УДК 573.6:63

DOI: 10.21779/2542-0321-2021-36-1-79–84

Л.А. Минченко

Инновации в области органической химии: прогрессивные биотехнологии в растениеводстве

*ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ; Россия, 400002, Южный федеральный округ,
Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, 26;
lyubov.minchenko@yandex.ru*

В настоящее время особенно актуальны задачи получения экологически безопасной сельскохозяйственной продукции и создания эффективных технологий производства функциональных продуктов. Одним из направлений их решения является использование пророщенных семян сельскохозяйственных растений, прежде всего зерновых.

В зародыше зерна содержатся витамины группы В, минеральные вещества, полноценные по аминокислотному составу белки. Несомненным достоинством является также высокое содержание антиоксидантов, которые регулируют скорость реакций свободнорадикального окисления, создают благоприятные условия для обмена веществ, обеспечения нормального роста и других функций организма, а также усиления иммунной защиты организма, что особенно актуально в холодное время года

Для максимального сохранения полезных свойств пророщенных зерен нежелательно как длительное хранение, так и любая термообработка. Еще одним лимитирующим фактором является микробная обсемененность зерна. Влияние этих факторов на питательную ценность смоделировано в эксперименте. Характеризуются методы исследования витаминов А, Е, С, а также сроки сохранения качества продукта.

Произведен сравнительный анализ витаминного состава и качества пророщенных зерен пшеницы при различных сроках и режимах хранения и технологиях обработки. Сделан вывод, что хранение в вакуумированных пакетах из плотного полиэтилена дает хорошие результаты, повышая срок сохранности продукта практически вдвое без значительных потерь содержания витаминов и вкусовых качеств. Пастеризация же с заливкой значительно снижает содержание витамина С (при высокой сохранности витаминов А и Е), но обеспечивает гораздо более длительные сроки хранения.

Ключевые слова: биотехнологии, пророщенные семена, пшеница, витаминный состав, сохранность витаминов, режимы обработки и хранения, органическая химия, титриметрический метод, хроматография.

Введение

На современном этапе практически во всех странах мира (и Россия не является исключением) аспект здорового питания населения возводится в ранг национальной политики. В этой связи на федеральном уровне ставятся задачи получения экологически безопасной сельскохозяйственной продукции и создания эффективных технологий ее переработки [2].

Среди других прогрессивных технологий производства здоровьесберегающих продуктов примечательно начавшее складываться еще в 2010-е годы направление на стыке растениеводства и пищевых технологий. Это производство пророщенных зёрен различных сельскохозяйственных растений, прежде всего пшеницы и ячменя. Действи-

тельно, в зародыше зерна содержатся разнообразные нутриенты: витамины группы В, минеральные вещества, полноценные по аминокислотному составу белки, некоторые липиды. Так, в пророщенном зерне пшеницы содержание свободных аминокислот возрастает в семь раз, витамина В₆ – более чем в пять раз, витамина В₁ – в полтора раза [1].

Несомненным достоинством проростков является также высокое содержание антиоксидантов, прежде всего витамина Е и аскорбиновой кислоты. Природные антиоксиданты регулируют скорость реакций свободнорадикального окисления, создавая благоприятные условия для обмена веществ, обеспечения нормального роста и функционирования различных клеток организма. Антиоксиданты также усиливают иммунную защиту организма, что особенно актуально в холодное время года.

Проростки первоначально использовались только в свежем виде для различных салатов, десертов, смузи в специализированных «экологических кафе», фито-барах при физкультурно-оздоровительных учреждениях и в некоторых домах отдыха. В наши дни подобные блюда предлагают некоторые рестораны и кафе, тем более, что измельченные проростки хорошо сочетаются с кисломолочными продуктами, фруктовыми пюре и соками, овощами, зеленью, позволяя придать блюдам наряду с полезными свойствами и разнообразные вкусы.

Постановка проблемы исследования

В наши дни проростки продаются и в специальных магазинах «здоровых продуктов», и в некоторых супермаркетах, однако широкой популярности и реализации препятствуют некоторые особенности, описанные разными авторами:

- по мере прорастания биологическая активность (как витаминная, так и антиоксидантная) существенно снижается, поэтому срок их реализации составляет не более пяти суток [4];

- как и вся «влажная» растительная продукция, проростки зерновых культур имеют склонность к повышенной обсемененности микроорганизмами. В продовольственных магазинах проростки обычно продаются в пластиковой таре, а в таких условиях продолжается и рост самих проростков, и дальнейшее размножение микроорганизмов. Но и добавление антимикробных агентов для экологических продуктов неприемлемо [5];

- в горячих блюдах и при пастеризации значительная часть витаминов теряется, возможно также в той или иной мере денатурирование аминокислот [7];

- антиоксидантная активность проростков значительно снижается при любой термической обработке, а также при высушивании и сублимации [1];

- ГОСТа или ТУ на проросшее зерно как пищевой продукт не существует, то есть содержание витаминов и биологически активных веществ не регламентируется. Кроме того, не исключено, что для зёрен даже одной культуры, но разных сортов, эти показатели различны [6].

Таким образом, по данным многих авторов, нежелательно как длительное хранение пророщенного зерна, так и любая термообработка. Хотя конкретных показателей, а также соотношения степени потерь различных витаминов и биологически активных веществ ни в одной из проанализированных статей не содержится. Имеются только данные о разработке метода консервирования проростков (преимущественно пшеницы и ячменя) по технологиям, аналогичным консервированию зеленого горошка и кукурузы, то есть вакуумным способом. Ведутся разработки и в области консервированных заготовок из проростков в виде пюре или мусса [5].

Соответственно целью проведенного исследования являлся химический анализ наиболее значимых компонентов химического состава проростков пшеничных зерен – витаминов А, Е, С.

Задачи исследования заключались в сравнительном анализе витаминного состава зерен пшеницы:

- на различных стадиях прорастания с целью характеристики биологической ценности;
- при различных режимах заготовки и хранения, чтобы предложить самый оптимальный.

Подготовка экспериментального материала и методы исследования

Для эксперимента была выбрана пшеница одного из распространенных в области районированных сильных сортов «Янтарная – 50» урожая 2019 г. Пробу зерна замачивали в течение 2 ч в воде (25 °С), размещали слоем 20 мм в пластиковых кюветах для проращивания при температуре 20 °С на 48 ч, периодически увлажняя. За это время длина ростков достигала от 2 мм (как и рекомендуется диетологами для потребления [3, с. 50]), т. е. пророщенные семена приобретали товарную кондицию. Затем, имитируя условия хранения в торговой сети, проросшее зерно затаривали в пластиковые прозрачные контейнеры с крышками и помещали в холодильник, в котором поддерживалась температура 6 ± 2 °С (как средняя для холодильных витрин в торговой сети). Каждые последующие сутки наугад брался один контейнер для приготовления средней пробы для определения содержания витаминов.

Количественное содержание витаминов А и Е определялось по стандартным методикам высокоэффективной жидкостной хроматографии (элюент – гексан) на хроматографе «Люмахром».

Содержание витамина С определялось по ГОСТ Р 54634-2011 в подкисленной соляной кислотой пробе титрованием 0,001н. раствором 2,6-дихлорфенолиндофенола до появления розового окрашивания. Более известный метод йодометрического титрования в отношении зерновых непригоден, поскольку в нем индикатором является крахмал, но аналогичные соединения содержатся и в самой пробе.

Результаты и обсуждение

Результаты проведенного анализа на содержание важнейших витаминов приведены в табл. 1. Из данных этой таблицы можно заметить следующее.

Содержание витаминов, обладающих основной антиоксидантной активностью, в проросшем зерне значительно выше, что и определяет его высокую пищевую ценность;

Наращение содержания определяемых витаминов иллюстрируют первые четыре строки табл. 1 в непосредственной взаимосвязи с достижением зёрнами той кондиции, которую рекомендуют диетологи для потребления (48 часов проращивания, длина ростков от 2 мм).

В течение хранения в холодильнике наблюдается замедление роста проростков, но он не останавливается. Ввиду происходящих биохимических процессов анализ показывает некоторое снижение содержания водорастворимого витамина С, а витаминов А и Е (представляющих собой жирорастворимую фракцию) – практически вдвое. В целом наблюдаемые эффекты подтверждают установленную некоторыми авторами оптимальную продолжительность хранения проростков при таких условиях до 4 суток.

Значимо также, что, начиная с шестых суток, наблюдаются первые признаки микробной порчи (выделение жидкости с пузырьками газа), на седьмые они усиливаются, при дальнейшем же хранении происходит плесневение и/или брожение. Всё наблюдаемое в совокупности подтверждает актуальность сохранения и нутриентного, и микробиологического качества пророщенных зерен пшеницы. Выбранный метод хранения должен остановить дальнейший рост проростков (чтобы сохранить витамины) и одновременно обеспечить высокое микробиологическое качество продукта.

Таблица 1. Результаты анализа на содержание важнейших витаминов

Объект исследования	Витамины, мг %		
	А	Е	С
Зерно сухое	0,4	29,63	10,84
Зерно, замоченное в течение 8 часов	1,09	38,4	12,36
Зерно, замоченное в течение 16 часов	2,14	52,16	26,27
Зерно, замоченное и пророщенное в течение 48 часов	2,93	78,63	31,81
Пророщенное зерно, первые сутки хранения при 6 ± 2 °С	2,75	82,46	32,19
То же, вторые сутки	2,14	65,71	31,47
То же, третьи сутки	1,76	52,81	30,52
То же, четвертые сутки	1,54	48,64	28,54
То же, пятые сутки	1,33	42,67	26,45
То же, шестые сутки	1,26	34,62	24,18
То же, седьмые сутки	1,1	32,74	23,31

Еще одной задачей является изучение режимов хранения, и в эксперименте были смоделированы наиболее доступные из них. Во-первых, хранение в вакуумированных пакетах без добавления консервантов: промытые чистой водой проростки помещаются в полиэтиленовые пакеты, которые вакуумируются и запаиваются. Пакеты хранятся в холодильнике при 6 ± 2 °С. Во-вторых, пастеризация в герметичной стеклянной таре с завинчивающейся крышкой из литографированной жести. Промытые чистой водой проростки укладываются в стеклянную банку емкостью 200 мл. Условия и режим пастеризации выбраны те же, что рекомендованы для зеленого горошка: время 5 минут, температура 90 ± 2 °С. Состав заливки: сахар 30 г/л, соль 20 г/л. Хранение при комнатной температуре.

Результаты исследования на сохранность витаминов приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты анализа сохранности витаминов в зависимости от режима хранения

Объект исследования	Витамины, мг%		
	А	Е	С
Зерно, замоченное и пророщенное в течение 48 часов	2,93	78,63	31,81
Пророщенное зерно в вакуумированном пакете, первые сутки хранения при 6 ± 2 °С	2,86	77,52	31,74

То же, вторые сутки	2,75	74,56	31,07
То же, третьи сутки	2,48	72,31	30,44
То же, четвертые сутки	2,33	69,58	29,16
То же, пятые сутки	2,21	62,33	27,52
То же, шестые сутки	2,13	55,27	26,81
То же, седьмые сутки	2,01	57,36	25,56
Пророщенное зерно, пастеризованное в герметически закрытой банке, первые сутки	2,76	77,48	16,22
То же, десятые сутки	2,68	72,6	15,92

Как можно заметить из этих данных, в вакуумированном пакете сохранность витаминов существенно повышается по сравнению с обычным способом хранения (предположительно ввиду остановки роста проростков). Органолептические свойства проростков (вкус, консистенция) близки к таковым в свежем виде. Первые признаки микробной порчи при хранении в холодильнике появляются на 9-й день. То есть срок хранения пророщенных зёрен увеличивается практически вдвое без значительной потери витаминов.

Пастеризованное пророщенное зерно в стеклянной герметически закрытой банке не проявляет признаков микробной порчи и на 15-е сутки, сохранность витаминов А и Е хорошая, витамина С – существенно ниже (ввиду его пониженной термостойкости). Органолептические свойства проростков также близки к таковым в свежем виде.

Таким образом, вакуумирование дает хорошие результаты, повышая срок сохранности продукта практически вдвое без значительных потерь содержания витаминов и вкусовых качеств. Пастеризация же с заливкой значительно снижает содержание витамина С (при высокой сохранности А и Е), но обеспечивает гораздо более длительные сроки хранения.

В задачи исследования не входили вопросы использования консервантов, идентичных натуральным (например, лимонной или сорбиновой кислоты и т. п.), а также биологической ценности пророщенных семян других видов растений. Хотя это является перспективным направлением будущих исследований.

Литература

1. ГОСТ Р 54634-2011 Продукты пищевые функциональные. Метод определения витамина Е // СЭФ Кодекс / <http://docs.cntd.ru/document/1200091388O.B>.
2. Бережная Г.Г., Дубцов Л.И., Войно Л.И. Проростки пшеницы – ингредиент для продуктов питания // Пищевая промышленность. – 2015. – № 5. – С. 26–29.
3. Дергунова Е.В., Шипуля А.Н., Мазницына Л.В., Романенко Е.С. Биотехнологические аспекты получения комплексного препарата с ростостимулирующей и фунгицидной активностью на основе ферментации растительного сырья молочной сывороткой // Научная жизнь. – 2010. – № 1. – С. 14–19.
4. Зверев С.В., Зверева Н.С. Функциональные зернопродукты. – М.: ДеЛи принт, 2006. – 120 с.
5. Зенькова М.Л., Бабич Д.А. Подготовка зерна пшеницы при разработке технологии консервов «Вторые обеденные блюда» // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 46–53.
6. Инструкция по определению витамина А и Бета-каротина в пищевых продук-

тах // СЭФ Кодекс / <http://docs.cntd.ru/document/1200073372>

7. Инструкция по определению витамина С в пищевых продуктах // СЭФ Кодекс / <http://docs.cntd.ru/document/1200073374>

8. Паникаров Ф.А. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2019. – Т. 9, № 2 (29). – С. 127–134.

9. Ходунова О.С., Силантьева Л.А. Влияние различных способов обработки на микробиологические показатели пророщенных семян овса // Научный журнал НИУ ИТМО. Сер.: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2017. – № 1. – С. 3–8.

10. Хузин Ф.К., Канарская З.А. Совершенствование технологии производства хлебобулочного изделия на основе измельченного проросшего зерна пшеницы // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – № 1. – С. 178–187.

Поступила в редакцию 5 июня 2020 г.

UDC 573.6:63

DOI: 10.21779/2542-0321-2021-36-1-79–84

Innovations in Organic Chemistry: Progressive Biotechnologies in Plant Production

L.A. Minchenko

Volgograd State agricultural University; Russia, 400002, Volgograd, Volgograd Region, Southern Federal District, Universitetskiy av., 26; lyubov.minchenko@yandex.ru

Currently, the task of obtaining environmentally safe agricultural products and creating effective technologies for the production of functional products is of particular relevance. One of the directions of its solution is the use of sprouted seeds of agricultural plants, primarily cereals. The germ of the grain contains B vitamins, minerals, and full-fledged amino acid composition of proteins. The undoubted advantage is also the high content of antioxidants, which regulate the rate of free radical oxidation reactions, create favorable conditions for metabolism, ensure normal growth and other body functions, as well as strengthen the body's immune protection, which is especially important in the cold season. To maximize the preservation of the beneficial properties of sprouted grains, it is undesirable to store them for a long time, as well as any heat treatment; another limiting factor is the microbial contamination of the grain. The effect of these factors on nutritional value is modeled in an experiment. The methods of research of vitamins A, E, and C, as well as the terms of preserving the quality of the product are characterized. A comparative analysis of the vitamin composition and quality of sprouted wheat grains at different storage periods and modes and processing technologies were performed. It is concluded that storage in vacuum bags made of dense polyethylene gives good results, increasing the shelf life of the product almost twice, without significant losses in the content of vitamins and taste qualities. Pasteurization with filling significantly reduces the content of vitamin C (with high preservation of A and E), but provides a much longer shelf life.

Keywords: biotechnologies, sprouted seeds, wheat, vitamin composition, vitamin safety, processing and storage modes, organic chemistry, titrimetric method, chromatography.

Received 5 June 2020