

УДК 582.382:664.146.058

Перспективы использования микроводоросли *Spirulina Platensis* в технологии леденцовой карамели повышенной пищевой ценности

Докт. техн. наук **В.В. Румянцева**, rumanchic1@rambler.ru

канд. техн. наук **Е.В. Хмелева**, hmelevaev@bk.ru

Л.А. Жижина

Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева

302026, Россия, Орел, ул. Комсомольская, 95

Разработана технология производства леденцовой карамели повышенной пищевой ценности с добавлением микроводоросли *Spirulina platensis*. Исследовали влияние микроводоросли на органолептические, физико-химические показатели качества карамельной массы и карамели, ее пищевую ценность. Спирулину вносили на разных стадиях технологического процесса производства: во время приготовления карамельного сиропа, во время приготовления карамельной массы и на стадии ее формования. Дозировки спирулины составляли от 1 до 5% взамен сахара-песка по рецептуре. Установили, что при увеличении дозировки спирулины растет влажность и коэффициент растекания карамельной массы, карамель приобретает, зеленый цвет, свойственный для микроводоросли *Spirulina platensis*, содержание редуцирующих веществ практически не изменяется. Выявили, что оптимальным является введение спирулины на стадии уваривания карамельной массы. Показана целесообразность использования микроводоросли *Spirulina platensis* при производстве леденцовой карамели в дозировке 2,5% к массе сахара, что увеличивает пищевую ценность и позволяет рекомендовать такую карамель для широкого круга потребителей в качестве функционального продукта, а также не снижает устойчивость карамели к засахариванию в процессе хранения. Содержание натуральных пигментов спирулины позволяет исключить синтетические красители из рецептуры карамели и не требует дополнительного технологического оборудования.

Ключевые слова: леденцовая карамель; пищевая ценность; энергетическая ценность; качество; микроводоросль спирулина; срок хранения.

DOI: 10.17586/2310-1164-2018-11-3-20-25

Prospects for the use of *Spirulina Platensis* microalgae in the technology for candy caramel of increased nutritional value

D. Sc. **Valentina V. Rumyantseva**, rumanchic1@rambler.ru

Ph. D. **Evgenia V. Khmeleva**, hmelevaev@bk.ru

Lyubov A. Zhizhina

Orel state University of I. S. Turgenev

95, Komsomolskaya str., Orel, 302026, Russia

The technology for production of candy caramel of increased nutritional value with the addition of *Spirulina platensis* microalgae is developed. The effect of microalgae on the organoleptic and physicochemical indicators of the caramel mass and caramel quality, as well as on its nutritional value is investigated. *Spirulina* was introduced at different stages of the production process: during the preparation of caramel syrup, during the preparation of caramel mass, and at the stage of its molding. The dosage of *spirulina* was from 1 to 5% as a substitute for sugar according to the recipe. It was found that with an increase in the dosage of *spirulina* the humidity and the spreading coefficient of caramel mass increases, caramel acquires green color characteristic of the *Spirulina platensis* microalgae, but the content of reducing substances practically does not change. It was found that the best technique is the introduction of *spirulina* at the stage of boiling caramel mass. The expediency of the use of *Spirulina platensis* microalgae in the production of candy caramel in a dosage of 2.5% by weight of sugar is shown, which increases the nutritional value and allows us to recommend this caramel to a wide range of consumers as a functional product, and does not reduce the resistance of caramel to sugaring during storage. The content of natural *spirulina* pigments eliminates synthetic dyes from the caramel formulation and does not require additional technological equipment.

Keywords: candy caramel; nutritional value; energy value; quality; *spirulina* microalgae; shelf life.

Введение

В настоящий момент во всем мире растет понимание необходимости рационального сбалансированного питания, и как следствие, имеет место устойчивая тенденция по снижению потребления продуктов, содержащих в больших количествах сахарозу. Леденцовая карамель («Петушки», «Чупа-Чупс») является самым любимым лакомством детей. Это самое сахароемкое кондитерское изделие, которое на 98% состоит из легкоусвояемых сахаров. В связи с этим, большое значение приобретает проблема создания леденцовой карамели с низким содержанием сахарозы за счет применения функциональных добавок.

В настоящее время в кондитерской промышленности России функциональные добавки внедряются в производство очень медленно. Это объясняется тем, что при производстве кондитерских изделий сахар не только обуславливает сладкий вкус продукта, но и выполняет структурообразующую функцию. Введение добавок при производстве леденцовой карамели сопряжено с тем, что готовая карамель не стойка к процессу кристаллизации, что затрудняет ее обогащение функциональными добавками.

На данный момент систематизированный материал по применению функциональных добавок для производства леденцовой карамели в литературе представлен скудно [1–3]. Не отражено их влияние на физико-химические свойства изделий, ход технологического процесса и стойкость леденцовой карамели при хранении. Поэтому актуальной является проблема создания и разработки рецептуры и технологии производства леденцовой карамели с использованием функциональных добавок.

В последние годы стали использовать микроводоросль *Spirulina platensis* в пищевой промышленности [4–7]. При выборе нетрадиционного сырья для производства леденцовой карамели был определен основной критерий – содержание полноценного белка, витаминов, антиоксидантов. Всем этим требованиям отвечает многоклеточная спиральная нитчатая микроводоросль – спирулина платенсис (*Spirulina platensis*), которая на сегодняшний день выращивается промышленным способом в п. Поньры Курской области НПО «Биосоляр МГУ».

Анализ химического состава микроводоросли показал, что белки спирулины отличаются высокой молекулярной массой и легкой усвояемостью в организме, превосходя в этом белок молока казеин, а протеин по всем функциональным параметрам близок к протеину мяса [8]. Спирулина является богатым источником витаминов, микро- и макроэлементов, содержит в себе почти все известные на сегодняшний день антиоксиданты (в том числе редкий пигмент фикоцианин), которые тормозят окислительные процессы, приводящие к старению организма, и препятствуют свободнорадикальному росту раковых клеток [9, 10]. По содержанию β -каротина спирулина превосходит многие биологически активные добавки, но кроме того она содержит полный спектр каротиноидов, которые синергически взаимодействуют друг с другом, усиливая антиоксидантную защиту. Спирулина имеет достаточно высокую концентрацию хрома (2,8 мг/кг), который ускоряет углеводный обмен и нормализует сахар в крови, поэтому она рекомендована людям, страдающим сахарным диабетом [8, 11]. Все это говорит о том, что спирулина является уникальным сбалансированным комплексом питательных веществ и ряда биологически активных соединений, что делает ее незаменимой для обогащения практически «рафинированного» продукта, каким и является леденцовая карамель.

Цель данной работы – создание научно-обоснованной технологии приготовления леденцовой карамели с использованием функциональной добавки – микроводоросли *Spirulina platensis*.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие задачи:

- изучение химического состава микроводоросли спирулины;
- исследование влияния различных дозировок спирулины и способов ее введения на органолептические и физико-химические показатели качества карамельной массы и карамели;
- определение показателей пищевой и энергетической ценностей нового вида карамели.

Объекты и методы исследования

В исследованиях использовали функциональную добавку – порошок спирулины (НПО «Биосоляр МГУ» ТУ 9284-004-17230230-03). Объектами исследования выступали карамельная масса и готовая карамель.

Методы исследований:

- определение содержания влаги карамельной массы и карамели – по ГОСТ 5900-2014;
- определение содержания редуцирующих сахаров в карамельной массе и карамели – по ГОСТ 5903-89;
- определение растекаемости карамельной массы - по отношению площади карамельного пласта к его массе [12];
- органолептическая оценка карамели – по ГОСТ 5897-90;
- определение массовой доли белка – методом Кьельдаля на аппарате Кьельтек 8200;
- определение количества пектиновых веществ – по ГОСТ 29059-91;
- определение содержания β-каротина – по ГОСТ Р 54058-2010;
- определение клетчатки по ГОСТ 13496.2-91;
- определение массовой доли макро- и микроэлементов – методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии на спектрометре с пламенной атомизацией «Квант-2А» по методике, прилагаемой к прибору.

Результаты и их обсуждение

Исследования химического состава микроводоросли *Spirulina platensis* позволили сделать вывод, что данная добавка содержит до 80% белка, до 25% полисахаридов, в том числе 5% из них представлены пектином, а 10% – водорастворимыми пищевыми волокнами. Кроме того в спирулине содержатся витамины β-каротин, Е, С, минеральные вещества: калий, кальций, магний, цинк, марганец, фосфор, железо, микродозы йода, селена, редких металлов, что очень важно для организма человека [8, 11].

На первом этапе исследовали влияние микроводоросли спирулина на показатели качества карамельной массы (содержание сухих и редуцирующих веществ, коэффициент растекания, косвенно характеризующий вязкость карамельной массы) и выбора ее оптимального количества при частичной замене сахара песка. Были приготовлены образцы без добавки и с заменой от 1 до 5% сахара песка спирулиной по сухому веществу с шагом 1%. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние замены сахара песка спирулиной на показатели качества карамельной массы
 Table 1 – Substitution of sugar for spirulina and the quality indicators of caramel mass

Наименование показателя	Контроль	Дозировка спирулины, % от массы сахара				
		1	2	3	4	5
Коэффициент растекания	1,35 ± 0,2	1,36 ± 0,2	1,41 ± 0,2	1,43 ± 0,2	1,55 ± 0,2	1,60 ± 0,2
Массовая доля сухих веществ, %	98,0 ± 0,35	98,00 ± 0,35	98,00 ± 0,35	98,20 ± 0,35	98,60 ± 0,35	98,80 ± 0,35
Массовая доля редуцирующих веществ, %	20,00 ± 0,1	20,0 ± 0,1	20,0 ± 0,1	21,0 ± 0,1	21,0 ± 0,1	21,0 ± 0,1

Важным структурно-механическим показателем качества леденцовой карамели является коэффициент растекания, являющийся косвенным показателем вязкости карамельной массы, от которой зависит технологический процесс обработки карамельной массы и ее прочность. Из представленных в таблице 1 данных видно, что при использовании 1% спирулины от массы сахара коэффициент растекания увеличивается на 0,74% по сравнению с контролем; при 2% – на 4,4%; при 3% – на 5,9%; при 4% – на 14,8%; при 5% – на 18,5%. В результате увеличения коэффициента растекания (который косвенно характеризует вязкость карамельной массы) при температуре 90°С масса с добавкой будет обладать большей пластичностью, что облегчит формование карамели и снизит количество возвратных отходов при этом.

Изучение влияния исследуемых дозировок на физико-химические свойства готовой карамели, представленные в таблице 2, показали, что при увеличении дозировки спирулины влажность массы увеличивается, особенно при увеличении дозировки более 2% к массе сахара; редуцирующие вещества нарастают незначительно.

Таблица 2 – Влияние замены сахара песка спирулиной на физико-химические показатели качества леденцовой карамели

Table 2 – Substitution of sugar for spirulina and the physicochemical quality indicators of caramel

Наименование показателя	Требования ГОСТ 6477-88	Контроль	Дозировка спирулины, % от массы сахара				
			1	2	3	4	5
Влажность, %	3,0± 0,35	2,0± 0,35	2,0± 0,35	3,5± 0,35	7,0± 0,35	9,0± 0,35	11,0± 0,35
Массовая доля редуцирующих веществ, %	20± 0,1	20,0± 0,1	20,0± 0,1	20,0± 0,1	21,0± 0,1	21,0± 0,1	21,0± 0,1

Полученные данные можно объяснить тем, что спирулина за счет содержания полисахаридов обладает повышенной водопоглощающей и водоудерживающей способностью [6, 8, 13], что затрудняет удаление влаги в процессе уваривания. Известно, что повышенная влажность интенсифицирует процесс кристаллизации, но в экспериментальных образцах засахаривания не происходит, свидетельствуя о том, что белки и полисахариды, содержащиеся в спирулине, повышают коэффициент растекания карамельной массы [12], что препятствует этому процессу. Небольшое увеличение редуцирующих веществ можно объяснить содержанием собственных восстанавливающих сахаров спирулины. Исследования влияния спирулины на органолептические показатели карамели показали, что использование ее до 2,5% их существенно не снижает, а при увеличении дозировки спирулины карамель приобретает вкус водорослей. Основываясь на результатах исследований можно сделать вывод, что оптимальной дозировкой спирулины, которая не ухудшает органолептические и физико-химические показатели качества леденцовой карамели, является 2,5% от массы сахара по сухому веществу, при увеличении дозировки карамель приобретает не свойственный вкус.

Исследования влияния способа введения (во время приготовления карамельного сиропа, во время приготовления карамельной массы и на стадии ее формирования) оптимальной дозировки спирулины на качество готовой леденцовой карамели представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние способов введения спирулины на показатели качества карамельной массы

Table 3 – The influence of spirulina introducing on the quality indicators of caramel

Показатели	Контроль	Способ введения на стадии		
		приготовления карамельного сиропа	приготовления карамельной массы	формования карамельной массы
Массовая доля влаги, %	2,0 ± 0,35	2,2 ± 0,35	2,1 ± 0,35	2,3 ± 0,35
Массовая доля редуцирующих веществ, %	20,0 ± 0,1	21,0 ± 0,1	21,0 ± 0,1	20,0 ± 0,1
Гитруемая кислотность, град	10 ± 0,2	12 ± 0,2	12 ± 0,2	12 ± 0,2
Коэффициент растекаемости, см ² /г	1,35 ± 0,2	1,12 ± 0,2	1,15 ± 0,2	1,18 ± 0,2

Результаты исследований показали, что при введении спирулины на стадии уваривания карамельного сиропа происходит опускание ее на дно варочного аппарата и масса начинает пригорать. Спирулина, вводимая на стадии формирования, неравномерно распределяется по карамельной массе, что делает ее цвет неравномерным, и только введение ее на стадии уваривания карамельной массы позволяет получить карамель, соответствующую требованиям (ГОСТ 6477-88 Карамель. Общие технические условия) по физико-химическим и органолептическим показателям качества.

На следующем этапе проводились исследования влияния оптимальной дозировки спирулины на изменение физико-химических и органолептических показателей леденцовой карамели в процессе хранения. Готовую карамель упаковывали в парафинированный этикет и хранили в течение 8 месяцев при температуре 20 ± 2°С.

Полученные результаты исследований показали, что в течение 6 месяцев физико-химические и органолептические показатели качества готовой леденцовой карамели со спирулиной не отличаются от контрольного образца, а при дальнейшем хранении экспериментальные образцы начинают активно кристаллизоваться, что снижает органолептические показатели качества и не соответствует ГОСТ 6477-88.

Исследования влияния спирулины на пищевую ценность карамели, представленные в таблице 4, показали, что в контрольном образце белок и клетчатка отсутствуют, а с добавлением спирулины их содержание составляет 1,27 и 0,25 % соответственно. Количество жира увеличилось в 2 раза, сахарозы уменьшилось на 2,66%, моно- и дисахаридов увеличилось на 0,39%, крахмала и других полисахаридов увеличилось на 1,38%, золы увеличилось на 76,19%. Незначительно увеличилась энергетическая ценность за счет обогащения леденцовой карамели белками, не усвояемыми клетчаткой и пектином. Так же за счет внесения спирулины значительно возросло количество минеральных веществ и витаминов, особенно β-каротина.

Таблица 4 – Анализ пищевой ценности карамели

Table 4 – Caramel nutrition value

Наименование показателя	Пищевая ценность, г		Физиологическая потребность	
	Карамель «Золотистая»	Карамель «Морская волна»	Суточная, г	Доля от сут. потребности, %
Белки, г	–	1,27	65–117 (для мужчин) 58–87 (для женщин)	1,95–1,08 2,19–1,46
Жиры, г	0,1	0,22	70–154 (для мужчин) 60–102 (для женщин)	0,34–0,15 0,39–0,23
Углеводы: в т.ч.	97,97	96,58	257–586	37,52–16,46
сахароза	66,37	64,50		
моно- и дисахариды	19,26	19,32		
крахмал и другие полисахариды	12,34	12,4		
клетчатка, г	–	0,25	20	1,25
пектин, г	–	0,11	2,5	4,4
Минеральные вещества, г				
Na	0,05	18,69	1300	1,44
Ca	14,20	25,41	1000	2,54
Mg	6,04	12,73	400	3,18
Витамины, мг				
β-каротин	–	2,80	5,00	56
B ₁	0,12	0,19	15,00	1,25
B ₂	0,03	0,11	18,00	0,6
Энергетическая ценность, ккал	391,88	393,38	–	–

Заключение

Таким образом, использование микроводоросли *Spirulina platensis* при производстве леденцовой карамели является целесообразным, так как ее внесение позволяет получить готовое изделие с показателями качества, соответствующими требованиям ГОСТ 6477-88; стойкое к засахариванию в процессе хранения; исключить из рецептуры дорогостоящие синтетические красители и повысить пищевую ценность карамели. Следовательно, полученную леденцовую карамель можно рекомендовать для широкого круга потребителей в качестве функционального продукта.

Литература

1. Закутников О.И., Закутникова В.И. Иммуномоделирующие леденцы: пат. 2402226 Российская Федерация. 2010. Бюл. № 4. 7 с.
2. Ишемгулов А.М., Ишемгулова З.Р., Асадуллина Ф.Ф. Карамель леденцовая: пат. 2537902 Российская Федерация. 2015. Бюл. № 1. 7 с.
3. Сапронова Л.А., Ермолаева Г.А., Шабурова Л.Н. Карамельная масса на основе сиропа сахарного сорго // Пищевая промышленность. 2012. № 4. С. 58–59.
4. Гришина Л.Н. Разработка технологии хлебобулочных изделий с применением микроводоросли спирулины: автореф. дис. ... канд. тех. наук. М. 2012. 185 с.

5. Хмелева Е.В., Березина Н.А., Румянцева В.В., Осипова Г.А. Использование микроводоросли спирулины в технологии зернового хлеба // *Хлебопродукты*. 2018. №8. С.50-54.
6. Тхазеплова Ф.Х., Иванова З.А. Влияние внесения спирулины на процесс черствения хлебобулочных изделий из пшенично-ячменной муки // *Успехи современной науки и образования*. 2016. № 10. Т. 5. С. 41-43.
7. Malik P., Kempanna C., Paul A. Quality characteristics of ice cream enriched with spirulina powder. *International journal of food and nutritional sciences*. 2013, V.2, Is.1, pp. 44-50.
8. Кедик С.А., Ярцев Е.И., Гультяева Н.В. Спирулина – пища XXI века. М.: Фарма Центр, 2006. 166 с.
9. Яшин А. Определение природных антиоксидантов в пищевых злаках и бобовых культурах // *Аналитика*. 2012. № 1. С. 32-36.
10. Пурьгин П.П., Желонкин Н.Н., Павлова О.Н., Первушкин С.В., Куркин В.А., Герасимов Ю.Л., Боронец Т.Ю. Определение токсичности и антиоксидантной активности биомассы спирулины платенсис и лекарственных форм на ее основе // *Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия*. 2007. № 6. С. 393-400.
11. Кедик С.Я., Ярцев Е.И., Сакаева И.В. Влияние спирулины и ее компонентов на иммунную систему // *Биофармацевтический журнал*. 2014. № 3. С. 3-10.
12. Олейникова, А.Я., Магомедов Г.О., Мирошникова Т.Н. Практикум по технологии кондитерских изделий. СПб.: ГИОРД, 2005. 456 с.
13. Сидоренко М.Ю. Скобельская З.Г., Шебершинева Н.Н., Шеховцева Т.Г. Влияние рецептуры карамели на ее гигроскопичность // *Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья*. 2007. № 11. С. 40-41.

References

1. Zakutnikov O.I., Zakutnikova V.I. Immunomoduliruyushchie ledentsy [Immunomodulating lollipops]. *Patent RF*, 2402226. 2012.
2. Ishemgulov A.M., Ishemgulova Z.R., Asadullina F.F. Karamel' ledentsovaya [Lollipop]. *Patent RF*, 2537902. 2015.
3. Saprnova L.A., Ermolaeva G.A., Shaburova L.N. Karamel'naya massa na osnove siropa sakharnogo copgo [Caramel weight on the basis of syrup of a sugar sorghum]. *Food Industry*. 2012, no. 4, pp. 58-59.
4. Grishina L.N. Razrabotka tekhnologii khlebobulochnykh izdelii s primeneniem mikrovdorosli spiruliny [Development of technology of bakery products with application of a microalga of a spirulina]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Moscow, 2012. 185 p.
5. Khmeleva E.V., Berезина N.A., Rumyantseva V.V., Osipova G.A. Ispol'zovanie mikrovdorosli spirulina v tekhnologii zernovogo khleba [The use of microalgae spirulina in the technology of grain bread]. *Khleboprodukty*. 2018, no. 8, pp. 50-54.
6. Tkhazeplova F.Kh., Ivanova Z.A. Vliyanie vnesheniya spiruliny na protsess cherstveniya khlebobulochnykh izdelii iz pshenichno-yachmennoi muki [The effect of inclusion of spirulina on the process of staling of bakery products from wheat-barley flour]. *Success of modern science and education*. 2016, no. 10, V.5, pp. 41-43.
7. Malik P., Kempanna C., Paul A. Quality characteristics of ice cream enriched with spirulina powder. *International Journal of Food and Nutritional Sciences*. 2013, V.2, Is.1, pp. 44-50.
8. Kedik S.A., Yartsev E.I., Gul'tyaeva N.V. *Spirulina – pishcha XXI veka* [Spirulina – food of the 21st century]. Moscow, Farma Tsentr Publ., 2006. 166 p.
9. Yashin A. Opredelenie prirodnykh antioksidantov v pishchevykh zlakakh i bobovykh kul'turakh [Definition of natural antioxidants in food cereals and bean cultures]. *Analitika*. 2012, no. 1, pp. 32-36.
10. Purygin P.P., Zhelonkin N.N., Pavlova O.N., Pervushkin S.V., Kurkin V.A., Gerasimov Yu.L., Boronets T.Yu. Opredelenie toksichnosti i antioksidantnoi aktivnosti biomassy spiruliny platensis i lekarstvennykh form na ee osnove [Analysis of toxicity and antioxidant activity biomass and officinal conformation of alga spirulina platensis]. *Vestnik of Samara University. Natural Science Series*. 2007, no. 6, pp. 393-400.
11. Kedik S.Ya., Yartsev E.I., Sakaeva I.V. Vliyanie spiruliny i ee komponentov na immunnuyu sistemu [Influence of Spirulina and its components on the immune system]. *Russian Journal of Biopharmaceuticals*. 2014, no. 3, pp. 3-10.
12. Oleinikova, A.Ya., Magomedov G.O., Miroshnikova T.N. Praktikum po tekhnologii konditerskikh izdelii [Confectionery technology workshop]. St. Petersburg, GIORД Publ., 2005. 456 p.
13. Sidorenko M.Yu. Skobel'skaya Z.G., Shebershineva N.N., Shekhovtseva T.G. Vliyanie retseptury karameli na ee gigroskopichnost' [Influence of caramel compounding on its hygroscopicity]. *Storage and processing of farm products*. 2007, no. 11, pp. 40-41.

Статья поступила в редакцию 18.09.2018