УДК 663.9

Е.Н. Степанова, А.Н. Табаторович

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МАРМЕЛАДА

В статье представлены результаты исследований по совершенствованию технологии и оценка качества мармелада, обогащенного янтарной кислотой. Янтарная кислота является не только пищевой добавкой (Е363), регулирующей кислотность пищевых систем, но и биологически активным веществом, парафармацевтиком, влияющим на многие жизненные функции. Установлена оптимальная рецептурная доза введения янтарной кислоты (1 г/кг готовых изделий). Проведено определение ее содержания в готовом мармеладе газохроматографическим методом. Обнаружена высокая сохраняемость янтарной кислоты в мармеладе в течение заявленного срока годности. Мармелад, обогащенный янтарной кислотой, является функциональным пищевым продуктом, особенно рекомендуется для адаптации и профилактики стрессов, в питании пожилых, спортсменов и лиц, занимающихся физическим трудом.

Янтарная кислота; парафармацевтик; мармелад, обогащенный янтарной кислотой.

Введение

Янтарная (бутандиовая) кислота, ее соли и эфиры – сукцинаты представляют собой универсальный внутриклеточный метаболит, широко участвующий в обменных реакциях в организме человека. Янтарная кислота в органах и тканях является участником цикла трикарбоновых кислот Кребса – главного пути окисления углеводов в мышцах. Содержание янтарной кислоты в тканях организма человека сопоставимо с содержанием других низших органических двухосновных кислот и составляет 0,2–0,8 ммоль/кг. Концентрация ее в плазме крови значительно меньше и не превышает 0,04 ммоль/дм^3 [2, 3, 13].

Янтарная кислота в организме оказывает многосторонний терапевтический эффект. Абсолютно доказано ее универсальное антигипоксическое, гепатотропное и антистрессорное действие. Установлено адаптогенное действие янтарной кислоты при тяжелых физических нагрузках, имеются данные о стимулирующем действии янтарной кислоты на синтез белка, гемоглобина, усвоение глюкозы и синтез гликогена в печени. На модели экспериментального сахарного диабета показан ее инсулинотропный эффект. Показана важность применения янтарной кислоты в гериатрии и спортивном питании [2, 3, 11, 13].

В химическом отношении янтарная кислота является двухосновной органической кислотой, брутто-формула $C_4H_6O_4$, молекулярная масса 118,09, температура плавления – в диапазоне 185–188 ^oC. При 235 ^oC янтарная кислота отщепляет воду и превращается в ангидрид. Отмечается ее ограниченная растворимость в холодной воде: 6,8 г/100 см^3 при 25 ^oC; при нагревании растворимость существенно повышается. Как и другие пищевые органические кислоты, янтарная кислота является слабой нелетучей кислотой, обладающей при обычных условиях низкой реакционноспособностью, с константой диссоциации по первой и второй ступени $6{,}5\cdot10^{-5}$ и $2{,}3\cdot10^{-6}$ соответственно. В сравнении с широко используемой лимонной кислотой янтарная кислота является более слабой [6].

В естественных условиях янтарная кислота в значительных количествах накапливается в незрелых плодах и ягодах (при созревании ее содержание существенно понижается), а также в листьях крапивы, лимоннике китайском, крыжовнике, спарже [6].

Янтарная кислота и ее соли разрешены для использования в пищевой промышленности для регулирования pH пищевых систем (пищевая добавка Е363). Так, в соответствии с п. 3.2.29 СанПиН 2.3.2.1293-03 разрешено применение янтарной кислоты в производстве десертов (сухих смесей) в количестве 6 г/кг, концентратов супов и бульонов – 5 г/кг, порошкообразных смесей для приготовления безалкогольных напитков в домашних условиях – 3 г/кг, а также в водке (комплексный алкопротекторный эффект) – 100 мг/дм^3 [8].

Адаптогенное и алкопротекторное действие янтарной кислоты как самостоятельно, так и в комплексе с аскорбиновой кислотой, глюкозой, экстрактами лекарственных растений нашло применение в зарегистрированных биологически активных добавках «Бизон», «Янта», «Янтавит», «Янтарь-антитокс», «Янтарь-геронто-фито» и других. Противопоказаниями чаще всего являются заболевания почек, язва желудка и двенадцатиперстной кишки в период обострения [3, 12].

Учитывая выраженное физиологическое воздействие янтарной кислоты на организм человека, представляется актуальным расширить спектр ее использования в различных пищевых системах.

Целью наших исследований явилась разработка рецептур и товароведная оценка желейного и желейно-фруктового мармелада на агаре, обогащенного янтарной кислотой в сочетании с аскорбиновой кислотой.

Материалы и методы

Объектами исследования явились опытные образцы желейного и желейно-фруктового формового мармелада на агаре: «Каркадэ» – с добавлением в рецептуру водного настоя сухих цветков гибискуса (Hibiscus Sabdariffa L.), «Тыквенного», «Абрикосового» и «Клюквенного» – с добавлением соответствующих наименований пюре.

В производстве мармелада использовалось следующее основное сырье: агар 900 (Италия) по действующей нормативной документации с прочностью студня по Валенту 2600 г, патока крахмальная карамельная по ГОСТ Р 52060, сахар-песок по ГОСТ 21, кислота лимонная пищевая моногидрат по ГОСТ 908, пюре тыквенное и фруктово-ягодное, консервированное сорбатом калия (Е202), отвечающее требованиям ТУ 10.963.11.

В качестве вспомогательного сырья и добавок были использованы: настой цветков гибискуса водный (1:10), корица молотая по ГОСТ 29049, ароматизаторы синтетические жидкие (Германия) по действующей нормативной документации, кислота янтарная (Е363) по ГОСТ 6341, кислота аскорбиновая пищевая (Е300), отвечающая требованиям Государственной фармакопеи (ГФ СССР, изд. X, с. 6).

Пюре и настой цветков гибискуса готовили в лабораторных условиях.

С целью максимального сохранения антоцианов (красящих пигментов) были выбраны оптимальные режимы получения настоя: гидромодуль 1:10, настаивание на водяной бане (t ≈ 80 ^{o}C) при закрытой крышке в течение 30 мин. Настой готовили не ранее чем за 1 час до введения в рецептуру, охлаждали, затем фильтровали.

Корица использовалась в рецептуре мармелада «Тыквенный», ароматизаторы – в рецептуре мармелада «Каркадэ» и «Абрикосовый».

Подлинность и безопасность янтарной кислоты категории «химически чистая» соответствовали ГОСТ 6341-75 и СанПиН 2.3.2.1293-03 [8, 14]. Массовая доля янтарной кислоты в добавке составляла 99,9 %.

Варку агаросахаропаточного сиропа производили в открытом варочном котле. В рецептурах в качестве студнеобразователя использовался импортный агар, представляющий собой аморфный порошок светло-кремового цвета без постороннего запаха и остаточных красящих веществ. Его подготовка заключалась в предварительной операции набухания в течение 30–35 мин в воде с температурой около 20 ^{o}C при гидромодуле 1:8–10. Это улучшает растворимость агара и характеристики геля. Набухший агар вводился в кипящую воду (20 частей к массе агара). После кипячения агара с водой в течение 1–2 мин происходило его полное растворение. Затем в кипящий раствор вносили точно рассчитанное рецептурное количество сахара-песка, по окончании растворения которого в котел загружали подогретую до 45–50 ^{o}C патоку [9, 10].

Варку сиропа проводили в течение 10–12 мин до содержания сухих веществ 74±1 % (контроль по рефрактометру). После постепенного охлаждения (темперирования) мармеладной массы при 55–60 ^{o}C вводили рецептурные количества пюре и вспомогательного сырья. Подготовленную смесь кислот (лимонной, янтарной и аскорбиновой) вводили в форме концентрированного раствора, предварительно подогретого до 50 ^{o}C (лучшее растворение янтарной кислоты). Предложенная технологическая стадия является оптимальной для введения кислот, пюре и настоя, так как при этом не происходит ускоренной инверсии сахарозы, уменьшается вероятность деградации агара и падения прочности студня, сохраняются ценные нутриенты сырья [1, 5].

Мармеладную массу разливали в подготовленные металлические и пластиковые формы, которые отправляли на студнеобразование при t = 4±2 ^{o}C, длительность которого составляла в среднем 40–60 мин.

По окончании студнеобразования мармелад выбирали из форм, обсыпали сахаром-песком, раскладывали на решета, застланные бумагой, и подвергали сушке в течение 7–8 часов в сушильной камере при t = 50–55 ^{o}C и относительной влажности воздуха 30–40 %. Далее мармелад охлаждали.

Показатели качества готового мармелада изучались общепринятыми методами на основании требований ГОСТ 6442-89 [15].

Методика определения янтарной кислоты в образцах основывалась на ее переводе в летучие этиловые эфиры с последующим определением последних газохроматографическим методом на хроматографе «Хроматэк Кристалл 5000.1» с пламенно-ионизационным детектором [7]. Использовались: капиллярная кварцевая колонка ДВ-5 (30 м × 0,53 мм × 1,5 мкм), газ-носитель водород, ротационный испаритель, микрошприц на 10 мкл Hamilton (Англия). Этерифицирующую смесь готовили из четырех объемных частей 96 %-ного этанола и одной объемной части концентрированной соляной кислоты. В ходе определения 2–3 мкл эфиров янтарной кислоты вводили в испаритель хроматографа (t = 220 ^{o}C) и элюировали из колонки газом-носителем, расход которого составлял 25–50 см^{3}/мин. Идентификацию эфиров проводили по времени удержания этиловых эфиров-метчиков янтарной кислоты (3,59–3,60 мин) в виде хроматографических пиков.

Пластическую прочность мармеладных студней (кПа) определяли на электронном структурометре С-1 [5].

Результаты и их обсуждение

При разработке рецептур учитывались общие подходы к составу мармеладных масс на агаре: сахар – 50–65 %, патока – 20–25 %, агар – 0,8–1,0 % [1].

Расчет закладки янтарной кислоты в рецептуры мармелада проводили исходя из следующих данных:

- в настоящее время янтарная кислота официально признана минорным компонентном пищи (парафармацевтиком), установлены ее адекватный и верхний допустимый уровни потребления: 200 мг/сутки и 500 мг/сутки соответственно [4];
- по рекомендации НИИ питания РАМН количество микронутриента для обогащения пищевых продуктов должно составлять 30–50 % от суточной нормы (ГОСТ 52349-2005 «Продукты пищевые функциональные»: физиологически функциональный пищевой ингредиент – 10–50 % от суточной потребности);
- среднее суточное потребление обогащенных продуктов – 100–150 г;
- возможное естественное содержание янтарной кислоты в сырье не учитывалось.

С учетом вышесказанного расчет закладки производили исходя из предполагаемого содержания добавки янтарной кислоты: 90–100 мг/100 г продукта (около 50 % от рекомендуемой суточной нормы). Количество вводимой в рецептуры добавки было одинаково и составляло точно 1,0 на 1 кг готовых образцов мармелада.

Предварительные исследования и расчеты показали практически 100 %-ную сохраняемость янтарной кислоты при производстве мармелада, потери оказались в пределах допустимых погрешностей измерений.

Вводимая в рецептуры аскорбиновая кислота в количестве 1,2 г/кг выполняет как самостоятельную роль витамина-антиоксиданта и регулятора pH, так и в комплексе с янтарной кислотой усиливает ее физиологическое воздействие на организм. Рекомендуемая суточная норма аскорбиновой кислоты для взрослых составляет 90 мг. Дозировку подбирали опытным путем с учетом потерь витамина в процессе производства и хранения готового продукта.

Поскольку кислоты отрицательно влияют на величину пластической прочности агаровых студней, оптимальное значение pH мармелада на агаре должно составлять не менее 4,0 [7]. В мармеладах на агаре вводимые кислоты не участвуют в студнеобразовании, а выполняют только роль вкусовых добавок. В этой связи с учетом кислотности компонентов сырья на модельных экспериментах показано оптимальное рецептурное соотношение (г/кг) вводимых лимонной, аскорбиновой и янтарной кислот: 5,0–6,5:1,2:1,0.

Исходя из представленного соотношения кислот рассчитанное количество рецептурного сахара-песка в зависимости от рецептур составило 52–54 % (оптимизация – по дегустационной оценке). Отклонения от приведенных параметров в большую и меньшую стороны приводят к появлению приторно-сладкого и излишне кислого вкуса соответственно. Количество пюре в рецептурах составляло 19–20 %.

Органолептические показатели готового мармелада полностью соответствовали ГОСТ 6442-89 [15]. Изделия отличались гармоничным кисло-сладким вкусом, наиболее выраженным у мармелада «Каркадэ» и «Клюквенный». Благодаря наличию в рецептурах лимонной и аскорбиновой кислот образцы мармелада имели естественный яркий цвет. Образцы также обладали красивым стекловидным изломом, свойственным агаровым студням.

Физико-химические показатели опытных образцов мармелада, содержащего янтарную кислоту, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-химические показатели образцов мармелада

$\overline{X} \pm \Delta x$, n = 4

Показатель	Требования ГОСТ 6442-89	Характеристика показателей мармелада			
		«Каркадэ»	«Тыквенный»	«Абрикосовый»	«Клюквенный»
Массовая доля влаги, %	15,0–23,0 (желейный), 15,0–24,0 (желейно-фруктовый)	17,8±0,5	19,1±0,3	19,8±0,4	21,0±0,3
Общая кислотность, град	7,5–22,5	19,2±0,3	12,8±0,3	14,2±0,3	17,8±0,3
pH	–	4,05±0,22	4,39±0,12	4,47±0,19	4,10±0,11
Массовая доля редуцирующих веществ, %	Не более 20,0 (желейный), 25,0 (желейно-фруктовый)	16,7±1,0	10,1±0,9	14,9±1,3	19,0±1,5
Массовая доля золы, нерастворимой в 10 %-ном растворе соляной кислоты, %	Не более 0,05	Не обнаружена	0,003±0,0001	Не обнаружена	0,005±0,0001
Массовая доля янтарной кислоты, %	–	0,096±0,013	0,1±0,02	0,11±0,01	0,12±0,03
Пластическая прочность студня, кПа	–	40,1±3,6	27,5±2,8	28,2±1,9	24,1±2,1

Примечание. Значения достоверны при уровне значимости $p < 0,05$, тест Манн-Уитни.

Данные табл. 1 показывают, что в 100 г мармелада содержится около 50 % адекватной суточной нормы янтарной кислоты (0,1 г). Повышенное ее содержание в образцах мармелада «Абрикосовый» и «Клюквенный» свидетельствует о естественном нахождении янтарной кислоты в абрикосовом и клюквенном пюре.

После двухмесячного хранения содержание янтарной кислоты в опытных образцах мармелада не изменилось, в образцах мармелада «Тыквенный» и «Абрикосовый» наблюдалось лишь увеличение общей кислотности на 0,4–0,5 град. Это может быть связано с новообразованием пектиновой кислоты и активизацией микробиологических процессов: наблюдался незначительный рост КМАФАнМ.

Подтверждена также положительная корреляция между значением pH и величиной пластической прочности желейно-фруктовых мармеладов на агаре. В желейном мармеладе «Каркадэ» пластическая прочность оказалась выше в среднем на 11,8– 16 кПа. Очевидно, что при прочих равных условиях введение пюре снижает этот показатель. Тем не менее, по нашим данным, для обеспечения формоудерживающей способности готовых изделий и создания в них устойчивой студнеобразной консистенции зафиксированные значения пластической прочности студня являются вполне достаточными.

Следствием выполненной работы явилась разработка проекта технических условий ТУ 9128-063-01597951-10 «Мармелад желейный и желейно-фруктовый, обогащенный микронутриентами», составлены технологическая инструкция на его производство и рецептуры. Пример рецептуры мармелада, содержащего янтарную кислоту, приведен в табл. 2.

Таблица 2

Рецептура мармелада «Тыквенный» с витамином С и янтарной кислотой

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 1 кг готовой продукции, г	
		в натуре	в сухих веществах
Сахар-песок для обсыпки	99,85	86,6	86,5
Сахар-песок в желе	99,85	520,0	519,2
Патока	78,0	236,2	184,2
Агар 900	85,0	8,6	7,3
Пюре тыквенное	10,0	190,0	19,0
Кислота лимонная	91,2	6,0	5,5
Кислота аскорбиновая	99,0	1,2	1,19
Кислота янтарная	99,9	1,0	1,0
Корица молотая	87,5	2,5	2,2
Итого Выход	– 81,0	1051,1 1000,0	826,1 810,0

Выводы

1. Разработаны рецептуры желейного и желейно-фруктового формового мармелада на агаре, содержащего янтарную кислоту в качестве вкусовой и обогащающей добавки.
2. Проведенная товароведная оценка опытных образцов мармелада показала, что введение добавки янтарной кислоты в количестве 1 г/кг готовых изделий не ухудшает органолептические и физико-химические показатели мармелада, значения которых соответствовали ГОСТ 6442-89.
3. В течение заявленного срока годности (2 мес.) содержание янтарной кислоты в 100 г образцов мармелада составляло около 50 % ее адекватной суточной нормы. В процессе производства и хранения не происходит химического взаимодействия кислоты с компонентами мармеладного студня.
4. Мармелад, обогащенный янтарной кислотой в комплексе с активным антиоксидантом – аскорбиновой кислотой, является продуктом профилактического назначения. Этот продукт не нарушает стереотипов питания, показан в составе обычного пищевого рациона для снижения синдрома хронической усталости, повышения бодрости, стрессоустойчивости, активизации обменных процессов. Особенно показан пожилым людям и лицам, занятым тяжелым физическим трудом.
5. Использование в рецептурах природного сырья дополнительно повышает пищевую ценность изделий.

Список литературы

1. Барановский, В.А. Справочник кондитера / В.А. Барановский. – Ростов н/Д: Феникс, 2003. – 352 с.
2. Ивницкий, Ю.Ю. Янтарная кислота в системе средств метаболической коррекции функционального состояния и резистентности организма / Ю.Ю. Ивницкий, А.И. Головко, Г.А. Софронов. – СПб.: Лань, 1998. – 82 с.
3. Коваленко, А.Л. Янтарная кислота: фармакологическая активность и лекарственные формы / А.Л. Коваленко, Н.В. Белякова // Фармация. – 2000. – № 5–6. – С. 40–43.
4. Методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04 «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ». – М.: ФЦ ГСЭН Минздрава России, 2004. – 36 с.
5. Олейникова, А.Я. Практикум по технологии кондитерских изделий / А.Я. Олейникова, Г.О. Магомедов, Т.Н. Мирошникова. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 480 с.
6. Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова и др. – Изд. 3-е, испр. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 640 с.
7. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / под ред. И.М. Скурихина и В.А. Тутельяна. – М.: Брандес – Медицина, 1998. – 340 с.
8. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы (СанПиН 2.3.2.1293-03) «Гигиенические требования по применению пищевых добавок». – М.: Омега-Л, 2007. – 274 с.
9. Сарафанова, Л.А. Применение пищевых добавок в кондитерской промышленности. – СПб.: Профессия, 2005. – 304 с.

10. Скачевская, Е.Н. Влияние свойств агара на качество кондитерских изделий / Е.Н. Скачевская // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2008. – № 6. – С. 8.
11. Фрольскис, В.В. Экспериментальные пути продления жизни / В.В. Фрольскис, Х.К. Мурадян. – Л.: Наука, 1988. – 180 с.
12. Энциклопедия биологически активных добавок к пище. Российский регистр БАД. – М.: ООО «Изд-во Новая Волна», 2003. – 528 с.
13 Янтарная кислота в медицине, пищевой промышленности, сельском хозяйстве / М.Н. Кондрашева, Ю.Г. Каминский, Е.И. Маевский. – Пущино: ОНТИ РАМН, 1996. – 300 с.
14. ГОСТ 6341-75. Янтарная кислота. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 9 с.
15. ГОСТ 6442-89. Мармелад. Технические условия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1997. – 13 с.

НОУ ВПО «Сибирский университет потребительской кооперации»,
630087, Россия, г. Новосибирск-87, пр. К. Маркса, 26.
Тел./факс: (383) 346-14-54
e-mail: d_corres@sibupk.nsk.su

НОУ ВПО «Сибирский университет потребительской кооперации Омский филиал»,
644112, Россия, г. Омск, пр. Комарова, 13.
Тел./факс: (3812) 75-26-89
e-mail: metod@omeconom.ru

SUMMARY

E.N. Stepanova, A.N. Tabatorovich

Possibility of using succinic acid in the technology of marmalade manufacture

The article presents the results of investigations on technology improvement and quality estimation of marmalade enriched with succinic acid. Succinic acid is not only a food additive (E363), regulating the food system acidity, but a biologically active substance, a parapharmaceutic affecting many vital functions. The optimal additive composition dose (1g/kg of the finished products) has been determined. The concentration of succinic acid in the finished marmalade has been determined by the method of gas chromatography. A high rate of preservation of succinic acid in marmalade during the declared period of suitability has been discovered. Marmalade enriched with succinic acid is a functional food product, and can be recommended especially for adaptation and prevention of stresses, for nutrition of elderly people, sportsmen and hard manual workers.

Succinic acid; parapharmaceutic; marmalade enriched with succinic acid.

Siberian university of consumer’s cooperation
26, K. Marks av., Novosibirsk, 630087, Russia
Phone/Fax: +7(383) 346-14-54
e-mail: d_corres@sibupk.nsk.su

Siberian university of consumer’s cooperation Omsk branch
13, Komarov av., Omsk, 644112, Russia
Phone/Fax: +7(3812) 75-26-89
e-mail: metod@omeconom.ru