводят к снижению жирности термизированных сыров относительно исходных натуральных сыров. В процессе термизации натуральных сыров происходит снижение модуля упругости, динамической вязкости и соотношения модуля потерь к модулю упругости ($\text{tg } \delta$), что отражается на консистенции и натираемости термизированных сыров. ■

Effect of Thermal Treatment on Physicochemical, Structural, and Mechanical Properties of Natural Cheese

Sviridenko G. M., Kalabushkin V. V., Shishkina A. N., Uskova E. E.

All-Russian Scientific Research Institute of Butter and Cheesemaking, V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems, Uglich

The article describes the changes in the physicochemical and rheological parameters of various natural cheeses after their thermomechanical processing. The experimental heat-treated cheeses consisted of natural cheese, citrate-phosphate emulsifying salt, and water. The test parameters involved mass fraction of moisture and fat, active acidity, elastic modulus, dynamic viscosity, and $\text{tg } \delta$, i.e., the loss vs. elastic modulus ratio. All these indicators affected the functional properties of the resulting pizza cheeses. Citrate-phosphate emulsifying salts increased the buffer capacity and stabilized the active acidity of the heat-treated cheeses relative to the natural cheese samples, blue cheeses and cheddared cheese masses being the only exceptions. Emulsifying salts and water reduced the fat content. The thermal treatment also lowered such indicators as elastic modulus, dynamic viscosity, and $\text{tg } \delta$, which affected the consistency of the final product. After the thermomechanical processing, the natural cheeses became less dense but more elastic, plastic, and loose. Their physicochemical and rheological characteristics changed, which means that the thermal treatment gave the resulting heat-treated pizza cheeses some functionally useful properties.

Keywords: heat-treated cheese, cheese, physicochemical properties, rheological properties, thermization, quality

Список литературы

- ГОСТ Р 59212-2020. Сыры для пиццы термизированные. Технические условия = Cheeses for pizza termized. Specifications: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25.11.2020 г. № 1173-ст: дата введения 2021-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2020. – 12 с.
- Sviridenko, G. M. Research on the possibility of extending the shelf life of cheese raw material and heat-treated cheese by their freezing for further use in HoReCa / G. M. Sviridenko [et al.] // Food systems. 2020. №3 (4). P. 39–44. DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2020-3-4-39-44>
- Рыбалова, Т. И. Правильный сыр – главный секрет успеха пиццы / Т. И. Рыбалова // Сыроделие и маслоделие. 2020. №2. С.8–12.
- Lee, B. O. Ultrastructural study on processed cheese. Effect of different parameters / B. O. Lee, G. Kilbertus, C. Alais. // Milchwissenschaft. 1981. № 36. P. 343–348.
- Shan, J. Characterization of the processing conditions upon textural profile analysis (tpa) parameters of processed cheese using near-infrared hyperspectral imaging. / J. Shan [et al.] // Analytical Letters. 2020. № 53 (8). P. 1190–1203. DOI: <https://doi.org/10.1080/00032719.2019.1700421>
- Тамим, А. Й. Плавленые сыры и сырные продукты / А. Й. Тамим [Перевод с английского]. – СПб: Профессия, 2013. – 376 с.
- Talbot-Walsh, G. A review on technological parameters and recent advances in the fortification of processed cheese / G. Talbot-Walsh, D. Kannar, C. Selomulya // Trends in Food Science & Technology. 2018. № 81. P. 193–202. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_17
- Belsito, P. C. Manufacture of Requeijão cremoso processed cheese with galactooligosaccharide / P. C. Belsito [et al.] // Carbohydrate Polymers. 2017. № 174. P. 869–875. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.07.021>
- Kalab, M. Textural properties and microstructure of process cheese food rework / M. Kalab, J. Yun, S. H. Yiu // Food Structure. 1987. № 6 (2). Article 10.
- Lenze, S. Effect of the compositional factors and processing conditions on the creaming reaction during process cheese manufacturing / S. Lenze [et al.] // Food and Bioprocess Technology. 2019. № 12. P. 575–586. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-019-2234-6>
- Garimella Purna S. K. Effect of formulation and manufacturing parameters on process cheese food functionality. 1. Trisodium citrate / S. K. Garimella Purna, A. Pollard, L. E. Metzger // Journal of Dairy Science. 2006. № 89. P. 2386–2396.
- Rukke, E. O. Rheology, texture and meltability of different types of cheese / E. O. Rukke, R. K. Abrahamsen, R. B. Schüller. // Annual transactions of the nordic rheology society. 2018. № 26. P. 211–218.
- Banville, V. Impact of thermo-mechanical treatments on composition, solids loss, microstructure, and rheological properties of pasta filata-type cheese / V. Banville [et al.] // International Dairy Journal. 2016. № 61. P. 155–165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.05.004>
- Bähler, B. Evaluation of oscillatory and shear strain behaviour for thermo-rheological plasticisation of non-ripened cheese curd: Effect of water, protein, and fat. / B. Bähler, R. Back, J. Hinrichs. // International Dairy Journal. 2015. № 46. P. 63–70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.01.002>
- Sviridenko, G. M. Possibility of using natural cheeses for pizza production / G. M. Sviridenko, A. N. Shishkina, V. V. Kalabushkin // Food systems. 2023. № 6 (3). P. 416–423. DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-3-416-423>