

## СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ХЛОПЬЕВ ИЗ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР

Урбанчик Е. Н.

Могилевский государственный университет продовольствия  
г. Могилев, Республика Беларусь

Одной из проблем, стоящих перед пищевой промышленностью многих стран, является обеспечение населения безопасными продуктами питания повышенной биологической ценности. Сложившаяся экологическая обстановка требует совершенствования технологии производства традиционных продуктов и создания новых, отвечающих требованиям сегодняшнего дня. Это продукты со сбалансированным составом, низкой калорийностью, пониженным содержанием сахара и жира, повышенным содержанием полезных ингредиентов функционального назначения.

В последние годы во всем мире получило широкое признание развитие нового направления в пищевой промышленности – функциональное питание, под которым подразумевается использование таких продуктов естественного происхождения, которые при систематическом употреблении оказывают регулирующее действие на организм в целом или на его определенные системы и органы. Одним из ярких представителей продуктов функционального питания является пророщенное зерно.

При правильно организованном процессе получения пророщенного зерна белки, жиры и углеводы под действием ферментов расщепляются на более простые вещества при значительном увеличении количества витаминов и микроэлементов, что в сочетании с пищевыми волокнами делает пророщенное зерно уникальным ценным пищевым сырьем.

В мировой практике пророщенное зерно используют для производства детского и диетического питания, спирта, хлебопекарных изделий, а также кормовых добавок для животных. Постоянно разрабатываются новые продукты на его основе. Наряду с этим в литературе не предлагаются технологии и режимы переработки пророщенного зерна в промышленных масштабах, а имеющихся сведений недостаточно.

Целью исследований является разработка малоотходной технологии получения хлопьев повышенной биологической ценности на основе пророщенного зерна.

Для проведения исследований использовали зерно пшеницы, соответствующее требованиям ГОСТ Р 52554-2006, ржи – ГОСТ 16990-88, тритикале – СТБ 1522-2005, овса голозерного – ТУ ВУ 700036606.084-2007.

В работе применяли общепринятые и стандартные методы исследований. Очистка зерна от минеральных и органических примесей осуществлялась на комплексной лабораторной зерноочистительной установке, замачивание и проращивание зерна – в термостате при температуре  $18 \pm 2$  °С и относительной влажности воздуха  $90 \pm 5$  %. Для замачивания зерна использовали водопроводную воду температурой  $10 \pm 2$  °С. Основным контролируемым показателем пророщенного зерна являлась длина ростка  $0,5-2$  мм у  $75$  % зерен. В качестве дезинфектанта для зерна использовался раствор перманганата калия, что позволило исключить нежелательные микробиологические процессы в ходе проращивания и получить полноценные пророщенные зерна. Сушка пророщенного зерна проводилась на

лабораторной сушильной установке с использованием инфракрасного излучения. Площение хлопьев выполнялось на лабораторном вальцовом станке.

Первым этапом работы являлось исследование технологических свойств зерна. Изучены физико-химические и семенные свойства зерна (таблица 1), проведен анализ химического состава (таблица 2).

Таблица 1 – Физико-химические и семенные свойства зерна

Культура	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %	Жизнеспособность, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Объем зерновки, мм <sup>3</sup>
Пшеница	86±2	92±4	94±1	1,42±0,03	29,4±1,2
Рожь	88±4	94±2	98±3	1,32±0,02	31,2±1,2
Тритикале	86±4	90±1	96±1	1,10±0,04	32,4±1,0
Овес голозерный	86±2	92±2	94±2	1,24±0,03	27,8±1,1

Таблица 2 – Химический состав зерна (% на сухое вещество)

Культура	Белок	Жир	Углеводный комплекс		
			Крахмал	Сахара	Клетчатка
Пшеница	12,4±0,6	2,0±0,1	60,6±2,8	1,2±0,1	2,9±0,1
Рожь	9,9±0,2	2,2±0,1	58,4±2,5	1,8±0,1	3,2±0,2
Тритикале	13,5±0,4	1,9±0,1	59,9±2,6	2,0±0,2	2,3±0,2
Овес голозерный	14,3±0,5	4,7±0,2	58,0±2,3	1,6±0,1	3,1±0,1

Все изученные образцы характеризуются высокими показателями всхожести, энергии прорастания и жизнеспособности. Содержание белка в исследуемых образцах колеблется от 9,9±0,2 до 12,4±0,6 %, жира от 1,9±0,1 до 4,7±0,2%, углеводов от 62,7 до 64,7 %, крахмала от 58,0±2,3 до 60,6±2,8 %; сахаров от 1,2±0,1 до 2,0±0,2 %; клетчатки от 2,3±0,2 до 3,2±0,2 %.

Исследования показали, что все образцы зерна пригодны для производства пророщенного зерна и продуктов повышенной биологической ценности на его основе.

Сложность выбора оптимальных технологических режимов получения готовой продукции, в частности хлопьев из пророщенного зерна, обусловлена значительным количеством факторов влияющих на качество готовой продукции: время проращивания зерна, время сушки зерна перед площением, величина межвальцового зазора, время сушки зерна после площения.

При выборе режимов проращивания зерна определяли длину ростка. На основании ранее проведенных исследований установлено, что оптимальное значение составляет 0,5-2,0 мм. При длине ростка более 2,0 мм отмечается снижение биологической ценности готового продукта, зерно теряет сухие вещества, расходуемые на развитие зародыша и принимает морщинистую форму. При длине ростка менее 0,5 мм не достигается необходимой биологической ценности готового продукта, не происходит достаточного расщепления химических веществ.

Исходя из этих сведений определяли продолжительность проращивания зерна, при которой длина ростка у не менее 75 % зерен составит 0,5-2,0 мм (таблица 3).

На основании проведенных исследований установлено, что время проращивания, при котором длина ростка составляет 0,5-2,0 мм, может изменяться: для зерна пшеницы, тритикале и овса голозерного – от 18 до 26 часов, для зерна ржи – от 22 до 27 часов.

Таблица 3 – Изменение количества проросших зерен (%) от времени проращивания

Культура	Время проращивания, ч														
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Рожь	0	0	34	54	62	68	68	74	86	90	94	94	96	96	96
Тритикале	0	16	54	72	76	82	86	88	88	88	92	92	94	94	94
Пшеница	0	18	54	74	82	84	88	90	90	92	92	96	96	96	96
Овес голозерный	0	54	66	78	88	88	92	94	94	94	94	94	94	94	94
Условные обозначения:															
		– проросших зерен менее 75 %													
		– длина ростка 0,5–2,0 мм. Проросших зерен – более 75 %													
		– длина ростка более 2,0 мм													

Для оптимизации режимов плющения пророщенного зерна определен выход хлопьев при различных зазорах плющильного станка. Установлено, что для пшеницы, тритикале и ржи при межвальцовом зазоре плющильного станка менее 0,4 мм происходит чрезмерное дробление зерна с ухудшением формы готового продукта. При межвальцовом зазоре более 0,6 мм наблюдается неравномерное плющение зерна и при дальнейшей сушке инфракрасным излучением неравномерное просушивание продукта. Для овса голозерного оптимальный диапазон зазора составил 0,3-0,5 мм.

Оптимизация времени сушки зерна перед плющением включала исследования изменения выхода хлопьев в зависимости от времени сушки пророщенного зерна.

В ходе проведения эксперимента отмечено, что при сушке пророщенного зерна пшеницы менее 120 с процесс плющения зерна был затруднен, занимал больше времени, выход хлопьев составил 80-85 %. При сушке зерна пшеницы более 600 с наблюдалось дробление зерна. Поэтому для оптимизации времени сушки зерна был выбран диапазон от 120 до 600 с.

Проведены исследования скорости удаления влаги из продукта. В результате установлено, что при влажности зерна пшеницы, тритикале и ржи перед плющением от 37 до 19 % выход хлопьев является максимальным. Плющение зерна с влажностью менее 19 и более 37 % приводит к резкому снижению выхода готовой продукции. Для овса голозерного исследуемый диапазон составил от 18 до 33 %. Зерно после плющения сушили с помощью инфракрасного излучения до влажности 6-7 %.

Для комплексного определения оптимальных режимов проращивания, сушки и плющения зерна использовали программу STATGRAPHICS Plus 5.0. Были спланированы эксперименты для всех исследуемых образцов зерна.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получены уравнение регрессии (1, 2, 3, 4), описывающие изменение выхода готовой продукции под влиянием исследуемых факторов.

$$y_1 = -116,6 + 1,6x_1 + 816,4x_2 - 0,6x_1^2 + 5,0x_1x_2 - 806,3x_2^2 \quad (1)$$

$$y_2 = -178,1 + 2,6x_1 + 1118,2x_2 - 0,5x_1^2 + 2,5x_1x_2 - 1156,3x_2^2 \quad (2)$$

$$y_3 = -106,5 + 5,0x_1 + 751,1x_2 - 0,4x_1^2 - 0,6x_1x_2 - 756,3x_2^2 \quad (3)$$

$$y_4 = -148,9 + 19,7x_1 + 909,3x_2 - 1,5x_1^2 - 13,8x_1x_2 - 1006,3x_2^2 \quad (4)$$

где  $y_1, y_2, y_3, y_4$  – выход хлопьев ( $y_1$  – пшеничных,  $y_2$  – ржаных,  $y_3$  – тритикалевых,  $y_4$  – овсяных), %;  $x_1$  – время сушки, с;  $x_2$  – межвальцовый зазор, мм.

Анализ уравнений позволил выделить факторы, в большей степени влияющие на выход готовой продукции. На выход пшеничных хлопьев (уравнение 1) наибольшее влияние оказывает величина межвальцового зазора ( $816,4x_2$ ), изменение времени сушки зерна оказывает меньшее влияние ( $1,6x_1$ ). Все факторы оказывают «положительное» влияние на выход готовой продукции (коэффициенты регрессии при линейных членах положительны). Анализ поверхности отклика показал, что время сушки зерна перед плющением 180-240 с и межвальцовый зазор от 0,48 до 0,52 мм приводит к значительному увеличению выхода готовой продукции. Дальнейшее увеличение времени сушки (свыше 240 с) и межвальцового зазора (свыше 0,52 мм) вызывает существенное уменьшение выхода хлопьев. Аналогично определены оптимальные режимы получения хлопьев из пророщенного зерна других культур (таблица 4).

Таблица 4 – Оптимальные режимы получения хлопьев из пророщенного зерна

Культура	Время сушки зерна перед плющением, с	Межвальцовый зазор, мм	Время сушки зерна после плющения, с
Пшеница	180-240	0,5	300
Рожь	240-300	0,5	300
Тритикале	300-360	0,5	180
Овес голозерный	240-300	0,4	240

По внешнему виду хлопья были овальными и круглыми, с неровными краями разных размеров. Вкус хлопьев свойственный хлопьям из соответствующего сырья, без привкуса горечи и посторонних привкусов. Хлопья имели цвет от светло-желтого до светло-коричневого, обладали приятным ореховым запахом.

Влажность полученных хлопьев колебалась от 6,2 до 6,8 %, кислотность – от 5,0 до 6,0 градусов. Развариваемость всех образцов не превышала 3 минут. В хлопьях не было обнаружено зараженности и загрязненности вредителями хлебных запасов, металломагнитной, а также сорной примесей.

Химический состав и энергетическая ценность полученных хлопьев представлены в таблице 5.

В сравнении с исходным сырьем в хлопьях из пророщенного зерна наблюдаются заметные изменения: в белковом комплексе отмечается уменьшение содержания белка во всех образцах, уменьшается содержание жира и крахмала, увеличивается содержание сахаров. Содержание клетчатки во всех исследуемых хлопьях практически не изменялось. Энергетическая ценность хлопьев на основе пророщенного зерна злаковых культур ниже, чем энергетическая ценность контрольных хлопьев. Все полученные хлопья обладали хорошими органолептическими свойствами.

Таблица 5 – Химический состав хлопьев из пророщенного зерна

Хлопья	Белок, %	Жир, %	Сахара, %	Крахмал, %	Клетчатка, %	Энергетическая ценность	
						кДж/г	ккал/г
Пшеничные	11,9	1,3	2,9	45,5	2,8	1053,6	264,0
Ржаные	6,9	0,9	4,1	43,8	3,3	945,7	240,5
Тритикалевые	8,8	1,0	5,4	44,7	2,6	1016,9	255,0
Овсяные	12,4	3,0	5,5	44,1	4,6	1144,0	293,4
Овсяные (контроль)	11,0	6,2	1,1	48,9	1,3	1250,9	305,0

Таким образом, разработанная технология позволяет расширить ассортимент функциональных продуктов питания массового потребления и может быть рекомендована для внедрения в промышленных масштабах.