

ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧАЙ ПРАДУКЦЫІ

УДК 636.086.5:66.040

В. А. ШАРШУНОВ, Е. Н. УРБАНЧИК, А. Е. ШАЛЮТА

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА ГОРОХА

*Могилевский государственный университет продовольствия,
Республика Беларусь, e-mail: urbanchik@tut.by*

(Поступила в редакцию 09.07.2014)

Процесс проращивания зерна сельскохозяйственных культур в настоящее время широко изучается отечественными и зарубежными исследователями, развиваются и совершенствуются технологические приемы и способы, а также технические средства его реализации [1–4]. Существуют разные способы проращивания зерна и рекомендации по его применению. Учитывая высокую влажность, пророщенное зерно невозможно хранить длительное время без ущерба для его уникальных свойств. Хранение в сухом виде позволяет решить эту проблему.

В настоящее время для сушки зерна на предприятиях зерноперерабатывающей промышленности используются разные типы зерносушилок, которые различаются способами сушки – конвективный, кондуктивный; сорбционная, радиационная, механическая сушка; вакуум-сушка; сушка с помощью токов разной частоты; комбинированная сушка [5]. Существующие способы сушки зерна требуют применения высоких температур, что отрицательно сказывается на содержании полезных компонентов в высушенном продукте.

В настоящее время одним из перспективных способов термической обработки пищевых продуктов является сушка инфракрасным (ИК) излучением, которая является экологически чистой и, наряду с уменьшением влажности зерна, осуществляет микронизацию продукта [6, 7]. Инфракрасное излучение способствует улучшению качественных показателей готовой продукции, позволяет значительно интенсифицировать процесс тепловой обработки, практически полностью сохранить пищевую ценность сырья и получить продукт не требующий тепловой обработки – готовый к употреблению. В настоящее время из данной категории продуктов большой популярностью пользуются зерновые каши, основным компонентом которых являются зерновые хлопья. Хлопья из пророщенного зерна получают путем термомеханической обработки [8].

Цель исследования – разработка оптимальных режимов термомеханической обработки пророщенного зерна гороха путем изучения содержания аминокислот и витаминов в процессе сушки, выхода и качества готового продукта.

Материалы и методы исследований. В качестве материала исследований были использованы образцы пророщенного зерна гороха, полученные в лабораторных условиях на кафедре технологии хлебопродуктов Могилевского государственного университета продовольствия и в производственных условиях ООО «Производственная компания Старт» (Российская Федерация, г. Долгопрудный). ИК-обработку проводили на сушилке УТЗ-4 (производства ООО «Производственная компания Старт»), которая предназначена для сушки высоковлажного зернового сырья и обеспечивает сьем влаги до 40 %. Были применены следующие режимы ИК-обработки: длина волны – от 0,8 до 3,0 мкм, плотность потока – от 25 до 80 Вт/м², толщина

укладки слоя зерна – от 1 до 1,5 см. Плющение зерна осуществляли на плющильном станке с диаметром вальцов 400 мм. При исследовании качества готового продукта применяли общепринятые в промышленности, научных учреждениях республики и за рубежом методы исследований.

Опыты проводили в 3 повторностях, анализировали только воспроизводимые в повторном опыте результаты. Для обработки экспериментальных данных использовали метод статистической обработки с помощью программных приложений Microsoft Excel и Statgraphics Plus.

Результаты и их обсуждение. Термомеханическая обработка включает обработку пророщенного зерна ИК-излучением и плющение зерна. Для установления оптимальных режимов термомеханической обработки исследовали влияние ИК-обработки и плющения на качество хлопьев.

Качество готового продукта определяется наличием и сохранением в нем полезных веществ, в том числе витаминов и аминокислот. К термолабильным витаминам относятся витамины группы В, к термолабильным аминокислотам – лизин, цистин, триптофан. Высокой активностью к меланоидинообразованию обладает аминокислота лизин. Чем интенсивнее происходит снижение данной аминокислоты, тем больше ее вступает в реакцию и тем больше образуется меланоидинов, что отрицательно влияет на качество готового продукта. Для сохранения витаминов и аминокислот пророщенного зерна при производстве хлопьев необходимо учитывать продолжительность ИК-обработки. В качестве исследуемых показателей пророщенного зерна выбраны термолабильные витамин В₁ и аминокислота лизин, изменения которых будут косвенно свидетельствовать об изменении других термолабильных витаминов и аминокислот. С целью определения их сохранности в процессе сушки пророщенное зерно гороха подвергали ИК-обработке (время – от 0 до 130 с, интервал – 10 с), определяли его качественную температуру на поверхности и внутри зерновки. Для исследований использовали пророщенное зерно гороха.

Результаты исследований (табл. 1) показали, что содержание витамина В₁ и лизина уменьшается незначительно (до 10 %) при времени сушки до 110 с, при этом температура нагрева поверхности зерна гороха составляет до 92 °С, внутри зерновки – до 58 °С.

Т а б л и ц а 1. Влияние времени сушки на качество пророщенного зерна гороха

Время сушки, с	Витамин В ₁		Лизин		Температура, °С	
	содержание, мг/100 г СВ	снижение, %	содержание, мг/100 г СВ	снижение, %	на поверхности зерновки	внутри зерновки
0	0,70	–	1400,3	–	–	–
10	0,70	–	1400,2	0,01	35	22
20	0,70	–	1400,1	0,01	37	22
30	0,70	–	1400,0	0,02	40	22
40	0,70	–	1399,8	0,04	45	22
50	0,70	–	1398,2	0,15	49	22
60	0,70	–	1396,5	0,27	56	27
70	0,69	1,4	1371,3	2,07	65	30
80	0,69	1,4	1341,8	4,18	70	32
90	0,68	2,9	1334,1	4,73	75	40
100	0,65	7,1	1300,7	7,11	80	49
110	0,65	7,1	1260,4	9,99	92	58
120	0,63	10,0	951,5	32,05	96	73
130	0,60	14,3	822,6	41,26	105	89

Пророщенное зерно, прошедшее ИК-обработку, имеет влажность 18–20 %, легко и качественно плющится металлическими валками, так как его прочность благодаря термодеструкции эндосперма снижается в 3–4 раза, а пластические свойства повышаются. В процессе плющения частично разрушается структура зерновки гороха, что облегчает доступ воды, увеличивается поверхность частиц и уменьшается их толщина. В результате исследований установлено, что диаметр вальцов имеет важное значение при получении хлопьев из пророщенного зерна гороха. При диаметре вальцов меньше 400 мм наблюдается некачественное плющение зерна, повышенный выход мучки. Для определения оптимальных режимов термомеханической обработки про-

водили органолептический анализ качества полученных хлопьев при различных зазорах плющильного станка от 0,5 до 0,7 мм с интервалом в 0,1 мм и различным времени сушки зерна от 30 до 110 с с интервалом 10 с. Кроме того, учитывали выход хлопьев и побочных продуктов (мучка, плющенное и дробленое зерно). Результаты исследований представлены на рис. 1, 2.

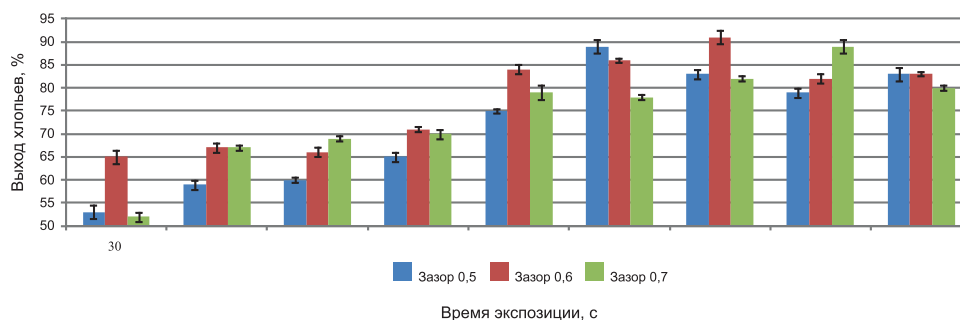


Рис. 1. Зависимость выхода хлопьев от времени ИК-обработки и межвальцового зазора

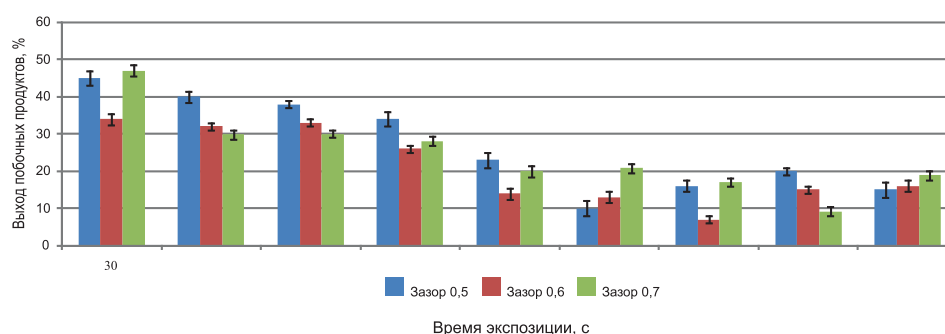


Рис. 2. Влияние времени ИК-обработки и межвальцового зазора на выход побочных продуктов

При проведении эксперимента выявлено, что при сушке пророщенного зерна гороха менее 60 с процесс плющения зерна затруднен, занимает больше времени, выход хлопьев при этом составил 65–85 %. Согласно полученным данным, максимальный выход хлопьев из пророщенного зерна, с минимальным выходом побочных продуктов отмечен при времени ИК-обработки 80–100 с, однако, полученные данные не дают объективной характеристики процесса термомеханической обработки зерна в связи с большим шагом варьирования времени сушки (10 с). Поэтому для определения комплексного влияния факторов термомеханической обработки на выход хлопьев использовали систему оперативного анализа данных Statgraphics Plus.

Для оптимизации режимов принят диапазон времени сушки зерна перед плющением от 60 до 110 с, поскольку он обеспечивает наибольшую сохранность витаминов, аминокислот и оказывает положительное влияние на выход хлопьев и их качество.

Был спланирован эксперимент с использованием двух факторов: время сушки (t) и межвальцовый зазор (a). Матрица планирования эксперимента представлена в табл. 2.

Далее была локализована область значений факторов, в которой выход хлопьев является максимальным. С этой целью строили поверхность отклика (рис. 3). Трехмерный график имеет холм с вершиной в значении 90,4 для переменной «время сушки» и 0,61 для переменной «межвальцовый зазор».

На основании проведенных исследований установлены оптимальные режимы получения хлопьев из пророщенного зерна гороха: время сушки зерна – 90 с и межвальцовый зазор – 0,6 мм.

Проведена органолептическая оценка качества готовой продукции. По внешнему виду хлопья из зерна гороха были овальными и круглыми, с неровными краями. Вкус был свойственный хлопьям из соответствующего сырья, без горечи и посторонних привкусов. Цвет хлопьев – от белого до светло-желтого с различными оттенками. При оценке запаха было отмечено, что хлопья

Т а б л и ц а 2. Матрица планирования эксперимента

Номер опыта	Время сушки (<i>t</i>), с	Межвальцовый зазор (<i>a</i>), мм	Выход хлопьев, %
1	85,0	0,64	76,1
2	110,0	0,60	80,3
3	120,4	0,50	70,2
4	110,0	0,40	82,7
5	60,0	0,60	70,4
6	49,6	0,50	65,1
7	85,0	0,36	68,8
8	85,0	0,50	87,3
9	85,0	0,50	88,4
10	60,0	0,40	66,7

обладали запахом, свойственным хлопьям, без затхлого, плесневелого и других посторонних запахов. Показатели качества хлопьев из пророщенного зерна гороха представлены в табл. 3.

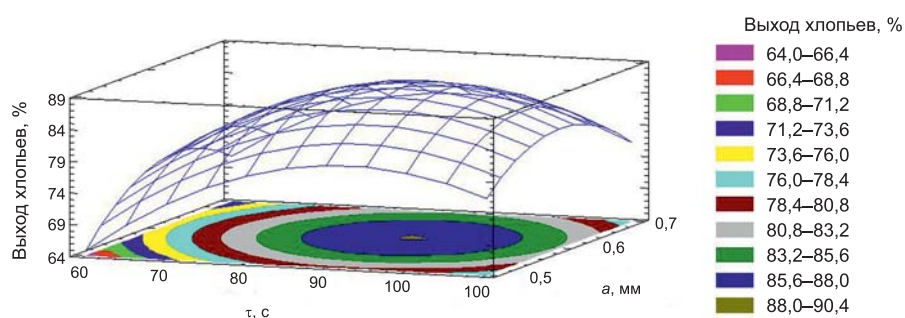


Рис. 3. Поверхность отклика

Т а б л и ц а 3. Показатели качества хлопьев из пророщенного зерна гороха

Показатель	Значение
Влажность, %	12,0±1,0
Кислотность, град.	2,7±0,3
Развариваемость, мин	3,5±0,5
Зараженность и загрязненность вредителями хлебных запасов	Не обнаружена
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г	2,2 · 10 ²
Плесени, КОЕ/г	Не обнаружены
Бактерии групп кишечных палочек в 0,01 г продукта	Не обнаружены
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы в 25 г продукта	Не обнаружены
<i>Bacillus cereus</i> в 0,1 г продукта	Не обнаружены

Влажность полученных хлопьев колебалась от 11,0 до 13,0 %, что соответствует требованиям ТНПА. Кислотность исследуемых образцов хлопьев изменялась от 2,4 до 3,0 град. При оценке качества хлопьев в них не было обнаружено зараженности и загрязненности вредителями хлебных запасов, металломагнитной, а также сорной примесей. По микробиологическим показателям хлопья из пророщенного зерна гороха соответствуют требованиям, предъявляемым к пищевым продуктам в Республике Беларусь. Изучение развариваемости показало, что для приготовления блюд хлопья можно закладывать без предварительного заваривания за 3–4 мин до окончания варки блюда, а также заливать горячими или холодными напитками, при этом готовность продукта также составляет 3–4 мин. Во всех образцах заваренных хлопьев из пророщенного зерна гороха были отмечены высокие органолептические показатели.

Согласно СТБ 983, блюда, готовность к употреблению которых не превышает 7 мин, относятся к продуктам, не требующим варки, что позволяет отнести хлопья из пророщенного зерна гороха к данной категории продуктов.

Исследованы показатели безопасности экспериментальных партий хлопьев из пророщенного зерна гороха (табл. 4).

Т а б л и ц а 4. Показатели безопасности хлопьев из пророщенного зерна гороха

Показатель	Допустимый уровень	Содержание в хлопьях
Токсичные элементы, мг/кг:		
свинец	Не более 0,5	0,06
мышьяк	Не более 0,2	0,01
кадмий	Не более 0,1	0,02
ртуть	Не более 0,03	0,00
Удельная активность цезия-137, Бк/кг	Не более 90	Менее 39,1
Микотоксины, мг/кг:		
афлотоксин В ₁	Не более 0,005	Менее 0,002
дезоксиниваленон	Не более 0,7	Менее 0,222
T-2 токсин	Не более 0,1	Менее 0,050
зеараленон	Не более 0,2	Менее 0,050
охратоксин	Не более 0,005	Менее 0,005
Пестициды, мг/кг:		
ГХЦГ (α , β , γ -изомеры)	0,5	Не обнаружено
ДДТ и его метаболиты	0,02	
гексахлорбензол	0,011	

Качество хлопьев соответствует Санитарным нормам и правилам «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам», утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь.

Проведенная оценка органолептических и микробиологических показателей, физико-химических свойств и показателей безопасности хлопьев из пророщенного зерна гороха позволяет сделать вывод о высоких потребительских свойствах полученных продуктов.

Заключение. Исследовано влияние ИК-обработки на качество пророщенного зерна гороха. Установлено, что содержание витамина В₁ и лизина уменьшается незначительно (до 10 %) при времени сушки до 110 с, что косвенно свидетельствует о незначительном снижении других термолабильных витаминов и аминокислот, при этом температура нагрева поверхности зерна гороха составляет до 92 °С, внутри зерновки – до 58 °С. Определены оптимальные режимы термомеханической обработки пророщенного зерна гороха (время сушки – 90 с, межвальцовый зазор – 0,6 мм), позволяющие получить хлопья с выходом (91,0±1,5) % и сохранить витамины и аминокислоты пророщенного зерна на 95–97 % (снижение витамина В₁ на 2,9 %, аминокислоты лизин – на 4,7 %).

Литература

1. Биотехнологические приемы повышения эффективности использования зерновых ресурсов Беларуси / В. А. Шаршунов [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2008. – № 1. – С. 101–106.
2. *Bewley, J. D.* Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: Development, germination, and growth / J. D. Bewley, M. Black. – New York: Springer, 1978. – 306 p.
3. *Biddle, A. J.* Pea growing handbook / A. J. Biddle, C. M. Knott, G. P. Gent. – Peterborough, England: Processors & Growers Research Organisation, 1988. – 264 p.
4. *Драгомирецкий, Ю. А.* Живая сила проростков / Ю. А. Драгомирецкий. – СПб.: Невский проспект, 1999. – 117 с.
5. *Шаршунов, В. А.* Сушка и хранение зерна / В. А. Шаршунов, Л. В. Рукшан. – Минск: Мисанта, 2010. – 588 с.
6. *Ильясов, С. Г.* Физические основы инфракрасного облучения пищевых продуктов / С. Г. Ильясов, В. В. Красников. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 360 с.

7. *Тюрев, Е. П.* Термообработка зерна ИК-излучением: обзор. информ. / Е. П. Тюрев, С. В. Зверев, О. В. Цыгулев. – М.: ЦНИИТЭИ, 1993. – 28 с.

8. *Доронин, А. Ф.* Производство зерновых завтраков с использованием ИК-нагрева / А. Ф. Доронин, В. В. Кирдяшкин, И. А. Панфилова // Консервная, овощесушильная и пищевая промышленность. – 1996. – № 2. – С. 13–16.

V. A. SHARSHUNOV, E. N. URBANCHYK, A. E. SHALUTA

OPTIMIZATION OF THE MODES OF THERMOMECHANICAL PROCESSING OF GERMINATED PEAS

Summary

The modes of thermomechanical processing of germinated peas have been optimized. Changes of vitamin B1 content and amino acids lysine during thermomechanical processing of germinated peas have been established. A complex influence of the factors of thermomechanical processing on the quality of products is determined. The indicators of quality and safety of germinated peas flakes are identified.