

**ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ  
СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧАЙ ПРАДУКЦЫІ**

УДК 664.784.8

*В. А. ШАРШУНОВ<sup>1</sup>, Е. Н. УРБАНЧИК<sup>1</sup>, П. Г. ИВАНОВ<sup>2</sup>*

**ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ ВОЗДУШНО-ВОДЯНОГО ЗАМАЧИВАНИЯ  
ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОРАЩИВАНИЯ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ**

*<sup>1</sup>Могилевский государственный университет продовольствия,*

*Республика Беларусь, e-mail: urbanchik@tut.by*

*<sup>2</sup>ОАО «Могилевхлебопродукт», Республика Беларусь*

*(Поступила в редакцию 13.09.2011)*

Лучшим и наиболее естественным путем при решении проблемы продовольственной безопасности является повышение биологической ценности сельскохозяйственной продукции путем применения технологии проращивания зерновых культур и использования цельного пророщенного зерна в питании.

Целебные свойства пророщенных зерен известны давно. В последние 20 лет они стали широко распространенными в США, Великобритании, Канаде, Польше благодаря простой технологии проращивания. В России в последние годы преимущественно используют проросшие зерна пшеницы, ржи, сои, гороха, чечевицы, овса [1–3]. Большое количество исследований проведено в УО «Могилевский государственный университет продовольствия» по разработке технологии проращивания и изучению возможности использования пророщенного зерна пшеницы, тритикале, ржи, ячменя, овса голозерного [4–7].

Зерно кукурузы обладает богатыми пищевыми и вкусовыми качествами: содержит 5–8% сахаров, 10–12% крахмала, 3–4% белка, около 1% жира. Содержание витаминов С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, К, D, Е, бета-каротина, минеральных солей Са, К, Mg, Fe, Na, P, Cl, S и других элементов делают ее ценным продуктом, который по питательности превосходит зеленый горошек, фасоль и другие овощи. Согласно традиционной китайской медицине, употребление кукурузы показано при проблемах с желудком, она стимулирует перистальтику желудка и кишечника, ускоряет удаление неиспользованных продуктов питания. Содержащаяся в зернах кукурузы глутаминовая кислота является естественным психорегулятором, что улучшает метаболические процессы в головном мозге и укрепляет память. Зерна кукурузы содержат пектины, которые обладают противоопухолевой активностью, и незаменимые аминокислоты – лизин, триптофан. В странах, где активно употребляют пищу из кукурузы, количество заболеваний, особенно сердечно-сосудистых, гораздо меньше. Очевидно, этому способствуют жирные аминокислоты, которые хорошо выводят холестерин из организма. Полезно употреблять цельные зерна кукурузы, где в изобилии находятся питательные вещества, обладающие антиоксидантными свойствами. Диетологи утверждают, что употребление кукурузы способствует сохранению и улучшению зрения благодаря действию содержащихся в продукте каротиноидов. Кукуруза снабжает наш организм большим количеством витаминов и микроэлементов, поэтому она рекомендуется как растущему организму, так и всем остальным, кто заботится о своем здоровье.

В силу того, что полезные свойства пророщенных зерен кукурузы несоизмеримы с обычным зерном, можно утверждать, что использование пророщенного зерна кукурузы в питании явля-

ется перспективным. Однако в литературных данных отсутствуют сведения и рекомендации по ведению технологического процесса проращивания зерна кукурузы в промышленных масштабах.

Цель работы – разработка оптимальных режимов воздушно-водяного замачивания и проращивания зерна кукурузы на основе комплексного исследования технологического процесса.

**Материалы и методы исследований.** В качестве материалов исследований было использовано пять образцов зерна кукурузы, выращенного в Республике Беларусь. Для реализации поставленной цели применяли стандартные методы исследований. Длину ростка определяли с помощью металлической линейки, цена деления 1 мм. Образцы зерна в лабораторных условиях очищали на комплексной лабораторной зерноочистительной установке QC-123. Проращивание зерна осуществляли воздушно-водяным способом, принцип которого заключался в чередовании воздушно-водяных пауз. Это чередование необходимо по причине образования углекислого газа в воде, что может привести к закисанию зерна. Замачивание и проращивание зерна осуществляли в емкости объемом 5 л, изготовленной из пластмассы. Обеззараживание зерна проводили с использованием  $\text{KMnO}_4$ . Проращивание осуществляли воздушно-водяным методом в термостате, в котором поддерживали постоянную температуру и относительную влажность воздуха. Для замачивания зерна использовали водопроводную воду. Микроструктуру зерна изучали с использованием сканирующего электронного микроскопа. Опыты проводили в 3 повторностях, анализировали только воспроизводимые в повторном опыте результаты. Для обработки экспериментальных данных использовали математические методы анализа.

**Результаты и их обсуждение.** Главная особенность прорастания и его общая биохимическая направленность – распад в эндосперме высокомолекулярных веществ до низкомолекулярных растворимых веществ при участии влаги и под действием ферментов. Другая особенность прорастания заключается в том, что если в эндосперме происходят в основном гидролитические процессы, то в зародыше преобладают процессы синтеза.

Прорастание (рис. 1) начиналось с поглощения зерном влаги и набухания (в среднем до 50–70% к массе зерна). Основной показатель глубоких биохимических изменений, происходящих в прорастающем зерне, – усиление действия ферментов, прежде всего амилолитического комплекса. Начинается постепенное развитие зачаточных органов зародыша (рис. 1, *а*). Сначала корешок развивается под оболочками, затем оболочки прорываются у основания зерна и корешок выходит наружу. Этот момент характеризуется появлением «глазка», или «наклеиванием» зерна.

При достаточном количестве влаги на 2-е сутки проращивания (рис. 1, *б*) зародыш переходит от скрытой к активной жизни. Резервные вещества мучнистого тела под воздействием воды

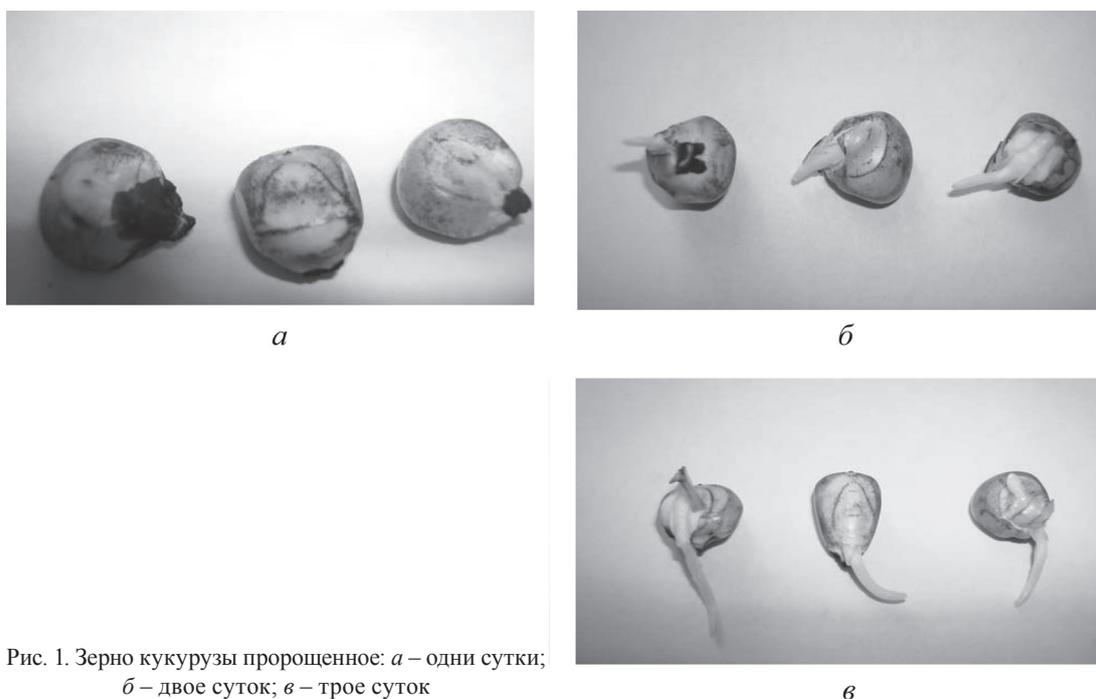


Рис. 1. Зерно кукурузы пророщенное: *а* – одни сутки; *б* – двое суток; *в* – трое суток

набухают и в таком состоянии легко атакуются ферментами. Накапливающиеся при проращивании зерна активные ферменты расщепляют высокомолекулярные запасные вещества – крахмал, белок, органические фосфаты, жир и т.д. Низкомолекулярные продукты расщепления диффундируют к зародышу, где они частично тратятся на дыхание, а частично расходуются на синтез новых высокомолекулярных соединений в тканях корешков и лепестков.

Главным фактором, который влияет на скорость замачивания, является температура воды (табл. 1).

Таблица 1. Влияние температуры воды на влажность и состояние зерна кукурузы при проращивании

Время проращивания, ч	Влажность, %		Состояние зерна	
	$T = 8-12\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T = 18-20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T = 8-12\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T = 18-20\text{ }^{\circ}\text{C}$
0	10,4±1,2	10,4±1,4	Без изменений	Без изменений
5	26,2±1,4	30,2±1,2	Без изменений	Без изменений
10	30,3±1,2	34,5±0,9	Набухло	Набухло
15	37,4±1,6	40,2±1,1	Набухло	Наклонулось
20	41,7±1,4	43,4±1,3	Наклонулось	Наклонулось
25	43,2±1,0	44,2±0,8	Наклонулось	Росток 0,5 мм
30	44,0±0,8	46,0±1,1	Росток 0,5–1 мм	Росток 1–1,5 мм
35	44,9±1,1	46,8±1,0	Росток 1–1,5 мм	Росток 2–2,5 мм
40	46,1±1,2	48,0±1,2	Росток 2–3 мм	Росток 3–5 мм

Исследования показали, что чем выше температура воды, тем быстрее она проникает в зерновку, т. е. с повышением температуры повышается набухаемость органических коллоидов (белков, крахмала, клетчатки), повышается скорость диффузии воды вследствие увеличивающегося молекулярного движения и понижения вязкости воды. Белковые вещества способны поглотить до 180% воды, крахмала – до 70% и клетчатки – до 30% по весу сухого вещества. Вследствие этого с повышением температуры воды продолжительность замачивания сокращается.

Отмечено, что прорастание зерна кукурузы происходит при влажности зерна 43–44% уже через 25–30 ч проращивания. При температуре 18–20 °С прорастание происходит более интенсивно и требует меньше времени. Для уменьшения энергозатрат на подогрев воды рекомендуется использовать холодный способ проращивания, что увеличивает время проращивания на 5 ч.

Опасность чрезмерного прорастания заключается в появлении у зерна ингибиторных, т. е. тормозящих пищеварение свойств. Слишком длинные ростки могут оказаться ядовитыми.



Рис. 2. Изменение количества проросших зерен кукурузы в зависимости от времени проращивания

Рекомендуется проращивать кукурузу не более 35–40 ч (в зависимости от температуры воды). При незначительном проращивании зерно будет недозрелым, не будет достигнута максимальная концентрация биологически активных веществ.

Использовать в питании пророщенное зерно кукурузы рекомендуется при проценте проросших зерен не менее 85%, следовательно, сырье для этих целей должно иметь энергию прорастания также не менее 85%.

Нами проведена серия экспериментов с целью определения количества пророщенных зерен в зависимости от времени проращивания (рис. 2).

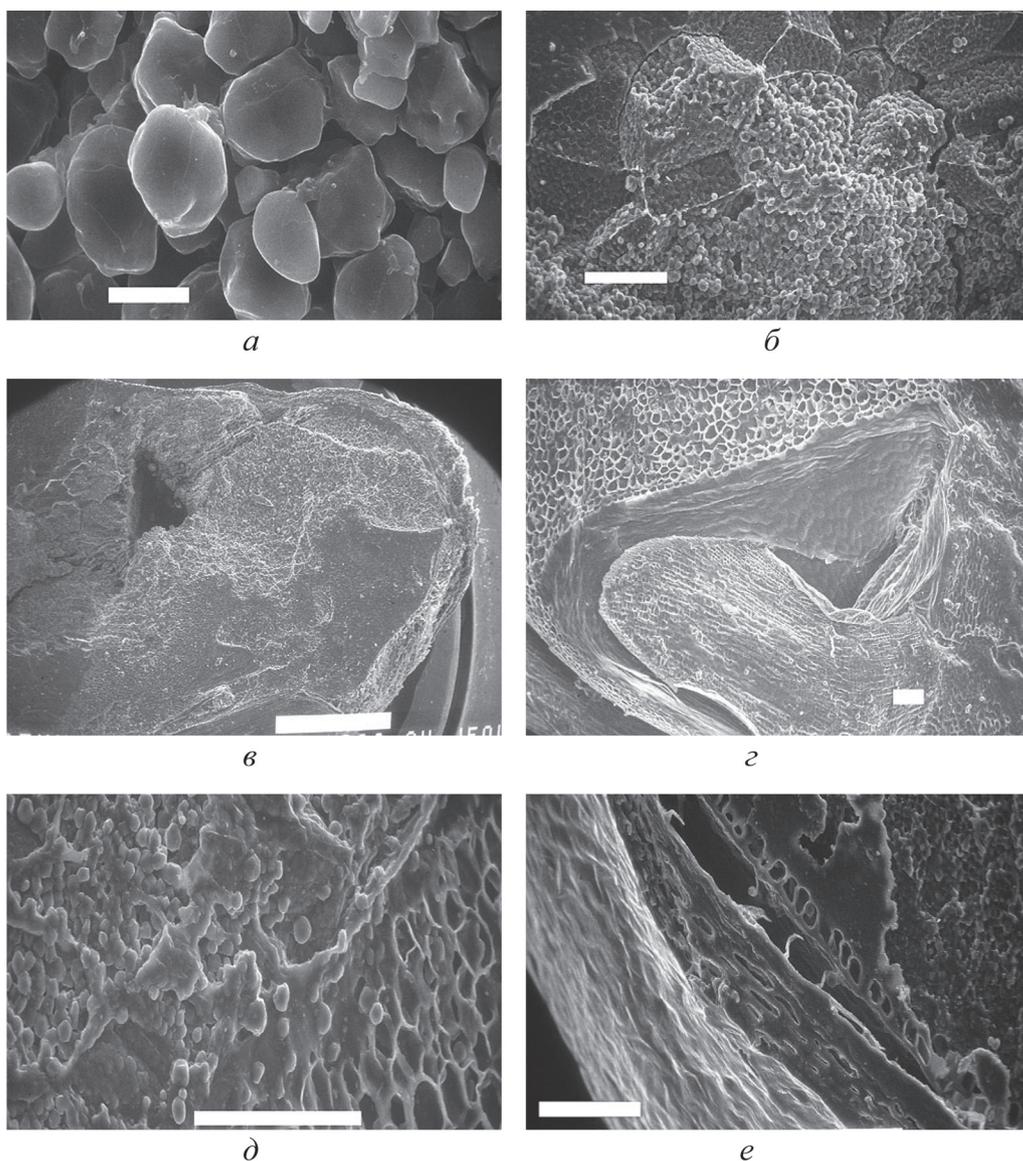


Рис. 3. Микроструктура зерна кукурузы (увеличение в 2000 раз): *а, б, в* – исходное зерно; *г, д, е* – пророщенное зерно

На основании проведенных исследований установлено, что время проращивания, при котором длина ростка составила 1–2 мм и количество пророщенных зерен более 85%, изменяется от 24 до 30 ч.

В табл. 2 представлены результаты оптимизации воздушно-водяных пауз при проращивании зерна кукурузы. Установлены оптимальные режимы воздушно-водяного замачивания: продолжительность пребывания в воде (водяная пауза) – 10–15 ч, продолжительность пребывания на воздухе (воздушная пауза) – 9–10 ч.

Микроструктура исходного и пророщенного зерна кукурузы представлена на рис. 3.

Растворение клеточных стенок эндосперма начинается вблизи зародыша (рис. 3, *г*), так как здесь прежде всего образуются активные ферменты. Растворение продвигается постепенно в направлении к кончику зерна. В результате всех этих процессов расщепления внутреннее содержимое прорастающего зерна становится рыхлым (рис. 3, *д, е*).

Таблица 2. Оптимизация воздушно-водяных пауз при проращивании зерна кукурузы

Время, ч	Воздушная пауза												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Водяная пауза	0	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
	1	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
	2	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
	3	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
	4	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
	5	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
	6	I	I	I	III	II	II						
	7	I	I	III	II	II							
	8	I	III	II	II	II							
	9	III	II	II	IV								
	10	III	II	II	IV								
	11	III	II	II	IV								
	12	III	II	II	IV								
	13	III	II	II	II	IV							
	14	III	II	II	II	IV							
	15	III	II	II	IV	IV							

Примечание. I – без изменений; II – наклонилось; III – набухло; IV – появление ростка.

**Заключение.** Проведены исследования процесса проращивания зерна кукурузы методом воздушно-водяного замачивания в течение 3 сут. Изучено влияние температуры воды на скорость замачивания зерна. Изучено изменение микроструктуры зерна кукурузы в процессе проращивания. Определены оптимальные режимы замачивания и проращивания зерна кукурузы: время проращивания 24–30 ч при температуре воды 8–12 °С. Продолжительность пребывания зерна в воде составила 10–15 ч, продолжительность пребывания зерна на воздухе – 9–10 ч. Полученные режимы могут быть использованы при получении пророщенного зерна кукурузы в промышленных масштабах.

### Литература

1. Requirements for Uniform Germination and Emergence of Corn. Corny News Network, Purdue Univ. [On-Line]. – Mode of access: <http://www.kingcorn.org/news/timeless/GermEmergReq.html>. – Date of access: 12.03.2011.
2. How a Corn Plant Develops (SP-48). Iowa State Univ. [On-Line]. – Mode of access: <http://www.extension.iastate.edu/hancock/info/corn.htm>. – Date of access: 19.03.2011.
3. Новодержкина, Ю. Г. Диетология: учебник / Ю. Г. Новодержкина, В. П. Дружинина. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. – 379 с.
4. 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.
5. Урбанчик, Е. Н. Продукты быстрого приготовления на основе пророщенного зерна пшеницы / Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта, П. Г. Иванов // Хранительна наука, техника и технологии: сб. науч. труд., Пловдив, 15–16 окт. 2010. – Пловдив, 2010. – Т. LVII. – С. 239–244.
6. Кондратенко, Р. Г. Новые зерновые продукты и их использование / Р. Г. Кондратенко, Е. Н. Урбанчик, И. О. Алексеев // Инновационные технологии в пищевой промышленности: науч.-практ. конф., Пятигорск, 29–30 окт. 2009 г. – Пятигорск, 2009. – С. 67–70.
7. Урбанчик, Е. Н. Влияние режимов проращивания на химический состав зерна тритикале / Облання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр. Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – Донецк, 2009. – С. 375–383.

V. A. SHARSHUNOV, E. N. URBANCHYK, P. G. IVANOV

### RATIONALE THE OF AIR-WATER REGIMES OF SOAKING FOR TECHNOLOGY OPTIMAL GERMINATION OF MAIZE

#### Summary

The research of maize sprouting with an air – water steeping method is conducted. The influence of the temperature of water on steeping is studied. The change of maize microstructure in the process of sprouting is analysed. The optimal models of maize steeping and sprouting are identified.