

ЧАСТИЧНО ГИДРОЛИЗОВАННЫЙ БАКТЕРИАЛЬНОЙ АМИЛАЗОЙ КУКУРУЗНЫЙ КРАХМАЛ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ КОРРЕКТОР ТОВАРНЫХ КАЧЕСТВ ОБЕЗЖИРЕННОГО ЙОГУРТА

Е.В. Никитина

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань, Россия

В настоящее время наблюдается нарастающая популярность потребления обезжиренных кисломолочных напитков в ежедневном рационе. Однако их отличают невысокие органолептические показатели, такие как низкая вязкость, невыраженный вкус и аромат. В связи с этим, улучшение товарных и потребительских качеств обезжиренных йогуртов является важной задачей. Крахмалы, модифицированные с помощью малых доз бактериальных ферментов, могут применяться неограниченно в пищевой промышленности, в отличие от химически модифицированных. В работе исследовали влияние кукурузных ферментно модифицированных крахмалов, которые были обработаны амилазой *Bacillus licheniformis* с варьированием дозы фермента. Данный ферментный препарат в промышленных объемах ранее не использовался для модификации крахмалов для пищевой промышленности. Дешевизна этого препарата и высокая амилолитическая активность делает его привлекательным для модификации крахмалов. Для коррекции качества обезжиренных йогуртов использовали крахмалы ВЛК (вносили в концентрации 1 %). Этот технологический прием позволил получить обезжиренный йогурт с более высокими потребительскими характеристиками, чем йогурты контрольный и с нативным крахмалом. Частично гидролизованные новые крахмалы стимулировали синтез экзополисахаридов молочнокислых, в том числе на всем протяжении срока хранения. Экспериментальные образцы на конец срока хранения отличались более густой консистенцией, большей вязкостью, повышенным количеством полисахаридов. В присутствии гидролизованных крахмалов ВЛК улучшились органолептические показатели. Проведенный комплексный анализ товарных показателей выявил, что применение кукурузных крахмалов, обработанных амилазой *B. licheniformis*, эффективно для получения полноценного продукта. Наивысшее значение комплексного показателя было у образца ВЛК-0.5 (1,044), что на 25 % больше, чем у контрольного образца (0,85). Кроме того, высокие товарные качества сохранялись в течение 28 дней хранения. Таким образом, применение кукурузного крахмала, частично гидролизованного малыми дозами бактериальной амилазы *B. licheniformis* перспективно в технологии обезжиренных кисломолочных напитков.

Ключевые слова: кукурузный крахмал; ферментная модификация; амилаза *Bacillus licheniformis*, обезжиренный йогурт; коррекция качества.

В последние годы в связи с нарастанием проблем со здоровьем, особенно имеющих метаболические причины, привело к повышению интереса потребителей к более здоровым продуктам питания с низким содержанием жира, натуральными компонентами, но сохраняющим хорошие вкусовые качества [1]. К разряду таких продуктов, в том числе обладающих лечебными свойствами, а также низкокалорийными характеристиками, относят обезжиренные и маложирные йогурты, потребление которых в последние годы сильно увеличилось. Кисломолочный продукт, в том числе йогурт, это сложносоставной гель, который представляет собой трехмерную сеть казеина, агрегированную в результате изоэлектрического осаждения, которое вызыва-

ется действием молочнокислых бактерий. Такая желеобразная система действует как основная структура йогурта, промежутки в которой заполнены денатурированными белками сыворотки и жировыми шариками. Можно сказать, что жировые шарики выступают в качестве структурных промоторов белковой сети в йогурте. Образование эластичного геля, вызывающего изменения в структуре мицелл, обусловлено солубилизацией фосфата кальция во время ферментации молока [2]. Текстура является одним из наиболее важных свойств, определяющих качество йогурта и удовлетворенность потребителя [3]. Уменьшение или устранение жира из сырого молока сильно влияет на физические и текстурные свойства. Снижение содержания жира в йогурте значи-

тельно снижает вязкость и плотность продукта [4]. Йогурта с желаемой текстурой и с низким содержанием жира можно достичь путем изменения состава, например, путем использования заменителей жира, дополнительных молочных ингредиентов или углеводов, а также путем контроля условий производства, таких как температура нагревания [5].

Различные загустители добавляют для улучшения текстурных свойств йогурта, таких как внешний вид, ощущение во рту, вязкость и консистенция. Крахмал является экономичным загустителем; он широко используется в производстве йогуртов для повышения вязкости и твердости, улучшения вкусовых ощущений, уменьшения синерезиса, а также для того, чтобы сделать тело и текстуру йогурта более привлекательными [6, 7]. В пищевой промышленности кукурузные крахмалы использовались в качестве загустителей и заменителей жира в йогурте в течение многих лет [6, 8–11]. В последнее время крахмалы из других ботанических источников также использовались в качестве загустителей при производстве йогурта; например, крахмал кудзу [12], крахмал тапиоки [13], картофельный крахмал [14, 15]. Они имеют свои преимущества благодаря простоте применения при обработке йогурта, кроме того, он более рентабелен, чем другие гидроколлоиды, такие как желатин, в связи с чем крахмал стал одним из наиболее часто используемых загустителей для производства йогурта [6, 16]. Целью работы было оценить влияние на обезжиренный йогурт кукурузных крахмалов, модифицированных разными концентрациями бактериального препарата *Bacillus licheniformis* с амилитической активностью. По показателям качества обезжиренных кисломолочных продуктов выявить модифицированный крахмал, наиболее перспективный с точки зрения корректора текстурных и органолептических показателей.

Материалы и методы

Используемые материалы

В работе использовали кукурузные крахмалы: нативный ГОСТ P52791-2007 и ферментно модифицированные крахмалы BLK-0.05, BLK-0.1, BLK-0.5, BLK-1, полученные под действием разной концентрации бактериальной амилазы *Bacillus licheniformis*. Основные характеристики используемых крахмалов описаны ранее [17], и представлены в табл. 1.

Для изготовления обезжиренного йогурта использовали молоко ультравысокотемпературной обработки (м.д.ж. 0.05 %, Valio, Россия).

Получение термостатного йогурта

Крахмалы (нативный, BLK-0.05, BLK-0.1, BLK-0.5, BLK-1) добавляли в молоко в концентрации 1 % и подвергали термообработке на кипящей водяной бане в течение 30 мин, смеси помешивали для равномерного распределения крахмала. Коммерческие бактериальные штаммы *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus* (ООО «Лактосинтез», Москва Россия) использовали для изготовления йогуртов в соотношении 1:1. Закваску для йогурта ферментировали при 37 °С в течение 16 ч. После чего добавляли стартовую культуру в молочные смеси из расчета 5 % к массе сырья. Для получения кисломолочного продукта молоко сквашивали при 40 °С в течение 6–7 часов, потом охлаждали готовый продукт при 4–5 °С в течение 16 ч для стабилизации. Затем образцы подвергали анализу (1 сут), оставляли партию йогурта на хранение при 4 °С в течение 28 суток, после хранения также проводили измерения.

Химические, физические, текстурные методы исследований

Анализ белка, лактозы (углеводов), содержания и плотности твердых веществ выполняли на приборе InfraLUM® FT-12 (Российская Федерация) с соответствующим программным обеспечением и данными калибровки для продукта «йогурт». Сывороточный белок, соль испытывали в сыровотке из кисломолочного продукта после центрифугирования при 3000 g в течение 15 мин с помощью анализатора молока «Клевер-2М». Измерения pH проводили с использованием цифрового pH-метра (HI 2216, Hanna Instruments, Германия). Титруемую кислотность, ВУС, синерезис измеряли с помощью центрифугирования, как описано ранее [15]. Все образцы были измерены в трех повторностях.

Вязкость образцов (100 мл) измеряли при 8 °С с использованием вискозиметра с концентрическим цилиндром Брукфилда (Китай), оснащенного ротором № 3, перемешивание при 60 об./мин, измерение проводили в течение 180 с.

Определение количества суммы полисахаридов (СПС) (крахмал с экзополисахаридами) проводили по методике Feldman et al.

Таблица 1

Физико-химические свойства используемых крахмалов

Образец	Содержание амилозы, %	Содержание амилопектина, %	Декстрозный эквивалент, г глюкозы/100 г крахмала	Количество белка, мг/г	Титруемая кислотность	Температура желатинизации, °С
Нативный	23,83	76,17	1,31	0,2	3	75
BLK 0,05	29,83	70,17	3,46	0,28	7	77
BLK 0,1	40,3	59,7	3,73	0,15	8,5	76
BLK 0,5	45,63	54,37	4,42	0,25	8	76
BLK 1	23,72	76,28	3,79	0,27	10,5	74

[18] с модификациями. 10–15 г образца помещали в лабораторную колбу и кипятили на водяной бане при 100 °С в течение 30 минут. После охлаждения образцы центрифугировали при 4000 мин⁻¹ в течение 30 минут и к 4 мл образца добавляли 0,7 мл 85% трихлоруксусной кислоты. Образцы охлаждали до 4 °С и снова центрифугировали при 8000 мин⁻¹ в течение 10 минут. Осаждение ЭПС (1 мл) из образцов производили с использованием холодного этанола (-20 °С, 3 мл). Образцы выдерживали в холодильнике в течение 48 ч и после чего центрифугировали (4 °С, 8000 мин⁻¹, в течение 10 мин), перерастворяли осадок в дистиллированной воде (объем равен объему пробы) и определяли СПС.

Количественная оценка полисахаридов. К 400 мкл экстракта полисахаридов добавляли 400 мкл 5% раствор фенола в воде. После этого в раствор в пробирке резко добавляли 2 мл концентрированной серной кислоты. Образцы выдерживают в течение 10 минут, затем перемешивают и оставляют на 10 минут при 30 °С. Для получения калибровочной линии использовали растворы глюкозы, приготовленные в разных пропорциях в 6 пробирках. Для контроля использовали 400 мкл дистиллированной воды + 400 мкл 5%-ного раствора фенола в воде с добавлением 2 мл серной кислоты. Образцы измеряют при 490 нм в кварцевых кюветах и сравнивали с контрольным образцом. Количество СПС (мг глюкозы/г продукта) рассчитывали с использованием калибровочной кривой глюкозы.

Органолептическая оценка и колориметрия

Образцы оценивались не менее 10 участниками. Для оценка вкуса использовалась шкала от 1 (крайне плохо) до 5 (очень хорошо).

Дефекты также фиксировали, если были обнаружены. Каждый участник получил 30 мл йогурта (при 12 °С) в стеклянном флаконе по 100 мл с крышкой.

Параметры цвета (L*, a* и b*) образцов йогурта измеряли с помощью колориметра Chroma Meter (Китай). Разные значения представляют разные цвета: L*, яркость (черный-белый) (0–100); a*, зеленый-красный (-60...+60); b*, синий-желтый (-60...+60). Образцы (50 мл) перемешивали и помещали в алюминиевый цилиндр (наружный диаметр 55 мм) с оптически плоской поверхностью перед измерением, а датчик устанавливали непосредственно сверху цилиндра для предотвращения воздействия окружающего света.

Результаты исследований и обсуждение

Введение в обезжиренное молоко ферментно модифицированных крахмалов незначительно подавлял процесс активного сквашивания молока молочнокислыми бактериями. Об этом свидетельствуют меньшие объемы накопления молочной кислоты на 1 сутки, а также более высокий показатель pH (табл. 2). Однако в процессе хранения в образцах BLK более активно проходил процесс накопления молочной кислоты, чем в контрольном варианте. Подобная тенденция может косвенно свидетельствовать о стимулирующей и протекторной роли ферментно модифицированных крахмалов данного ряда на молочнокислых бактериях.

Обезжиренные йогурты отличаются повышенным процентом синерезиса, введение в йогурт крахмалов позволило снизить синерезис через 1 сут хранения на 3 % в случае крахмалов BLK, и на 4 % – в случае нативного кукурузного крахмала. Обращает на себя внимание, что после 28 сут хранения разница

Таблица 2

Технологические параметры обезжиренных йогуртов

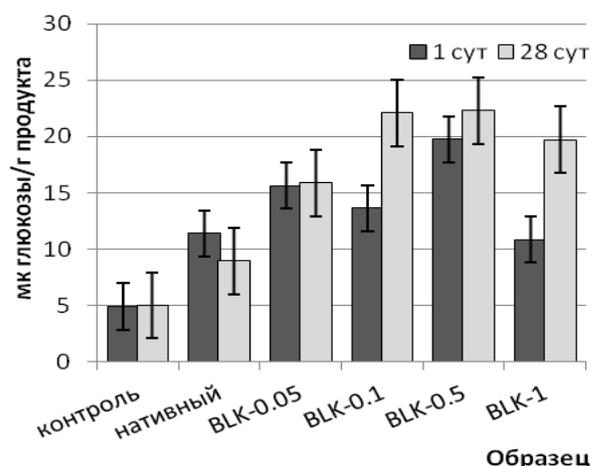
Образец	Период хранения	pH	Молочная кислота, %	Синерезис, %	ВУС, %	Вязкость*, Pa/s
Контроль	1 сут	4,28 ± 0,31	0,864 ± 0,021	15,79 ± 1,22	27,89 ± 2,36	3960 ± 650
	28 сут	4,12 ± 0,24	0,900 ± 0,011	24,59 ± 2,35	32,89 ± 2,45	4380 ± 350
Нативный	1 сут	4,27 ± 0,22	0,882 ± 0,022	11,85 ± 0,98	45,91 ± 2,39	5700 ± 750
	28 сут	4,22 ± 0,14	0,882 ± 0,024	25,17 ± 2,58	33,64 ± 1,38	4980 ± 380
BLK-0.05	1 сут	4,32 ± 0,20	0,828 ± 0,023	12,41 ± 2,45	31,97 ± 3,02	3600 ± 240
	28 сут	4,15 ± 0,21	0,864 ± 0,022	20,21 ± 1,26	34,27 ± 2,45	4500 ± 400
BLK-0.1	1 сут	4,29 ± 0,35	0,855 ± 0,022	12,12 ± 0,89	34,02 ± 2,88	2940 ± 280
	28 сут	4,18 ± 0,16	0,882 ± 0,020	19,68 ± 2,36	35,35 ± 1,50	5100 ± 300
BLK-0.5	1 сут	4,44 ± 0,21	0,747 ± 0,027	13,15 ± 2,56	30,86 ± 2,36	2430 ± 280
	28 сут	4,21 ± 0,11	0,900 ± 0,022	19,88 ± 1,36	33,46 ± 2,33	4800 ± 400
BLK-1	1 сут	4,42 ± 0,35	0,801 ± 0,022	12,83 ± 1,98	31,80 ± 1,45	2010 ± 150
	28 сут	4,27 ± 0,13	0,855 ± 0,012	20,21 ± 1,25	35,81 ± 2,03	5280 ± 560

* Расчет вязкости проводили с учетом коэффициента пересчета, учитывающего скорость вращения и тип ротора.

между контрольным и нативным образцами почти исчезла, тогда как в йогуртах BLK синерезис был на 4–5 % меньше.

Самый высокий ВУС молочного сгустка после изготовления был у нативного образца, однако после хранения этот показатель снизился на 12%, тогда как в случае использования ферментно модифицированных крахмалов BLK этот показатель увеличился. Аналогичная тенденция была выявлена и в случае тестирования вязкости. Перед закладкой на хранение вязкость BLK-образцов была значительно меньше, чем у нативного и контрольного образцов, однако, после хранения вязкость увеличилась в 1,5–2 раза. Выявленные закономерности изменения технологических параметров указывают на способность ферментно модифицированных кукурузных крахмалов взаимодействовать с белковым молочным гелем с образованием вязкой, прочной и стабильной структуры.

Фактором, положительно сказывающимся на консистенции йогурта, является синтез экзополисахаридов молочнокислыми бактериями. Выявлено, что наличие в кисломолочном сгустке частично гидролизованных крахмалов BLK в концентрации 1 % позволило увеличить общее количество полисахаридов на 10–15 мг/г (см. рисунок). Это свидетельствует о стимулирующей роли BLK крахмалов в отношении синтеза экзополисахаридов молочнокислыми бактериями.



Суммарное количество полисахаридов в обезжиренных йогуртах

При введении в состав йогурта немолочного компонента необходим контроль химического состава готового продукта. Использование ферментно модифицированных крахмалов в технологии термостатного йогурта не изменяет общего количества белка. Выявлено увеличение доли сывороточного белка (на 0,2 %) в экспериментальных образцах. Количество анализируемых углеводов закономерно увеличилось на 1 %, что соответствует количеству внесенного крахмала. Ожидается, что количество солей и сухого вещества тоже увеличилось в образцах с крахмалами вследствие введения углеводного загустителя (табл. 3). Увеличение сухих веществ привело

к повышению плотности кисломолочного продукта, причем выявлена тенденция к повышению плотности продукта в процессе хранения.

Органолептическая оценка готовых продуктов является неотъемлемой частью анализа, дающая основание на перспективу использования исследуемого технологического

приема в производстве кисломолочных напитков. Выявлено, что наилучшими органолептическими показателями обладали образцы BLK-0.5 и BLK-1, они отличались полным вкусом, густой консистенцией, однородностью (табл. 4).

Низкие баллы получил образец с нативным крахмалом, он имел твердую консистен-

Таблица 3

Химические показатели обезжиренных йогуртов (1 сут и 28 сут хранения), изготовленных с различными ферментно модифицированными кукурузными крахмалами

Образец	Период хранения	Белок, %	Сывороточный белок, %	Углеводы, %	Соли, %	Сухое вещество, %	Плотность
Контроль	1 сут	3,60 ± 0,4	2,71 ± 0,2	4,1 ± 0,08	0,63 ± 0,02	8,69 ± 0,50	1033 ± 1
	28 сут	3,61 ± 0,2	2,80 ± 0,2	4,14 ± 0,2	0,65 ± 0,03	8,90 ± 0,43	1033 ± 1
Нативный	1 сут	3,79 ± 0,2	2,96 ± 0,1	5,37 ± 0,1	0,69 ± 0,02	10,24 ± 0,32	1038 ± 0
	28 сут	3,76 ± 0,3	2,93 ± 0,1	5,33 ± 0,11	0,68 ± 0,02	10,19 ± 0,33	1037 ± 0
BLK-0.05	1 сут	3,76 ± 0,3	2,93 ± 0,2	5,32 ± 0,2	0,68 ± 0,04	10,09 ± 0,34	1035 ± 1
	28 сут	3,71 ± 0,2	2,99 ± 0,1	5,42 ± 0,3	0,70 ± 0,04	10,22 ± 0,54	1037 ± 0
BLK-0.1	1 сут	3,84 ± 0,1	2,98 ± 0,2	5,40 ± 0,4	0,69 ± 0,03	10,31 ± 0,53	1036 ± 0
	28 сут	3,75 ± 0,3	3,08 ± 0,1	5,54 ± 0,3	0,72 ± 0,04	10,41 ± 0,64	1038 ± 1
BLK-0.5	1 сут	3,78 ± 0,2	2,96 ± 0,1	5,37 ± 0,2	0,69 ± 0,02	10,24 ± 0,42	1035 ± 1
	28 сут	3,82 ± 0,2	3,06 ± 0,3	5,53 ± 0,4	0,71 ± 0,03	10,42 ± 0,63	1038 ± 0
BLK-1	1 сут	3,87 ± 0,3	2,98 ± 0,2	5,41 ± 0,3	0,70 ± 0,02	10,41 ± 0,62	1036 ± 0
	28 сут	3,74 ± 0,1	3,04 ± 0,4	5,50 ± 0,1	0,71 ± 0,03	10,37 ± 0,23	1037 ± 1

Таблица 4

Органолептическая и цветовая характеристика нежирных йогуртов, изготовленных с ферментированными крахмалами

Образец	Период хранения	Цветность			Органолептическая оценка				
		L	a	b	Внешний вид	Вкус	Запах	Консистенция	Среднее
Контроль	1 сут	100	-7,96	17,24	4,8	4,2	4,5	4,2	4,425
	28 сут	100	-9,32	30,77					
Нативный	1 сут	100	-4,38	19,96	3,4	3,6	4,3	3,6	3,725
	28 сут	100	-4,76	11,12					
BLK-0.05	1 сут	100	-5,77	12,77	4,8	4,8	4,2	4,5	4,575
	28 сут	100	-11,12	26,68					
BLK-0.1	1 сут	100	-5,9	18,34	4,7	4,2	4,5	4,8	4,55
	28 сут	100	-8,33	31,06					
BLK-0.5	1 сут	100	-6,26	16,00	4,9	4,9	4,6	5	4,85
	28 сут	100	-5,76	12,66					
BLK-1	1 сут	100	-6,82	17,00	5	4,8	4,8	4,7	4,825
	28 сут	100	-4,6	11,17					

Пищевые ингредиенты, сырье и материалы

цию, неоднородную структуру, отсутствовала характерная вязкость, также чувствовался незначительный привкус крахмала. В случае образцов BLK-0.5, BLK-1 выявлено снижение интенсивности окраски в желтой области (показатель b) по сравнению с контролем, что свидетельствует о более чистом белом цвете продуктов.

Результаты товароведной оценки йогуртов, выработанных с применением ферментно модифицированных стабилизаторов, представлены в табл. 5. Выявлено, что применение кукурузных крахмалов, частично гидролизо-

ванных амилазой *B. licheniformis*, эффективно для получения полноценного продукта. Наивысшее значение комплексного показателя было у образца BLK-0.5 (1,044), что на 25 % больше, чем у контрольного образца (0,85).

Суммируя полученные результаты, можно говорить о перспективности применения кукурузного крахмала, частично гидролизованного малыми дозами бактериальной амилазы *B. licheniformis*. Введение такого стабилизатора положительно влияет на вкусовые характеристики, значительно улучшает текстуру и консистенцию обезжиренных йогур-

Таблица 5

Комплексная товароведная оценка качества обезжиренных йогуртов, изготовленных с ферментно модифицированными крахмалами

Наименование показателя	K _{весомости}	Эталон	Характеристика продукта					
			Конт- роль	Нативный	BLK- 0,05	BLK- 0,1	BLK- 0,5	BLK-1
Органолептическая оценка	0,5							
Вкус	0,4	5	4,2	3,6	4,8	4,2	4,9	4,8
P _п /P _{эт}			0,84	0,72	0,96	0,84	0,98	0,96
Запах	0,15	5	4,5	4,3	4,2	4,5	4,6	4,8
P _п /P _{эт}			0,9	0,86	0,84	0,9	0,92	0,96
Консистенция	0,25	5	4,2	3,6	4,5	4,8	5	4,7
P _п /P _{эт}			0,84	0,72	0,9	0,96	1	0,94
Цвет, внешний вид	0,2	5	4,8	3,4	4,8	4,7	4,9	5
P _п /P _{эт}			0,96	0,68	0,96	0,94	0,98	1
Итого по группе			0,4365	0,3665	0,4635	0,4495	0,488	0,4815
Физико-химические показатели	0,3							
Массовая доля белка, %	0,5	3,2	3,606	3,792	3,763	3,842	3,783	3,873
P _п /P _{эт}			1,1269	1,1850	1,1759	1,2006	1,1822	1,2103
Массовая доля жира, %	0,2	0,5	0,35	0,39	0,33	0,38	0,4	0,43
P _п /P _{эт}			0,7	0,78	0,66	0,76	0,8	0,86
Количество полисахаридов, (мк/г)	0,3	14	5	8,9528	15,856	22,112	22,316	19,72
P _п /P _{эт}			0,3571	0,6395	1,1326	1,5794	1,5940	1,4086
Итого по группе			0,2432	0,2821	0,3179	0,3678	0,3688	0,3599
Оценка стабильности свойств	0,2							
Кислотность, T°	0,5	140	100	98	96	98	100	95
P _п /P _{эт}			0,7143	0,7000	0,6857	0,7000	0,7143	0,6786
Вязкость, Pa/s	0,3	4000	4380	4980	4500	5100	4800	5280
P _п /P _{эт}			1,095	1,245	1,125	1,275	1,2	1,32
СОМО, %	0,2	9,5	8,902	10,186	10,22	10,414	10,428	10,369
P _п /P _{эт}			0,9371	1,0722	1,0758	1,0962	1,0977	1,0915
Итого по группе			0,1746	0,1876	0,1791	0,1903	0,1873	0,1907
Комплексный показатель			0,8543	0,8362	0,9605	1,0077	1,0441	1,0321

тов в процессе хранения. Кроме того, выявленное нарастание количества экзополисахаридов в процессе четырехнедельного хранения гарантирует повышение функциональности продукта. Обезжиренные йогурты с при

менением ферментно модифицированных кукурузных крахмалов имеют показатели качества (физико-химические и органолептические), соответствующие нормативной документации.

Литература/References

1. Lobeto-Calleros C., Martinez-Torrijos O., Sandoval-Castilla O., Perez-Orozco J.P., Vernon-Carter E.J. Flow and creep compliance properties of reduced-fat yoghurts containing protein-based fat replacers. *International Dairy Journal*, 2004, vol. 14, pp. 777–782. DOI: 10.1016/j.idairyj.2004.02.012
2. Aguirre-Mandujano E., Lobato-Calleros C., Beristain C.I., Garcia H.S., Vernon-Carter E.J. Microstructure and viscoelastic properties of low-fat yoghurt structured by monoglyceride gels. *Food Science and Technology*, 2009, vol. 42, pp. 938–944. DOI: 10.1016/j.lwt.2008.12.002
3. Crion C.I.E., Gee V.L., Kelly A.L., Auty M.A.E. Modifying the microstructure of low-fat yoghurt by microfluidisation of milk at different pressures to enhance rheological and sensory properties. *Food Chemistry*, 2012, vol. 130, pp. 510–519. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.07.056
4. Sandoval-Castilla O., Lobeto-Calleros C., Aguirre-Mandujano E., Vernon-Carter E.J. Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. *International Dairy Journal*, 2004, vol. 14, pp. 151–159. DOI: 10.1016/S0958-6946(03)00166-3
5. Torres I.C., Rubino J.M.R., Ipsen R. Using fractal image analysis to characterize microstructure of low-fat stirred yoghurt manufactured with microparticulated whey protein. *Journal of Food Engineering*, 2012, vol. 109, pp. 721–729. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2011.11.016
6. Ares G., Goncalvez D., Perez C., Reolon G., Segura N., Lema P. et al. Influence of gelatin and starch on the instrumental and sensory texture of stirred yogurt. *International Journal of Dairy Technology*, 2007, vol. 60, no. 4, pp. 263–269. DOI: 10.1111/j.1471-0307.2007.00346.x
7. Ropciuc S., Dabija A. Monitoring the fermentation process and the quality improvement of yogurt with added starch. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM: Surveying Geology & Mining Ecology Management*, 2016, vol. 3, pp. 293–300.
8. Amaya-Llano S.L., Martínez-Alegria A.L., Zazueta-Morales J.J., Martínez-Bustos F. Acid thinned jicama and maize starches as fat substitute in stirred yogurt. *LWT – Food Science and Technology*, 2008, vol. 41, no. 7, pp. 1274–1281. DOI: 10.1016/j.lwt.2007.08.012.
9. Cui B., Lu Y.-M., Tan C.-P., Wang G.-Q., Li G.-H. Effect of cross-linked acetylated starch content on the structure and stability of set yoghurt. *Food Hydrocolloids*, 2014, vol. 35, pp. 576–582. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2013.07.018
10. Tamime A.Y., Barrantes E., Sword A.M. The effect of starch based fat substitutes on the microstructure of set-style yogurt made from reconstituted skimmed milk powder. *International Journal of Dairy Technology*, 1996, vol. 49, no. 1, pp. 1–10. DOI: 10.1111/j.1471-0307.1996.tb02612.x.
11. Williams R.P.W., Glagovskaia O., Augustin M.A. Properties of stirred yogurts with added starch: Effects of alterations in fermentation conditions. *Australian Journal of Dairy Technology*. 2003, vol. 58, no. 3, pp. 228–232.
12. Imamoglu H., Coggins P., Rowe D. Influence of storage time and starches on texture attributes of conventional milk yogurt using response surface methodology. *International Food Research Journal*, 2017, vol. 24, no. 4, pp. 17–21.
13. Lobato-Calleros C., Ramirez-Santiago C., Vernon-Carter E.J., Alvarez-Ramirez J. Impact of native and chemically modified starches addition as fat replacers in the viscoelasticity of reduced-fat stirred yogurt. *Journal of Food Engineering*, 2014, vol. 131, pp. 110–115. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2014.01.019.
14. Altemimi A. Extraction and optimization of potato starch and its application as a stabilizer in yogurt manufacturing. *Foods*, 2018, vol. 7, no. 2, 14 p. DOI: 10.3390/foods7020014
15. Nikitina E., Rifqi Ahmad Riyanto, Vafina A., Yurtaeva T., Tsyganov M., Ezhkova G. Effect of fermented modified potato starches to low-fat yogurt. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2019, vol. 7, no. 7, pp. 549–555. DOI: 10.12691/jfnr-7-7-10

16. Olufemi A.O., John O.S. Physico-chemical, functional and pasting properties of native and chemically modified water yam (*Dioscorea alata*) starch and production of water yam starch-based yoghurt. *Starch-Stärke*, 2016, vol. 68, no. 7–8, pp. 719–726. DOI: 10.1002/star.201500302.

17. Никитина Е.В., Юртаева Т.А., Гамула О.О. Свойства кукурузных крахмалов, модифицированных мультиферментными препаратами Амилоsubтилином и амилазой *Bacillus licheniformis* // XXI Век: Итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2018. Т. 7, №. 4. С. 210–214. [Nikitina E.V., Yartaeva T.A., Gamula O.O. [Properties of corn starches modified by multienzyme preparations Amylosubtilin and amylase *Bacillus licheniformis*]. *XXI Vek: Itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus* [XXI Century: The Results of the Past and the Problems of the Present Plus], 2018, vol. 7, no. 4, pp. 210–214. (in Russ.)]

18. Feldmane J., Ciprovica I., Semjonovs P., Linde R. The influence of fermentation temperature on the development of exopolysaccharidea in yoghurt production. *Food for Consumer Well-Being*” *FOODBALT. 2014. Conference Proceedings. Jelgava, LLU, 2014*, pp. 226–270.

Никитина Елена Владимировна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры технологии мясных и молочных производств ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (г. Казань), ev-nikitina@inbox.ru

Поступила в редакцию 21 сентября 2019 г.

DOI: 10.14529/food190402

PARTIALLY HYDROLYZED BY BACTERIAL AMYLASE CORN STARCH IS AS AN EFFECTIVE CORRECTOR OF COMMERCIAL QUALITIES OF FAT FREE YOGURT

E. V. Nikitina

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russian Federation

Currently, there is an increasing popularity of consumption of non-fat dairy drinks in the daily diet. However, they are distinguished by low sensory characteristics, such as low viscosity, unexpressed taste and aroma. In this regard, improving the commercial and consumer qualities of skim yogurt is an important task. The enzyme-modified corn starches used in the work were obtained as a result of exposure to them with the liquid bacterial preparation *Bacillus licheniformis* amylase. To correct the quality, yogurt starches were added at a concentration of 1 %. This technological method allowed to obtain fat-free yogurt with higher consumer characteristics than control yogurt and yogurt with native starch. Partially hydrolyzed new starches stimulated the synthesis of lactic acid exopolysaccharides, including throughout the entire storage life. Experimental samples at the end of the storage life were distinguished by a thicker consistency, higher viscosity, increased amount of polysaccharides. The complex of texture changes due to the presence of hydrolyzed starch led to an increase of organoleptic characteristics. Conducted complex analysis of trade indicators revealed that the use of corn starches, partially hydrolyzed by amylase *B. licheniformis*, is effective to obtain a full food product. The highest value of the complex index was for the BLK-0.5 sample (1.044), which is 25 % more than for the control sample (0.85). In addition, high commercial qualities were maintained during four week storage. Thus, the use of corn starch, partially hydrolyzed by small doses of bacterial amylase *B. licheniformis*, is promising in the technology of skimmed dairy drinks.

Keywords: corn starch, enzyme modification, *Bacillus licheniformis* amylase, fat free yogurt, quality correction.

Elena V. Nikitina, Cand.Sci. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Technology of meat and milk products, Kazan National Research Technological University (Kazan), ev-nikitina@inbox.ru

Received September 21, 2019

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Никитина, Е.В. Частично гидролизованный бактериальной амилазой кукурузный крахмал как эффективный корректор товарных качеств обезжиренного йогурта / Е.В.Никитина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2019. – Т. 7, № 4. – С. 13–21. DOI: 10.14529/food190402

FOR CITATION

Nikitina E.V. Partially Hydrolyzed by Bacterial Amylase Corn Starch is as an Effective Corrector of Commercial Qualities of Fat Free Yogurt. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2019, vol. 7, no. 4, pp. 13–21. (in Russ.) DOI: 10.14529/food190402
