

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.ruканд. 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.ruPh. 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°C 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., Румянцова 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., Шебершневна 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., Berezina 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 vneseniya 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., Shebershneva 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