

Влияние вида коллагена на структурно-механические свойства сметанных продуктов

Марина Александровна Гинзбург, аспирант
Нина Ивановна Дунченко, д-р техн. наук, профессор,
заведующая кафедрой
E-mail: ndunchenko@rgau-msha.ru
Российский государственный аграрный университет –
МСХА им. К. А. Тимирязева

Изучено влияние вида (рыбный, свиной, говяжий, куриный) и концентрации (5, 10 и 15 %) коллагена на структурно-механические свойства сметанных продуктов. Лучшими образцами можно считать сметанный продукт с добавлением рыбного и говяжьего коллагена в концентрации 5 %. Образцы с добавлением коллагена животного происхождения в концентрации 10 % имели склонность к вязкому течению. Получено описание структурно-механического типа сметанных продуктов, подтверждающее их склонность к вязко-пластичному течению.

Ключевые слова: сметанный продукт, коллаген, структурно-механические показатели, деформационный профиль, релаксация.

Ginzburg M. A., Dunchenko N. I. Influence of the type of collagen on the structural and mechanical properties of sour cream products

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

The influence of the type (fish, pork, beef, chicken) and concentration (5, 10 and 15 %) of collagen on the structural and mechanical properties of sour cream products was studied. The best samples can be considered a sour cream product with the addition of fish and beef collagen at a concentration of 5 %. Samples with the addition of collagen of animal origin at a concentration of 10 % had a tendency to viscous flow. A description of the structural-mechanical type of sour cream products is obtained, confirming their tendency to viscous-plastic flow.

Key words: sour cream product, collagen, structural and mechanical parameters, deformation profile, relaxation.

В условиях жесткой рыночной конкуренции для производства молочных продуктов используют современные технологии: технические решения в машинно-аппаратурных схемах, новые натуральные пищевые ингредиенты — улучшители технологических и органолептических свойств, добавки для обеспечения функциональных свойств молочных продуктов [1, 2, 7]. Одним из ингредиентов, который можно использовать для обогащения и формирования консистенции сметанных продуктов, является коллаген.

Структурно-механические свойства продукта во многом определяют его органолептические показатели. Структура (от лат. *structura*) — совокупность устойчивых связей объекта, обеспечивающих его целостность и тождественность самому себе; текстура (от лат. *textura*) — ткань, связь, строение. Наличие внутренней структуры придает пищевым системам определенные механические свойства — упругость, пластичность, вязкость, прочность, которые объективно характеризуют их консистенцию. Реология пищевых систем зависит от природы входящих веществ и их соотношения, а также сил взаимодействия между ними.

Основные теоретические предпосылки и научные исследования в области формирования структуры и консистенции пищевых систем

отражены в работах П. А. Ребиндера, А. В. Горбатова, К. К. Горбатовой, Н. Н. Липатова (ст.), Н. Н. Липатова (мл.), В. Д. Косого, Н. И. Дунченко, Д. Ж. Далглейш, П. Ф. Фокс, М. Л. Грин и др. [2, 4]. Мнения ученых едины в том, что структура и консистенция молочных продуктов обуславливаются совокупностью физико-химических, биохимических, технологических свойств составных компонентов молока и их агрегатным состоянием [2, 3, 7]. Структурообразование в молочных системах характеризуется способностью белков и белковых препаратов образовывать при взаимодействии «белок-белок» гели, связывающие большое количество воды.

Определять реологические характеристики молочных продуктов необходимо с использованием инструментальных методов контроля, позволяющих повысить оперативность и объективность оценки, формализовать процесс управления реологическими показателями на различных стадиях производства, а в конечном итоге стабилизировать качество продукта [4, 7].

Цель исследования — изучение влияния вида и концентрации коллагена на структурно-механические свойства сметанных продуктов.

Образцы нативного коллагена (рыбный, свиной, говяжий, куриный) отечественного производства представляли собой сухой порошок от бе-

лого до кремового цвета, без запаха, с нейтральным вкусом, который легко набухал в теплой воде. Коллагены в количестве 5, 10 и 15 % вводили в сливки с массовой долей жира 10 %, нагревали до температуры пастеризации 86 ± 2 °C, перемешивали, охлаждали до 28–32 °C. Вносили 5 % комбинированной закваски, содержащей молочнокислые лактококки и термофильные стрептококки. Смесь перемешивали 10–15 мин и сквашивали при 30 ± 2 °C в течение 7–10 ч. Далее образцы охлаждали до 4 ± 2 °C и оставляли для созревания в течение 8 ч. Готовность сметанного продукта определяли по титруемой кислотности, которая в опытных и контрольных образцах составляла 60–100 °T, что соответствовало требованиям технической документации. Контрольные образцы готовили по аналогичной схеме без внесения коллагена.

Предварительно проведена дегустация образцов сметанных продуктов, обогащенных коллагеном. Образцы оценивали по пятибалльной шкале по показателям: цвет, вкус и запах, внешний вид, консистенция. Образцы со всеми видами коллагена в концентрации 15 % имели привкус, свойственный виду вносимого коллагена, а именно, говяжий, свиной, куриный и рыбный. Такие образцы далее не участвовали в исследовании и не учитывались при статистической обработке данных.

Структурно-механические характеристики образцов сметанных продуктов с коллагеном определяли с использованием информационно-измерительной системы — текстурометр «Структурометр СТ-2» [5, 6]. Применяли методы оценки деформационного профиля и глубины релаксации, а также совмещенную методику измерения деформационных характеристик с учетом релаксации. Статистическая обработка данных выполнена с использованием программного пакета Statistica (StatSoft) и Origin (Origin Lab Corporation).

Методика исследования деформационного профиля основана на определении общей, пластической и упругой деформаций и выполнена по методике, разработанной компанией «Лаборатория качества». Для этого пробы подвергались сжатию индентором «Цилиндр Ø36» со скоростью движения 0,5 мм/с после касания объекта с усилием 7 г до конечного усилия 1500 г. После начиналось

реверсивное движение индентора с той же скоростью до усилия в 7 г.

Для более чувствительной оценки использовали совмещенную методику определения деформационного профиля продукта с учетом релаксации [5]. Методика основана на оценке реологических свойств продукта при сжатии индентором «Цилиндр Ø36» со скоростью 0,5 мм/с после касания пробы с усилием 7 г до конечного усилия (200 г). После остановки движения измерительной головки определялась релаксация структуры продукта под нагрузкой в течение 120 с. Затем записывали реверсивное движение индентора до полного исчезновения контакта с продуктом (7 г). Использовали те же инденторы, что и для анализа деформационного профиля.

В результате измерения деформационного профиля и релаксационных характеристик продукта получены кривые (рис. 1).

При одинаковых условиях измерения некоторые образцы проявля-

ли нетипичное поведение, формируя бимодальный пик конечного усилия. Выявленная особенность повлияла на параметр «пластическая деформация» для образцов сметанных продуктов с добавлением коллагена свиного и говяжьего в концентрации 10 % (см. таблицу).

Последующий анализ релаксационных кривых основан на обобщенной модели Максвелла, представляющей экспоненту релаксации в виде суммы нескольких экспонент:

$$Y(t) = K_1 \cdot \exp\left(-\frac{t}{T_1}\right) + K_2 \cdot \exp\left(-\frac{t}{T_2}\right) + \dots + \sum_{i=1}^n K_i \cdot \exp\left(-\frac{t}{T_i}\right),$$

где $Y(t)$ — функция релаксации, t — текущее время; K_i и T_i — константы, зависящие от структурно-механических свойств образца.

Выделяют несколько констант релаксации пищевых сред: K_1 — доля быстрой релаксации напряжений; K_2 — доля длительной релаксации напряжений; K_3 — доля остаточной

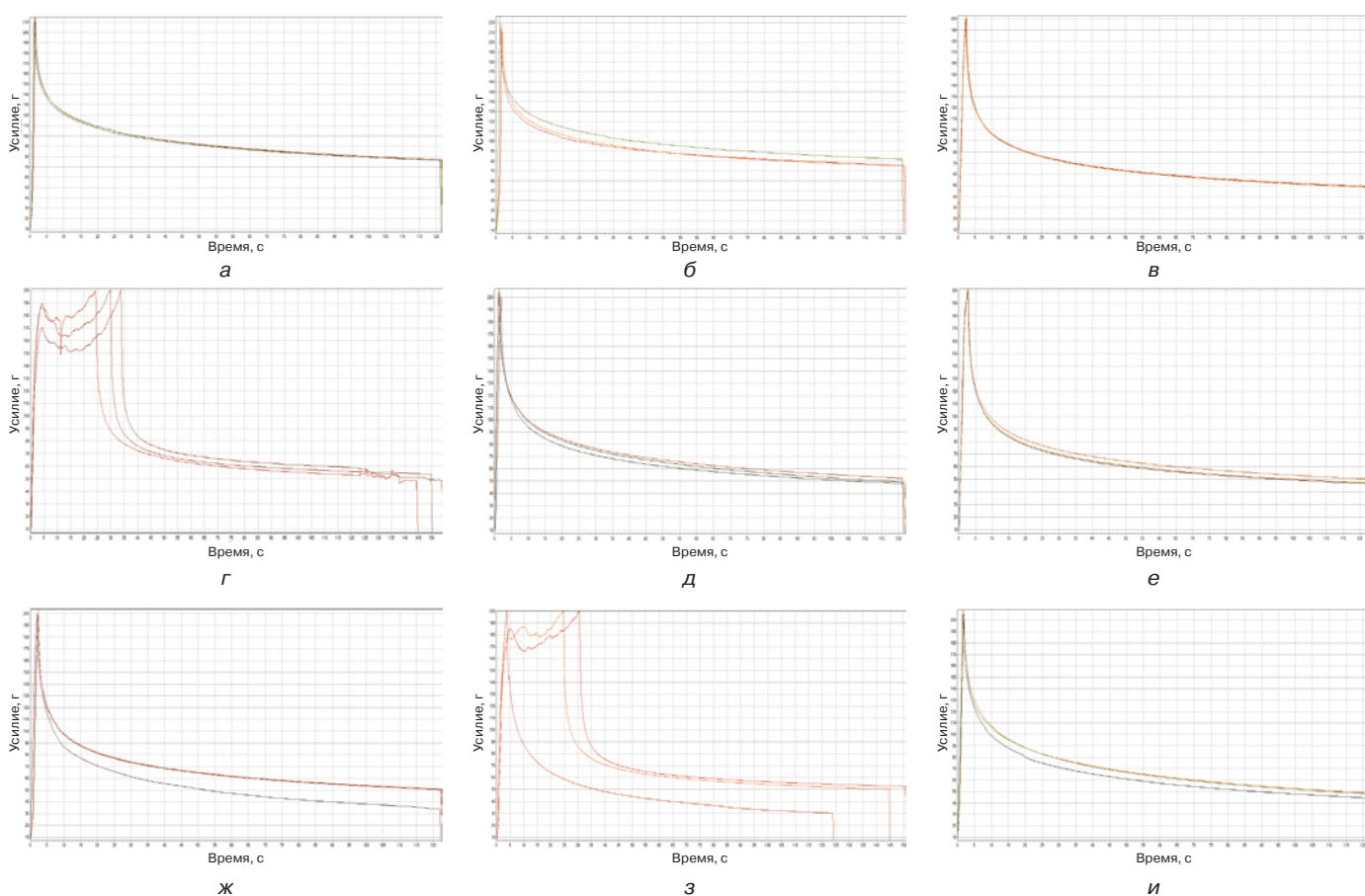


Рис. 1. Характеристические кривые измерения усилия по методике «Деформационный профиль и релаксация» для образцов сметанных продуктов: а — с куриным коллагеном в концентрации 5 %; б — с куриным коллагеном в концентрации 10 %; в — со свиным коллагеном в концентрации 5 %; г — со свиным коллагеном в концентрации 10 % (нетипичное поведение при одинаковом режиме измерения); д — с рыбным коллагеном в концентрации 5 %; е — с рыбным коллагеном в концентрации 10 %; ж — с говяжьим коллагеном в концентрации 5 %; з — с говяжьим коллагеном в концентрации 10 %; и — контроль

Структурно-механические свойства сметанных продуктов с коллагеном

Показатель	Образец сметанного продукта с коллагеном								
	говяжий 5 %	говяжий 10 %	свиной 5 %	свиной 10 %	куриный 5 %	куриный 10 %	рыбный 5 %	рыбный 10 %	контроль
Деформация общая, мм	1,128	9,852	1,18	14,68	0,672	0,758	0,716	1,342	0,815
Деформация пластическая, мм	0,973	9,73	0,987	14,552	0,523	0,634	0,553	1,117	0,659
Деформация упругая, мм	0,155	0,121	0,193	0,128	0,149	0,124	0,163	0,225	0,156
Глубина релаксации, г	155,033	155,833	151,2	150,5	123,5	122,633	150,166	157,966	153,1

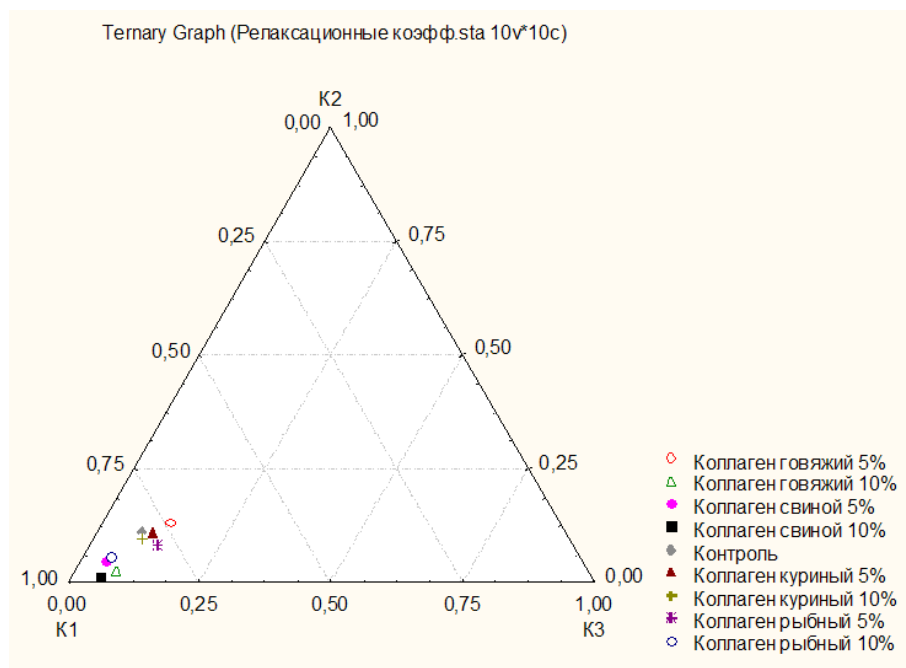


Рис. 2. Диаграмма структурно-механического типа для сметанных продуктов с коллагеном

релаксации [5, 6]. Результаты поиска констант выражают в виде треугольной системы координат, разделенной на сектора, — диаграммы структурно-механического типа (рис. 2).

Для обработки результатов измерений релаксационных характеристик использовали программный пакет Origin. Обработка заключается в выделении кривой экспоненты процесса релаксации и итеративной аппроксимации кривой по заданному уравнению. В результате статистической обработки получают коэффициенты уравнения, описывающие аппроксимированную кривую:

- $Y(t) = y_0$ — общее нормальное механическое напряжение;
- $K_i = A$ — константы, описывающие поведение кривой релаксации (для включения в диаграмму структурно-механического типа представляются как доли от суммы коэффициентов);

- T_i — время релаксации на разных участках кривой.

Судя по диаграмме, образцы сметанного продукта с коллагеном имеют выраженную склонность к высоким пластическим свойствам и быстрой релаксации (K_1). Продукты подразделяются на две группы, одна из которых характеризуется повышенным соотношением быстрорелаксирующего напряжения, что свидетельствует о более высоких пластических свойствах.

Лучшими образцами можно считать сметанный продукт с добавлением рыбного и говяжьего коллагена в концентрации 5 %. Установлено, что образцы с добавлением коллагена животного происхождения в концентрации 10 % имели склонность к вязкому течению. Получено описание структурно-механического типа сметанных продуктов, подтверждающее их склонность к вязко-пластичному течению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дунченко, Н. И. Влияние пищевых волокон на структурно-механические свойства творожных десертов/Н. И. Дунченко [и др.]// Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2001. № 1 (260). С. 29–32.
2. Дунченко, Н. И. Молочная основа с коллагеносодержащими препаратами/Н. И. Дунченко [и др.]// Молочная промышленность. 2004. № 11. С. 46–47.
3. Дунченко, Н. И. Функционально-технологические свойства коллагеносодержащей молочной основы/Н. И. Дунченко [и др.]// Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2005. № 4 (287). С. 34–36.
4. Косой, В. Д. Реология молочных продуктов (полный курс) (теория, научные исследования, справочный материал, лабораторный практикум)/В. Д. Косой, Н. И. Дунченко, М. Ю. Меркулов. — М.: Делли Принт, 2010. — 825 с.
5. Черных, В. Я. Информационно-измерительная система на базе прибора «Структурометр СТ-2» для контроля реологических характеристик пищевых сред/В. Я. Черных// Четвертая научно-практическая конференция с международным участием «Управление реологическими свойствами пищевых продуктов». — М: ФГБНУ НИИХП, 2015. С. 24–29.
6. Черных, В. Я. Влияние продолжительности хранения хлебобулочных изделий на показатели твердости и эластичности мякиша/В. Я. Черных, В. В. Кононенко, А. С. Максимов// Хлебопечение России. 2020. № 2. С. 19–27.
7. Santana, J. C. C. Valorization of Chicken Feet By-Product of the Poultry Industry: High Qualities of Gelatin and Biofilm from Extraction of Collagen/J. C. C. Santana [et al.]// Polymers. 2020. V. 12 (3). P. 529.