

# О комплексном применении стабилизирующих консистенцию и модифицирующих молочный белок пищевых добавок в йогурте

*Д-р техн. наук, заслуженный работник пищевой индустрии РФ* **З.С.ЗОБКОВА**,  
*канд. техн. наук* **Т.П.ФУРСОВА**,  
*канд. техн. наук* **Д.В.ЗЕНИНА**,  
**А.Д.ГАВРИЛИНА**,  
**И.Р.ШЕЛАГИНОВА**  
*ВНИИ молочной промышленности*

Одна из составляющих успеха любого кисломолочного напитка (КМН) на потребительском рынке – качество его консистенции. Проблема обеспечения требуемой консистенции йогурта связана с тем, что этот продукт чаще всего вырабатывается резервуарным способом и включает разнообразные вкусовые добавки. Внесение добавок в молочно-белковый сгусток сопровождается длительным перемешиванием, что приводит к значительному его разрушению. Современные тенденции увеличения сроков годности кисломолочных напитков вызывают также проблему сохранения качества их текстуры в процессе длительного хранения. Поиск путей, обеспечивающих консистенцию продукта, устойчивую к различным неблагоприятным воздействиям и стабильную в процессе длительного хранения, в то же время не оказывающих значительного влияния на себестоимость продукта, остается актуальной задачей.

Известны способы улучшения консистенции кисломолочных напитков, вырабатываемых резервуарным способом, связанные с обогащением белкового состава исходного молока, подбором заквасок, обладающих загущающими свойствами, применением специальных режимов технологической обработки, использованием стабилизирующих пищевых добавок – гидроколлоидов растительного или животного происхождения, обладающих загущающими и желеобразующими свойствами. Эти факторы значительно влияют на консистенцию кисломолочных напитков и должны учитываться в процессе их производства. Пищевые гидроколлоиды среди прочих факторов оказывают определяющее влияние на консистенцию КМН при условии правильного выбора стабилизирующей добавки, ее дозы, оптимизации состава молочной смеси, учета необходимых условий проведения технологи-

ческого процесса, что позволяет получить продукт с требуемыми показателями качества.

Стабилизирующие пищевые добавки, как показали результаты длительных исследований, обеспечивают получение вязкой однородной, без отделения сыворотки текстуры продукта и сохранение ее в ходе длительного хранения вплоть до наступления микробиологической порчи. Однако применение стабилизирующих добавок имеет определенные ограничения. Так, чрезмерное количество стабилизирующих добавок приводит к появлению таких текстурных дефектов, как желеобразная, «пружинящая» или излишне плотная, «тяжелая», нехарактерная для КМН консистенция. В то же время недостаточное их количество не препятствует отделению сыворотки.

Для улучшения консистенции КМН применяется также ферментативное сшивание казеина трансглутаминой (ТГ). Кислотно-индуцированное гелеобразование сшитого трансглутаминой казеина приводит к образованию более тонко организованной белковой сетки с более высокой влагоудерживающей способностью, прочностью и вязкостью. Тем не менее применение трансглутаминазы ограничено, так как избыточное сшивание казеина может привести к текстурным проблемам: неоднородности, шероховатости, крупитчатости консистенции. Поэтому степень улучшения структурно-механических характеристик (СМХ) кисломолочного геля и в этом случае имеет определенный предел.

Одним из возможных способов достижения однородной, нерасслаивающейся, вязкой консистенции КМН, устойчивой при хранении, наряду с перечисленными выше является комплексное применение добавок, модифицирующих белок молочной основы и стабилизирующих молочнок-белковый сгусток.

Белковые или полисахаридные гели, полученные с помощью трансглутаминазы, представлены в патенте США № 4917904 [1], описывающем ферментативное сшивание белков в сложных смесях (пищевых продуктах) с целью улучшения их текстуры.

Существуют патент США № 5968568, японские патентные заявки JP 58149645,

JP 2005229907, патент Японии JP 2629886, международные заявки на патент WO 2001079474, WO 2006056700, WO 0022103, европейские патентные заявки EP 809110, EP 982038 и др., согласно которым, в частности, трансглутаминаза используется для регулирования желирования смесей полисахаридов, различных белков и других компонентов, предназначенных для применения в разных сферах.

Международный патент WO 2003007733 A1 [2] относится к композиции, содержащей гидроколлоиды (от 0,02 до 1 %) и сшивающий фермент трансглутаминазу (активностью ~100 ед/г в количестве от 0,15 до 20 ед/г белка, содержащегося в пищевом продукте). Авторами отмечено явление «синергизма» в геле, полученном с использованием вышеуказанной композиции, который имел более высокий комплексный модуль (прочность геля), чем при простом аддитивном эффекте при применении гидроколлоида и перекрестной ферментативной сшивке в пищевых продуктах и косметических изделиях. Композиция, содержащая гидроколлоиды, белки и сшивающий фермент, применяется при приготовлении десертов, мороженого, плавленого сыра, сливочного сыра, подкисленного геля, в том числе йогурта, питьевых протеинсодержащих напитков и др. В качестве сшивающего фермента могут использоваться трансферазы, такие как трансглутаминаза, оксидоредуктаза и некоторые протеазы.

Патент EP 0610649 [3] предлагает метод производства йогурта, включающий этап предварительной обработки сырья трансглутаминой. При этом используются также влагоудерживающие агенты типа агара, пектина, желатина и т.п.

Изучение особенностей комплексного применения таких способов улучшения консистенции КМН, как ферментная модификация белка молочной основы и использование гидроколлоидов в качестве загустителей и гелеобразователей, являлось задачей исследований. С целью определения доз гидроколлоидов для КМН, изготавливаемых с применением ферментной модификации

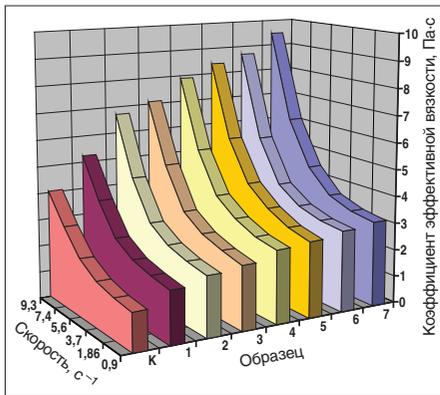


Рис. 1. Зависимость эффективной вязкости йогурта с желатином от скорости сдвига: К – контрольный образец (без ТГ и желатина); 1 – с ТГ; 2 – с 0,5 % желатина; 3 – с 0,5 % желатина и ТГ; 4 – с 0,6 % желатина; 5 – с 0,6 % желатина и ТГ; 6 – с 0,7 % желатина; 7 – с 0,7 % желатина и ТГ

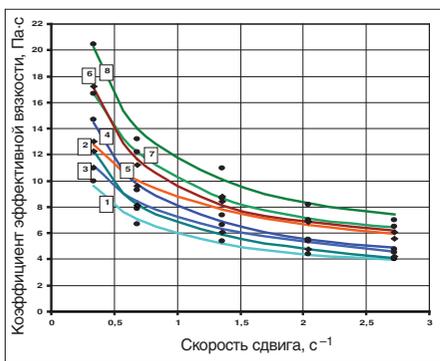


Рис. 2. Зависимость эффективной вязкости йогурта с крахмалом от скорости сдвига: 1 – контрольный образец (без ТГ и крахмала); 2 – с ТГ; 3 – с 1 % крахмала; 4 – с 1 % крахмала и ТГ; 5 – с 1,5 % крахмала; 6 – с 1,5 % крахмала и ТГ; 7 – с 2 % крахмала; 8 – с 2 % крахмала и ТГ

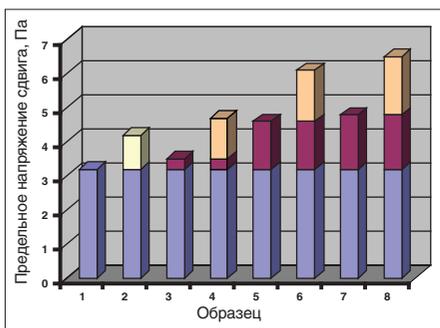


Рис. 3. Предельное напряжение сдвига йогурта: 1 – контрольный образец (без ТГ и пектина); 2 – с ТГ; 3 – с 0,8 % пектина; 4 – с 0,8 % пектина и ТГ; 5 – с 0,12 % пектина; 6 – с 0,12 % пектина и ТГ; 7 – с 0,15 % пектина; 8 – с 0,15 % пектина и ТГ

белка, при которых текстура продукта удовлетворяла бы всему комплексу желаемых требований, были проведены исследования влияния дозы стабилизирующей добавки на структурно-механические характеристики КМН.

В ходе эксперимента вырабатывали йогурт с массовой долей жира 2,5 %,

Образец йогурта с добавками	Структурно-механические характеристики					
	Коэффициент эффективной вязкости при единичной скорости сдвига $B_{0,1}$ , Па·с	Относительное изменение $B_{0,1}$ ( $B_{0,1}/B_{0,1K}$ )	Предельное напряжение сдвига $\theta_{0,1}$ , Па	Относительное изменение $\theta_{0,1}$ ( $\theta_{0,1}/\theta_{0,1K}$ )	Пластическая вязкость $\eta_{пл}$ , Па·с	Относительное изменение $\eta_{пл}$ ( $\eta_{пл}/\eta_{плK}$ )
Контроль (без добавок)	3,95	1	3,2	1	1,1	1
ТГ	5,05	1,28	4,2	1,25	1,6	1,45
0,5 % желатина	6,4	1,62	4,08	1,28	2	1,82
0,5 % желатина + ТГ	6,75	1,71	5	1,56	2	1,82
0,6 % желатина	7,5	1,89	5,4	1,69	2,2	2
0,6 % желатина + ТГ	7,9	2	5,8	1,81	2,1	1,91
0,7 % желатина	8,15	2,06	4,8	1,5	2,6	2,4
0,7 % желатина + ТГ	9	2,28	7,1	2,22	2,2	2
Контроль (без добавок)	3,8	1	3,1	1	1,2	1
ТГ	4,4	1,16	5,5	1,77	1,4	1,17
1,0 % крахмала	5	1,32	5,1	1,65	1,4	1,17
1,0 % крахмала + ТГ	5,8	1,53	5,2	1,68	1,7	1,42
1,5 % крахмала	6,2	1,63	5,1	1,65	1,6	1,33
1,5 % крахмала + ТГ	6,6	1,74	5,9	1,9	1,8	1,5
2,0 % крахмала	7	1,84	5,3	1,71	1,7	1,42
2,0 % крахмала + ТГ	8,4	2,21	6,1	1,97	2,0	1,67
Контроль (без добавок)	4,5	1	3,2	1	0,9	1
ТГ	6,0	1,33	4,2	1,31	1,2	1,33
0,08 % пектина	5,2	1,16	3,5	1,09	1,2	1,33
0,08 % пектина + ТГ	6,5	1,44	4,7	1,47	1,2	1,33
0,12 % пектина	6,0	1,33	4,6	1,44	1,05	1,17
0,12 % пектина + ТГ	7,4	1,64	6,1	1,91	1,1	1,22
0,15 % пектина	7,0	1,56	4,8	1,47	1,13	1,26
0,15 % пектина + ТГ	8,5	1,89	6,4	2	1,14	1,27

СОМО 10,4 %, белка 3,2 % с ТГ и стабилизаторами, внесенными в трех различных дозах предварительно выбранного диапазона и без них. В качестве стабилизаторов использовали желатин марки П-9, низкометоксилированный пектин (Е440); загуститель – нативный картофельный крахмал. Выбор данной группы гидроколлоидов обусловлен следующим. Желатин, являясь белком, а крахмал – нейтральным полисахаридом, образуют в КМН смешанные гели; низкометоксилированный пектин (кислый полисахарид) – ионсвязанный гель. Эти гидроколлоиды наиболее распространены, входят в состав практически любой стабилизирующей системы.

Ферментный препарат ТГ вносили в нормализованные пастеризованные смеси перед заквашиванием в установленной ранее минимальной для принятых условий ферментации дозе 6 ед/г белка. Нормализованные смеси сквашивали при  $40 \pm 2$  °С до кислотности  $85 \pm 3$  °Т, затем молочно-белковый сгусток перемешивали до полного разрушения структуры при охлаждении до  $25 \pm 2$  °С, разливали в потребительскую упаковку и направляли в холодильную камеру для доохлаждения и хранения при  $4 \pm 2$  °С в течение 18 ч с целью структурообразования. Затем определяли сдвиговые СМХ образцов готового продукта. Параллельно оценивали их органолептические показатели.

Из рис. 1–3 и таблицы видно, что значения коэффициента эффективной вязкости  $B_{0,1}$ , предельного напряжения сдвига  $\theta_{0,1}$ , пластической вязкости  $\eta_{пл}$  кисломолочного напитка увеличиваются с ростом дозы стабилизатора и в присутствии ТГ, причем наиболее показательно изменение  $\theta_{0,1}$  и  $B_{0,1}$ .

Эффект некоторого взаимного усиления влияния на СМХ стабилизирующей добавки и ферментной сшивки белка отмечался при сравнении величин предельного напряжения сдвига образцов йогурта, изготовленных с пектином и ТГ (см. рис. 3).

Применение ферментной сшивки белка позволяет уменьшить дозу стабилизирующей добавки без ухудшения структурно-механических характеристик продукта. Экономическая целесообразность совместного применения стабилизаторов и трансглютаминазы для улучшения вязкости перемешанного йогурта, уменьшения отделения сыворотки обусловливается тем, что сшивающий фермент является более дешевой заменой дополнительного количества стабилизирующей добавки в продукте при отсутствии снижения его биологической ценности.



#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Patent US 4917904 A** A23L1/314, A23L1/32, A23L1/015, A23L1/325, A23L1/31, A23L1/00. Process for the production of transglutaminase-containing food having improved texture / Atsushi Wakameda, Nobuaki Yatsuka, Yasuhiko Sasamoto (JP); applicant Taiyo Fishery Co., Ltd., Tokyo (JP). – Appl. US 07/310720; filled 30.06.1987; publ. 17.04.1990, Bulletin 1990/4. – 4 p., 3 table.
2. **Patent WO 2003007733 A1** A21D8/04, A23C19/06, A23C19/076 and etc. Protein-containing food-stuff comprising a cross-linking enzyme and a hydrocolloid / Peder Edvard Degn, Vries Jacob Ailko De, Merete Faergeman, Jwm Borch SllE (DK); applicant Danisco A/S, Copenhagen (DK). – Appl. PCT/IB2002/003388; filled 15.07.2002; publ. 30.01.2003. – 32 p., 22 fig., 5 table.
3. **Patent EP 0610649** A23C9/123, A23C9/127. Method for the production of yoghurt / Chihro C/O Food Prod. Dev. Lab. Ishii, Takahiko C/O Food Prod. Dev. Lab. Soeda, Katsutoshi C/O Food Prod. Dev. Lab. Yamazaki (JP); applicant Ajinomoto Co., Inc., Tokio (JP). – Appl. EP19940100066; filled 04.01.1994; publ. 17.08.1994, Bulletin 1994/33. – 5 p.