УДК 664.8:664.696:633.1:633.14

**О.В. Куропаткина, А.А. Андреева, В.В. Кирдяшкин**

# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПШЕНИЧНЫХ ХЛОПЬЕВ, ГОТОВЫХ К УПОТРЕБЛЕНИЮ

Разработана технология производства диетических пшеничных хлопьев, готовых к употреблению, с использованием двухэтапной инфракрасной обработки с целью повышения ассортимента продуктов, вырабатываемых из цельного зерна пшеницы. Данная технология позволяет получить готовый продукт в виде хлопьев, обладающих нежной хрустящей консистенцией, с высокой степенью сохранения биологически активных веществ, присущих зерну пшеницы. Хлопья готовы к непосредственному употреблению без дополнительного кулинарного воздействия.

Пшеница, хлопья, готовые к употреблению, инфракрасное излучение, функциональные свойства.

**Введение**

Продукты быстрого приготовления из цельного зерна являются современным видом питания, соответствующим последним тенденциям в области здорового и рационального питания, а также позволяют существенно сократить время, затрачиваемое на приготовление пищи. Ассортимент продуктов, вырабатываемых из цельного зерна готовых к употреблению, довольно скуден. Хлопья быстрого приготовления, выпускаемые отечественной пищевой промышленностью, требуют перед употреблением в пищу дополнительной водно-тепловой обработки.

Цельное зерно пшеницы благодаря наличию в нем, в отличие от использующейся при выпечке хлеба муки, зародыша, алейронового слоя и оболочек, обладает диетическими и функциональными свойствами. Однако в настоящее время пищевая промышленность не выпускает хлопья из цельного зерна пшеницы, готовые к употреблению.

Введение в практику использования инфракрасного излучения при производстве зерновых продуктов быстрого приготовления получает все большее распространение.

Накопленный опыт использования инфракрасного излучения при производстве продуктов из цельного зерна в пищеконцентратной промышленности показывает, что данный способ имеет ряд преимуществ перед традиционной водно-тепловой обработкой благодаря целенаправленным и регулируемым изменениям качественных характеристик готового продукта.

Для получения зерновых продуктов, готовых к употреблению, используются хлопья из различных видов зерновых культур, полученные по специальной технологии, которая обеспечивает моментальность их приготовления. При этом изменяются его механические и физико-химические свойства. Короткий период времени обработки способствует сохранению уровня витаминов и других биологически активных веществ в полученном продукте.

**Целью** работы являлась разработка технологических приемов инфракрасной обработки зерен пшеницы при производстве хлопьев, готовых к употреблению.

**Объект и методы исследования**

Экспериментальные исследования процессов обработки зерна пшеницы проводили на разработанном нами экспериментальном стенде (рис. 1).

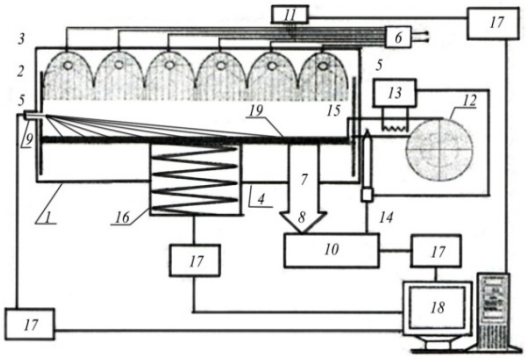


Рис. 1. Экспериментальный стенд для интенсивной инфракрасной обработки слоя крупяного сырья:
1 – терморадиационная камера, 2 – излучатели, 3 – отражатели, 4 – сетчатый поддон, 5 – направляющие, 6 – тиристорный блок, 7–8 – термопары, 9 – термометр, 12 – вентилятор, 13 – нагреватель,14 – контактный термометр, 15 – диффузор, 16 – устройства автоматического взвешивания, 19 – исследуемый материал

Установка состоит из терморадиационной камеры 1 с металлическим поддоном для размещения на ней объектов исследования. Инфракрасных генераторов светлого излучения 2, расположенных над материалом обработки, и контрольно-измерительной и регистрирующей аппаратуры.

Стенд позволяет в реальном режиме регистрировать убыль массы обрабатываемого продукта, изменять мощность лучистого потока инфракрасного излучения и фиксировать внешнюю и внутреннюю температуру обработки материала.

**Результаты и их обсуждение**

Предварительные исследования, проведенные нами, показали, что для улучшения функциональных свойств зерна пшеницы лучше удалить некоторое количество оболочек, так как они насыщены бактериальной и грибной микрофлорой и неблагоприятно сказываются на работе желудочно-кишечного тракта человека. Нами было установлено, что остаточное количество оболочек должно составлять 6–8 % от их общего количества, что позволяет использовать данное зерно в лечебных целях.

Подготовленное таким образом зерно пшеницы увлажняли до влажности 14–32 % и обрабатывали инфракрасным излучением с мощностью лучистого потока от 4 до 40 кВт/м$^2$.

Результаты эксперимента показали, что при исходной влажности 28 % происходят различные структурно-механические, биохимические и физико-химические изменения зерна пшеницы. При данных параметрах содержащаяся в пшенице влага превращается в пар, вызывая увеличение давления, приводящее к термодекструкции зерновки.

Исследования термограмм нагрева пшеничной крупы с влажностью 28 % инфракрасным излучением с разной мощностью лучистого потока, представленных на рис. 2, показывают, что разрушение структуры зерновки происходит при мощности лучистого потока 32–34 и 36–38 кВт/м$^2$, а температура при этом составляет 108–110 и 130–135 ºС соответственно. При плотности потока 20–22 кВт/м$^2$ разрушения структуры не происходило, а за счет испарения воды температура зерна длительное время сохранялась на уровне 100 ºС.

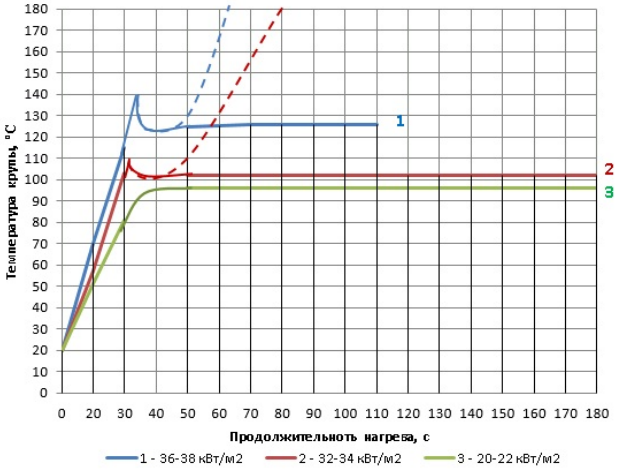


Рис. 2. Термограммы нагрева пшеничной крупы с использованием различных режимов обработки

При сохранении мощности лучистого потока на первоначальном уровне после резкого выброса пара, избыточное количество подаваемой энергии вызывало быстрый рост температуры крупы, и через 5–10 с ее поверхность начинала обгорать. Поэтому для поддержания температуры крупы на уровне, достигнутом при разрыве структуры, мощность потока автоматически снижалась. При этом тепло расходовалось только на испарение воды.

При воздействии интенсивного инфракрасного излучения на зерно происходит его обезвоживание, представленные на рис. 3 кривые четко отражают условия термодеструкции зерна при описываемых режимах обработки. Так, при мощности потока 36–38 кВт/м$^2$ залповый выброс пара составлял 5 %, при 30–32 кВт/м$^2$ – 2 % от общего количества влаги в зерне, при мощности лучистого потока 20–24 кВт/м$^2$ залпового выброса влаги не происходило.

В то же время при обработке крупы в течение 180 с., влажность снижалась до 20–24 % у второго и третьего образца соответственно, а у первого, обработанного с мощностью лучистого потока 36–38 кВт/м$^2$, влажность снижалась до 0 %. Поэтому, при влажности 18 % эксперимент заканчивали, так как в противном случае взорванная крупа теряла свои пластические свойства и получение из нее хлопьев не представлялось возможным.

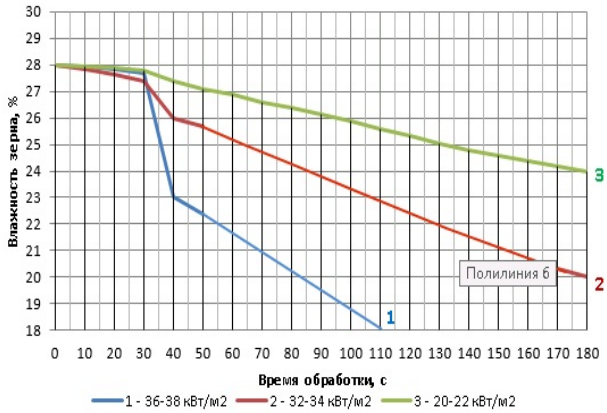


Рис. 3. Кривые обезвоживания зерна пшеницы, полученные с использованием различных режимов ИК-излучения

Важнейшим свойством зерна пшеницы, обеспечивающим функциональные свойства и сохраняющим биологическую активность в полученном продукте, является содержание витаминов группы В. В качестве критерия оценки максимально допустимого времени термической обработки и качества готового продукта было выбрано содержания витамина $B_2$, который содержится в зерне пшеницы в больших количествах.

На рис. 4 представлен график изменения содержания витамина $B_2$ в зависимости от времени обработки интенсивным инфракрасным излучением.

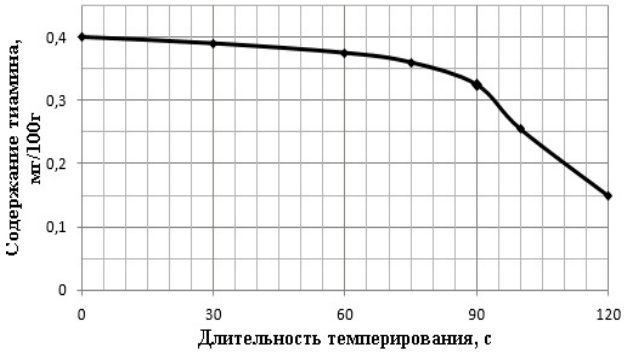


Рис. 4. Кинетика снижения количества витамина $B_2$ при температурной обработки пшеничной крупы

Из графика видно, что оптимальным временем, в течение которого витаминная активность сохраняется на высоком уровне, является 120 с, после чего она резко снижается.

Пшеничная крупа после инфракрасной обработки имеет высокую температуру 102–98 °С, которая снижается по окончании инфракрасного облучения из-за испарения влаги. Влажность обработанной крупы по выходу из аппарата составляет 22–23 %, и она имеет пористую структуру. В дальнейшем обработанная таким образом пшеничная крупа выдерживалась в термоизолированном бункере в течение 8–9 мин, в результате температура ее снижалась до 80–70 °С.

На рис. 5. представлено сравнение влияния процесса темперирования пшеничной крупы на качественные характеристики получаемых продуктов. В табл.1. приведена сравнительная характеристика пшеничных круп, после различных типов обработки.

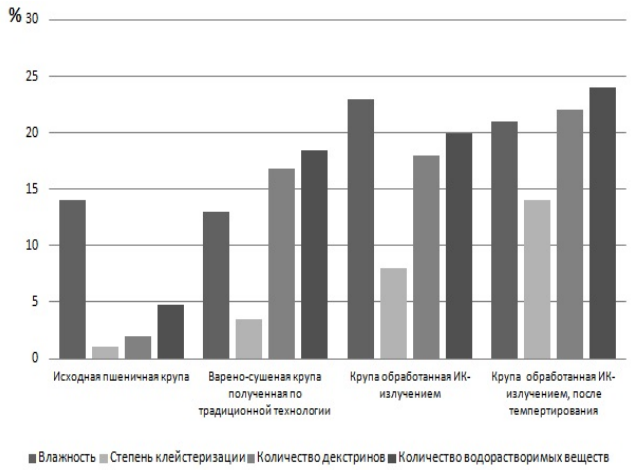


Рис. 5. Влияние процесса темперирования пшеничной крупы на качественные характеристики получаемых продуктов

Таблица 1

Сравнительная характеристика пшеничных круп после различных типов обработки

| Показатель | Цвет | Запах | Вкус | Консистенция | Время варки, мин |
|---|---|---|---|---|---|
| Исходная пшеничная крупа | Свойственный данному виду продукта | | | Вязкая | 40–45 |
| Пшеничная крупа, обработанная ИК-излучением | | | | Рассыпчатая | 20–25 |
| Пшеничная крупа, подвергнутая темперированию | | | | Рассыпчатая упругая | 10–12 |

Из рис. 5 и табл. 1 видно, что дополнительная тепловая обработка с использованием энергии, полученной пшеничной крупой в процессе ее обработки инфракрасным излучением, увеличивает степень ее подготовки к употреблению в пищу за счет модификаций углеводного комплекса зерна и улучшает кулинарные достоинства без дополнительных энергозатрат.

Далее пшеничная крупа при помощи плющильного станка плющилась в хлопья толщиной 0,6 мм. Как известно, клеточные стенки растительного сырья состоят из клетчатки, которую человеческий организм переваривает с трудом, что делает питательные вещества, содержащиеся внутри растительной клетки, труднодоступными для желудочного сока. Механическая обработка, разрушая клеточные стенки, облегчает выход питательных веществ из клетки в экстракт или отвар. Увеличение поверхности, возникающее в результате плющения, также способствует повышению скорости диффузионных и биохимических процессов.

Для получения продукта, готового к употреблению, полученные хлопья обжаривали при помощи инфракрасного излучения на установке для термообработки зерна, серийно выпускаемой ООО ПК «Старт», схема которой представлена на рис. 6.

Обжаривание проводили при одностороннем облучении с мощностью лучистого потока 32–34 кВт/м$^2$. Время обработки хлопьев определяли по остаточной влажности продукта на выходе из установки.

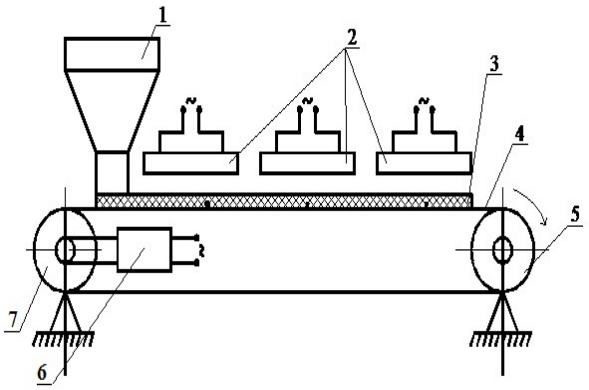


Рис. 6. Установка для инфракрасной обработки сырья УТЗ-4:
1 – бункер-дозатор с подъемным шибером,
2 – терморадиационные блоки, 3 – продукт, 4 – металлическая сетка, 5 – натяжной барабан, 6 – электродвигатель с частотным регулированием оборотов, 7 – приводной барабан

На рис. 7 и 8 представлены кривые зависимостей температуры и влажности пшеничных хлопьев от времени обжарки соответственно.

Из кривых (рис. 7 и 8) видно, что в начале процесса обжарки образец начинает резко терять влагу, в результате чего его влажность снижается с 18–19 до 9–10 %, что сопровождается значительным повышением его температуры с 20 до 112 ºС, при этом хлопья вспучиваются.

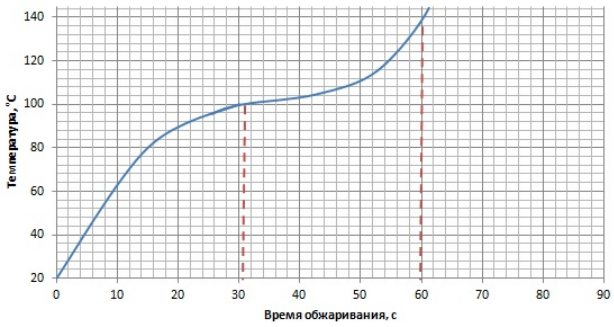


Рис. 7. График зависимости температуры пшеничных хлопьев в зависимости от времени обжарки

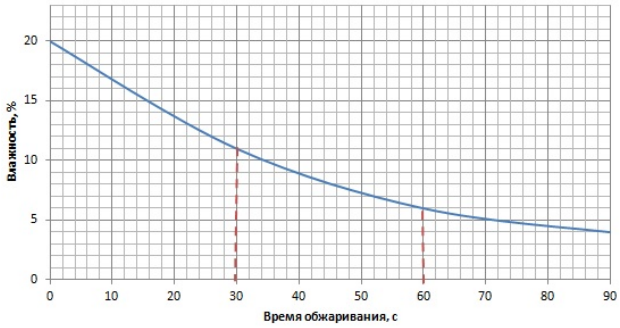


Рис. 8. График изменения влажности пшеничных хлопьев в процессе обжаривания

На отрезке времени с 42 до 80 с влажность пшеничных хлопьев снижается незначительно до значений 6–7 %, температура образца перестает возрастать, это свидетельствует о том, что механически связанная влага испарилась из образца. При дальнейшем воздействии интенсивного инфракрасного излучения начинался процесс испарения химически связанной влаги, температура хлопьев резко возрастала до 135–140 ºС, в результате чего нарушалась равномерность обжарки и происходило частичное обгорание поверхности.

Таким образом, оптимальным временем обжарки пшеничных хлопьев для придания свойств продукта, готового к употреблению, составляет 90 с. В результате пшеничные хлопья имеют нежную воздушную структуру, приятный аромат и цвет.

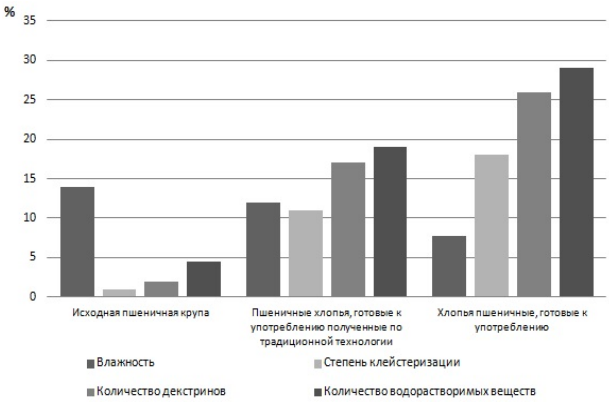


Рис. 9. Качественные характеристики полученных продуктов

Таблица 2

Сравнительная характеристика потребительских достоинств полученного продукта

| Образцы пшеничных хлопьев | Показатель | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Влажность, % | Время доведения до готовности, мин | Органолептические показатели | | |
| | | | цвет | запах | вкус, консистенция |
| Хлопья пшеничные, полученные по традиционной технологии | 10–12 | – | Светлый бежевый, равномерный | Характерный аромат пшеницы | Хрустящие хлопья, вкус, соответствующий данному виду продуктов |
| Хлопья пшеничные обжаренные | 6–7 | – | Золотистый со светло-коричневыми вкраплениями | Обладает приятным ароматом орехов | Хрустящие хлопья, вкус приятный сладковатый с привкусом топленого молока |

Анализ результатов проведенных нами исследований показывает, что проведенная нами технологическая обработка пшеничной крупы способствует протеканию различных модификаций углеводного комплекса пшеничной крупы в полном объеме. Степень клейстеризации крахмалла у пшеничных хлопьев, полученных по описанной технологии, составляет 18,5 % после обжаривания, что на 10 % больше, чем у пшеничных хлопьев быстрого приготовления, полученных по традиционной технологии, и в 10 раз превышает их количество в исходной пшеничной крупе. Также увеличивается количество декстринов с 17 % у хлопьев, готовых к употреблению, до 26 % у полученных нами пшеничных хлопьев. Данные изменения структуры крахмала повышают его атакуемость амилолитическими ферментами.

В результате проведенной работы был установлен оптимальный режим инфракрасной обработки, создающий условия для термодеструкции зерна пшеницы с исходной влажностью 28 %. Вода, превращаясь в пар, создает избыточное давление, в результате чего зерновка разрушается. Помимо изменения структурно-механических свойств происходят глубокие изменения биохимических свойств углеводного комплекса пшеницы. В ходе последующей выдержки крупы при температуре, близкой к 100 ºС, происходит варка крупы в течение 120 с, вследствие чего увеличиваются содержание водорастворимых

веществ и повышается пищевая ценность и усвояемость готового продукта. Последующая обжарка завершает процесс приготовления пшеничных хлопьев, готовых к употреблению. Оригинальная технология позволяет без значительных изменений аппаратурного оснащения линии расширить ассортимент продукции.

**Список литературы**

1. Гинзбург, А.С. Сушка пищевых продуктов / А.С. Гинзбург. – М.: Пищепромиздат, 1960. – 683 с.
2. Технология крупяных концентратов / В.Н. Гуляев, В.И. Кондратьев, Т.С. Захаренко, Т.Ф. Роенко. – М.: Агропромиздат, 1989. – 200 с.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный
университет пищевых производств»,
125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11.
Тел. +7 (499) 750-01-11,
e-mail: info@mgupp.ru

**SUMMARY**

**O.V. Kuropatkina, A.A. Andreeva, V.V. Kirdyashkyn**

## DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF READY-TO-EAT WHEAT FLAKES

The article describes the technology of production of dietary ready-to-eat wheat flakes. This method is based on using IR treatment consisting of two steps. This technology enables to get a finished product with perfect sensory characteristics. These flakes are ready-to-eat without any additional culinary treatment.

Wheat, flakes, ready-to-eat, infrared radiation, functional properties.

FSEI HPE «Moscow State University
of Food Production»,
11, Volokolamskoe Highway, Moscow, 125080 Russia.
Phone +7(499) 750-01-11,
e-mail: info@mgupp.ru

*Дата поступления: 10.04.2014*