

# Получение высокодисперсной гречневой муки для детского питания с применением инфракрасной обработки

**Кирдяшкин Владимир Васильевич**

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»*

*Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, д.11*

*E-mail: kirdyashkinvv@mgupp.ru*

**Кандрок Роман Хажсетович**

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»*

*Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, д.11*

*E-mail: nart132007@mail.ru*

**Андреева Алеся Адольфовна**

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»*

*Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, д.11*

*E-mail: andreevaaa@mgupp.ru*

**Щебелев Василий Игоревич**

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»*

*Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, д.11*

*E-mail: skorpio96@mail.ru*

Детское питание является важным разделом индустрии питания. Учитывая особенности детского организма, пищевые продукты, которые потребляет ребёнок, должны быть специально подготовлены для детей. В муке для детского питания степень усвояемости коррелирует с размером частиц муки и чем меньше частицы, тем лучше усваивается детским организмом. Это вызвано тем, что в процессе помола зерна в муку происходит повреждение крахмальных зёрен. Традиционная технология получения муки предполагает использование вальцевых станков в качестве основного технологического оборудования для измельчения зерна. При высокой степени измельчения существенно увеличиваются энергозатраты на производство муки. Цель работы – освоение новой технологии получения гречневой муки для детского питания с использованием современного и перспективного технологического оборудования и применением инфракрасной обработки. Объект разработки – высокодисперсная гречневая мука для детского питания с применением инфракрасной обработки. Перспективным способом получения тонкодисперсной муки из зерна является использование дезинтеграторов. Данные машины обеспечивают более мелкое измельчение исходного зерна с меньшими энергозатратами. По результатам экспериментов было установлено, что использование дезинтегратора увеличивает выход тонкоизмельченной фракции муки на 23,4%, чем при использовании традиционного вальцового станка. При этом, совместное использование дезинтегратора и инфракрасной обработки (ИК) обработки позволят получить муку для детского питания повышенной усвояемости с большей экономической эффективностью и рентабельностью.

**Ключевые слова:** детское питание, мука, измельчение, усвояемость, инфракрасное излучение, энергозатраты

## Введение

Продукты для детского питания должны обладать высокой усвояемостью, т.к. желудочно-кишечный тракт ребёнка не приспособлен для сильных нагрузок. В связи со специфичностью детского организма, продукты питания для этой группы населения должны удовлетворять особым требованиям и, кроме достаточной пищевой ценности, иметь высокую степень усвояемости. Недоста-

точно развитая ферментная система желудочно-кишечного тракта ребёнка не позволяет ему переварить и усвоить плотный сгусток, который образуется под действием сычужного фермента (Цыбанева, Кирдяшкин, 2015, с. 225). Производство таких продуктов требует высоких энергетических затрат.

Для решения данной проблемы в коровье молоко добавляют вещества, который позволяют об-

разовать на смену плотному сгустку множество мелких, нежных и легкоусвояемых сгустков. В качестве добавки используют отвары круп или диетическую муку из этих круп.

Пищевые вещества, которые содержатся в отварах круп имеют большую степень усвояемости, так как находятся в более подготовленной форме, по сравнению с аналогичными веществами в традиционной муке из этих круп. Этим объясняется важность правильной дифференциации детских продуктов по возрастам: для детей раннего возраста – молочные смеси с крупяными отварами; с трёхмесячного возраста – продукты с добавлением диетической муки.

Традиционно, наиболее часто представленными на прилавках российских розничных сетей и в потребительской корзине населения крупами с высоким содержанием крахмала являются гречневая и рисовая.

Гречневая крупа богата различными веществами, необходимыми для нормальной жизнедеятельности человека.<sup>1</sup> Химический состав гречневой крупы делает её отличным источником необходимых для жизни и здоровья человека нутриентов (Сайтова, Дубцов, 2014, с. 14–15).

При производстве муки для детского питания важное значение имеют размеры частиц. В соответствии с ГОСТ 31645–2012 «Мука для продуктов детского питания. Технические условия»<sup>2</sup> размеры муки для детского питания детского питания обычно колеблются в пределах до 160–190 мкм<sup>2</sup>.

Вопросами влияния крупности помола на степень повреждения крахмальных зёрен занимались во В.И. зерна и продуктов его переработки (Козьмина, 1976). Повреждённый крахмал больше подвержен влиянию ферментов, например, амилазы. Чем мельче размер частиц муки, тем выше доступность и ферментативная атакуемость питательных веществ, и тем выше их усвояемость.

Кроме крупности частиц для производства детского питания важной характеристикой муки является водопоглотительная способность (Бачурская, 1976). При этом, чем меньше размер частиц муки, тем она будет тем выше. Это объясняется тем, что у мелких частиц больше удельная поверх-

ность по сравнению с крупными и адсорбционно может связать больше воды.

С целью минимизации недостатков традиционного метода производства разработан метод получения муки для детского питания с использованием предварительного пропаривания для повышения качество готового изделия.<sup>3</sup>

Другой способ получения гречневой муки был предложен сотрудниками Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления.<sup>4</sup> Авторы предлагают увлажнить зерно гречихи до влажности 24–30%, с последующим отволаживанием в течение 4–8 часов, далее термобработка кондуктивно-конвективным способом при температуре 160–190 °С в течение 2–3 минут.

В современных реалиях одними из важнейших показателей рентабельности производства становятся энергозатраты, выход и качество конечного продукта. В связи с этим, при проектировании и введении в производство новых технологических линий необходимо обращаться к новейшим техническим разработкам, в т.ч. инфракрасной обработке (Андреева, Козлова, Кирдяшкин, 2018, 28–31; Филатов, Плаксин, Кирдяшкин, Азизов, Елькин, 2008, с. 76–78; Афанасьев, 2002; Зверев, 2009), использовать С.Ч.технику (Беляева, 2012, с. 9; Голубкович, Павлов, 2011, 385–392; Самарина, Якименко, Кузнецов, 2020, с. 75; Романчиков, 2018, с. 96–104), применять современные методов автоматизации, инфракрасных и радиологических методов контроля и т.д. (Коротеева, Неборская, Березовикова, Влощинский, 2010, с. 31–34;; Султанова, Кизатова, Омаралиева, Абдрахманов, Боровский, Чаканова, 2019, с. 69–73).

### Измельчение

Измельчение – процесс уменьшения размера исходного зернового сырья с увеличением площади поверхности. Способ измельчения крупы выбирают в зависимости от физико-механических свойств (влажности, прочности, твердости, хрупкости и др.) зерновки, исходных размеров и требуемой степени измельчения.

Измельчение зернового сырья производится несколькими методами – раздавливанием, раскалыванием, ударом, сжатием, сдвигом, изломом и

<sup>1</sup> Скурихин И.М., Тутельян В.А. Химический состав российских пищевых продуктов: справочник. М.: Д.Л. принт, 2002. 236 с.

<sup>2</sup> ГОСТ 31645–2012. Мука для продуктов детского питания. Технические условия. М.: Стандратинформ, 2013. 11 с.

<sup>3</sup> Способ производства муки для детского и диетического питания: пат. 2037304 Рос. Федерация № 5054238 / Иунихина В.С., Петрова И.С.; заявл. 10.07.1992; опубл. 19.06.1995.

<sup>4</sup> Способ получения гречневой муки: пат. 2268615 Рос. Федерация № 2004120621 / Цыбикова Г.Ц., Аюшеева О.Г., Матуева Л.В.; заявл. 05.07.2004; опубл. 27.01.2006.

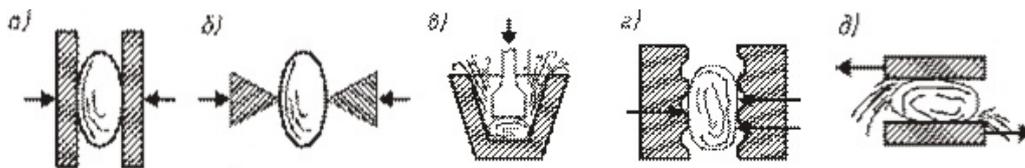


Рисунок 1. Виды механического воздействия на материал при измельчении. а) – раздавливание; б) – раскалывание; в) – удар; г) – излом; д) – истирание. Источник: Глебов Л.А., Демский А.Б., Веденьев В.Ф., Темиров М.М., Огурцов Ю.М. Технологическое оборудование предприятий отрасли: зерноперерабатывающие предприятия. М.: Д.Л. принт, 2006. 816 с.

истирием (Глебов, Демский, Веденьев, Темиров, Огурцов, 2006).

Традиционная технология получения муки для детского питания основывается на простом повторительном помоле на вальцевых станках.

В вальцевых станках исходное сырье измельчается между валками, вращающимися навстречу друг другу с разной скоростью валков за счет сжатия и истирания. Они имеют высокую эффективность при измельчении исходного продукта до больших размеров (150–200 мкм), но с уменьшением крупности происходит увеличение энергозатрат (Бутковский, 1989).

### ИК-обработка

Инфракрасным излучением называют электромагнитные колебания с длинами волн от 0,75 до 200 мкм, область которых расположена между видимой частью спектра и микроволновым диапазоном радиочастот. Данное излучение обладает высокой проникающей способностью (Гинзбург, 1967, с. 28–33; Гинзбург, Ляховицкий, 1971).

Эффективное воздействие инфракрасного излучения на продукты питания из растительного и животного сырья связано с интенсификацией биохимических процессов вследствие воздействия поглощаемой энергии на связи атомов в молекулах (Андреева, 2017, с. 54–56).

Применение в технологии крупяного производства инфракрасного излучения интенсифицирует процессы, улучшает качественные показатели готового продукта, облегчает их контроль и управление (Беляева, 2012, с. 9; Коротева, Неборская Н.Г., Березовикова И.П., Влощинский, 2010, с. 31–34).

Преимущество такой обработки состоит в том, что инфракрасные лучи нагревают обрабатываемый объект по всему объему величины проникновения, а энергия фотона, поглощаемая биологическим полимером материала и сравнимая с энергией связи атомов С.С. С.О., Н.О., приводит к значительными и регулируемым изменениям его физико-химических и биохимических свойств (Гинзбург, 1967, с. 28–33).

В связи с тем, обработка происходит за незначительно короткий период времени, содержание витаминов и других биологически активных веществ в сухом продукте сохраняется на уровне 80–90% по сравнению с исходным сырьем (Гинзбург, 1966).

Цель данного исследования - разработка новой технологии получения гречневой муки для детского питания с использованием современного и перспективного технологического оборудования и применением инфракрасной обработки.

## Материалы и методы исследования

### Объект исследования

В качестве объекта исследования была выбрана крупа гречневая типа ядрица 1 сорта, выработанная из зерна урожая 2018 года. При проведении исследований использовали следующие стандарты и методики: отбор образцов и выделение навесок по ГОСТ 13586.3–2015<sup>5</sup>; определение влажности по ГОСТ 15113.4–77<sup>6</sup>; определение органолептических показателей крупы по ГОСТ Р 55290–2012<sup>7</sup>; определение органолептических показателей гречневой муки по ГОСТ 27558–87<sup>8</sup>; определение крупности крупы по ГОСТ 26312.4–84<sup>9</sup>; определение крупности муки по ГОСТ 27560–

<sup>5</sup> ГОСТ 13586.3–2015. Зерно. Правила приемки и методы отбора проб. М.: Стандартинформ, 2019. 17 с.

<sup>6</sup> ГОСТ 15113.4–77. Концентраты пищевые. Методы определения влаги. М.: Стандартинформ, 1979. 3 с.

<sup>7</sup> ГОСТ Р 55290–2012. Крупа гречневая. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 11 с.

<sup>8</sup> ГОСТ 27558–87. Мука и отруби. Методы определения цвета, запаха, вкуса и хруста. М.: Стандартинформ, 2007. 4 с.

<sup>9</sup> ГОСТ 26312.4–84. Крупа. Методы определения крупности или номера, примесей и доброкачественного ядра. М.: Стандартинформ, 2010. 6 с.

87<sup>10</sup>; определение кислотности по болтушке по ГОСТ 10844–74<sup>11</sup>.

### Методы и процедура исследования

Определение прочности зерновки при одноосном сдвиге по методике Наумова И.А. Для испытания крупу помещали на площадку. Затем постепенно увеличивали нагрузку на подвижную рифлю. Она начинала вдавливаясь в крупу. Когда нагрузка достигала предельного значения – крупа разрушалась. Относительную величину врезания рифли в зерно подсчитали, разделив величину деформации на толщину крупы. Разрушающее усилие определяли в 15–20 повторности.

Исходную гречневую крупу влажностью 14,5% увлажняли обычной водопроводной водой, доводя содержание влаги в ней до значений от 15 до 45%. Увлажнение проводили мелкодисперсным разбрызгиванием воды с последующим отволаживанием для равномерного распределения влаги по всей крупе. Кроме того, производилась вентиляция крупы горячим воздухом, что способствовала снижению исходной влаги гречневой крупы.

Далее образцы различной влажности подвергали воздействию инфракрасного излучения. Мощность инфракрасного излучения варьировалась от 15 до 40 кВт/м<sup>2</sup> (Бахтина, Андреева, Кирдяшкин, 2019, с. 201–203; Филатов, Плаксин, Кирдяшкин, Азизов, Елькин, 2008, с. 76–78; Султанова, Кизатова, Омаралиева, Абдрахманов, Боровский, Чаканова, 2019, с. 69–73). В качестве источника ИК-волн использовалась ИК-установка У.З.4 (Андреева, Козлова, Кирдяшкин, 2018, с. 28–31). В дальнейшем были исследованы температурные характеристики обработанного продукта. Крупа при установленных ранее мощностях нагревалась до температур 90–150°C. Исследование проводилось на том же оборудовании. В качестве основной характеристики, на которую влияют выбранные параметры, была выбрана плотность крупы. Была определена плотность полученных обработанных образцов, после чего был выполнен выбор оптимального режима термообработки.

Выбранные оптимальные режимы использовались для дальнейшего размола. Увлажнение гречневой крупы проводили методом распыления водопроводной воды для достижения влажности 15–16% (исходная влажность 13–14%). Данная операция позволяет получить оптическую линзу на крупе,

которая улучшает дальнейшее поглощение ИК-лучей (Доронин, 1997).

ИК-обработка увлажнённой крупы производилась на установке У.З.4. Мощность лучистого потока составляла 32 кВт/м<sup>2</sup>. Нагрев проводился до температур от 115 до 145°C.

Обработанную крупу подвергали измельчению. Проводился простой одинарный помол исходной и обработанной на ИК-установке крупы. Помол осуществлялся на вальцевом станке, а так же на лабораторном дезинтеграторе. На вальцевом станке проводился простой одинарный помол гречневой крупы. На лабораторном дезинтеграторе проводился помол как исходной, так и обработанной на ИК-установке крупы в течение 30 с.

Обработанную ИК-лучами крупу размалывали на дезинтеграторе (пальцевом измельчителе). Измельчение гречневой крупы осуществляли однократным пропуском через дезинтегратор. Преимущество дезинтегратора по сравнению с вальцевым станком заключается в дополнительном виде энергии разрушения – ударе, кроме сжатия и сдвига. При измельчении энергия, подаваемая вальцевыми станками, переходит в крупу, что приводит к разрушению цельности крупы. Хрупкий эндосперм быстрее измельчается в муку, чем оболочки, что в дальнейшем позволяет произвести разделение на анатомические части. Сам помол существенно увеличивает площадь поверхности продукта, что ведёт за собой увеличение площади соприкосновения с ферментами Ж.Т. что приводит к существенному ускорению перерабатываемости.

Размолотый продукт направляют на рассев для сортирования, где отбирается готовый продукт проходом через мучное сито в виде гречневой муки размером частиц 60–80 мкм.

Полученную муку отсеивали на лабораторных ситах для определения крупности полученного продукта.

Качество помола оценивалось полученным фракционным составом муки (сходом и проходом полученной муки с различных сит). В качестве критерия качества помола были выбраны различные крупности частиц: размол проводился до размеров 180 мкм, 100–80 мкм, а так же 60 мкм. Уменьшение размера частиц свыше 60 мкм при-

<sup>10</sup> ГОСТ 27560–87. Мука и отруби. Метод определения крупности. М.: Стандартинформ, 2007. 4 с.

<sup>11</sup> ГОСТ 10844–74. Зерно. Метод определения кислотности по болтушке. М.: Стандартинформ, 2009. 3 с.

водит к резкому увеличению агрегативности, что отрицательно сказывается на качестве получаемого продукта.

Полученные образцы были подвергнуты исследованиям качественных показателей и физических характеристик, согласно методикам, приведенным выше.

## Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследований установили влияние мощности лучистого потока инфракрасного излучения и исходной влажности гречневой крупы на разрушение их структуры.

Облучаемый инфракрасными лучами объект поглощает излучение, что вызывает нагрев. Было проведено исследование по определению величины влияния различных параметров обработки на структурно-механические свойства получаемого продукта.

Исследования проводили на экспериментальной установке термической обработки зерна. Образец – гречневая крупа, влажность (W) 5–25%, мощностью лучистого потока (E) 15–40 кВт/м<sup>2</sup>. Критерием оценки воздействия на образец инфракрасного нагрева служила плотность обработанного продукта. Изменение плотности зерновки гречневой крупы при различных влажностях и мощностях лучистого потока представлены на Рисунке 2.

Из графика видно, что при обработке инфракрасным излучением гречневая крупа с наименьшей

плотностью получается при оптимальных значениях исходной влажности и мощности лучистого потока, которые составили, соответственно, 15–16% и 30–32 кВт/м<sup>2</sup>.

Дальнейшее увеличение мощности лучистого потока вызывает существенное снижению качества крупы. Происходит ухудшение внешнего вида, цвета и запаха крупы, которое вызвано термическим ожогом крупы. Изменение исходной влажности гречневой крупы в большую или меньшую сторону от оптимума (15–16%) вызывает увеличение плотности. Происходит существенное нарастание плотности обработанной крупы, что является нежелательным для дальнейшей переработки. В гречневой крупе свободная влага под действием инфракрасного излучения превращается в пар, который позволяет в достаточной мере разрушить структуру.

Таким образом, плотность гречневой крупы при оптимальном режиме инфракрасной обработке составляет 0,55 кг/м<sup>3</sup>, т.е. в 3,5 раза меньше исходной.

На втором этапе исследований определили температуры разрушения структуры гречневой крупы в зависимости от влажности и мощности инфракрасного облучения.

Помимо мощности облучения и исходной влажности сырья для осуществления технологии и разработки технологической линии производства муки для детского питания необходимо знать температуру продукта, получаемого при обработке. Для этого определяли температуру гречневой крупы при установленных нами режимах инфракрасной обработки. На рисунке 3 представ-

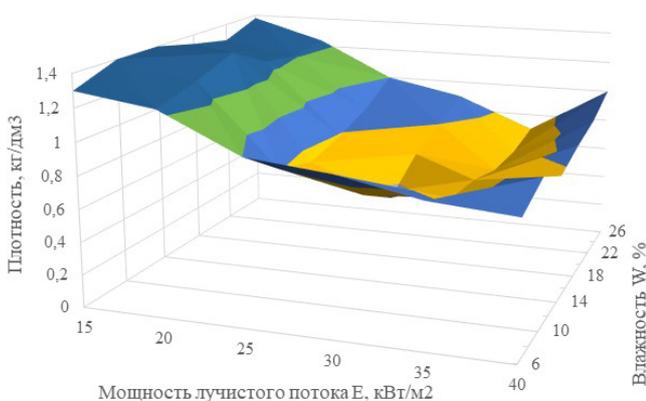


Рисунок 2. Зависимость плотности зерновки гречневой крупы от мощности лучистого потока и влажности

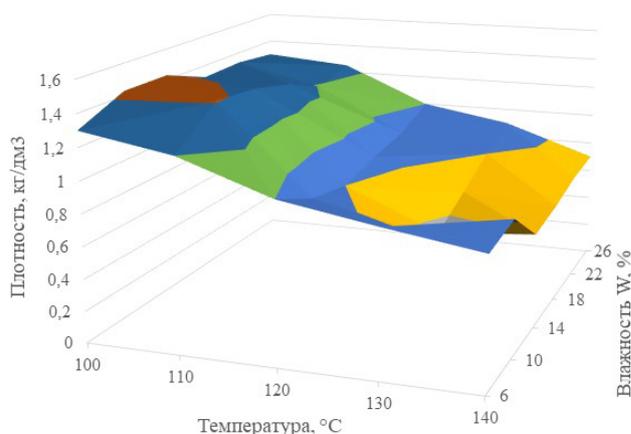


Рисунок 3. Зависимость плотности зерновки гречневой крупы от исходной влажности и температуры обработки

лена зависимость плотности зерновки гречневой крупы от исходной влажности и температуры обработки.

Из графика видно, что при минимальной плотности зерновки гречневой крупы  $0,55 \text{ кг/м}^3$  температура продукта составляет  $125\text{--}130^\circ\text{C}$ .

Высокая температура нагрева продукта способствует улучшению его микробиологического состояния, что важно при производстве муки для детского питания. В тоже время температура получаемого продукта не превышает температуры варки крупы острым паром при традиционном способе гидротермической обработки крупы, однако время воздействия этих температур на продукт в 10–12 раз меньше, что способствует сохранению витаминов в продукте.

Таким образом, оптимальная температура нагрева гречневой крупы, при которой она имеет минимальную плотность, составляет  $125\text{--}130^\circ\text{C}$ .

Проведенные исследования позволили нам выбрать параметры инфракрасной обработки гречневой крупы:

- сходная влажность крупы: 15–16%;
- мощность излучения: 30–32 кВт/м<sup>2</sup>;
- температура нагрева продукта:  $125\text{--}130^\circ\text{C}$ ;

- время обработки: 35–40 с;
- влажность продукта после обработки: 7,0–7,5%.

На втором этапе исследований установили влияния типа технологического оборудования и ИК-обработки на эффективность измельчения гречневой крупы в муку. В Таблицах 1 и 2 представлен гранулометрический состав исходной и обработанной гречневой муки, полученной при измельчении крупы на вальцовом станке. Из таблиц видно, что в результате ИК-обработки количество мелкой фракции гречневой муки осталось неизменной.

В Таблицах 3 и 4 представлен гранулометрический состав исходной и обработанной гречневой муки, полученной при измельчении крупы на лабораторном дезинтеграторе. Из таблиц видно, что в результате ИК-обработки количество мелкой фракции гречневой муки размером меньше 156 мкм повысилось на 3,0%. При этом следует отметить, что по сравнению с вальцовым станком после измельчения на дезинтеграторе на 23,4% больше тонкоизмельченной гречневой муки, что свидетельствует о более высокой эффективности процесса измельчения.

Были получены результаты, свидетельствующие, что при одном и том же виде обработки крупы (синий и серый цвета – исходная крупа, оранжевый и желтый цвета – обработанная), измельчен-

Таблица 3

Фракционный состав измельченной исходной гречневой крупы на лабораторном дезинтеграторе

Номинальный размер сита, мкм	Фракционный состав измельченной исходной гречневой крупы на лабораторном дезинтеграторе			
	Масса проходовой фракции, г	%, от исходной массы образца	Масса сходовой фракции, г	%, от исходной массы образца
250	99,9	26,3	1,8	0,5
220	102,5	27,1	4,4	1,2
156	166,8	44,0	3,4	0,9

Таблица 4

Фракционный состав обработанной гречневой крупы на лабораторном дезинтеграторе

Номинальный размер сита, мкм	Фракционный состав измельченной обработанной гречневой крупы на лабораторном дезинтеграторе			
	Масса проходовой фракции, г	%, от исходной массы образца	Масса сходовой фракции, г	%, от исходной массы образца
250	99,6	26,4	1,5	0,4
220	90,5	24,0	4,5	1,2
156	177,2	47,0	3,7	1,0

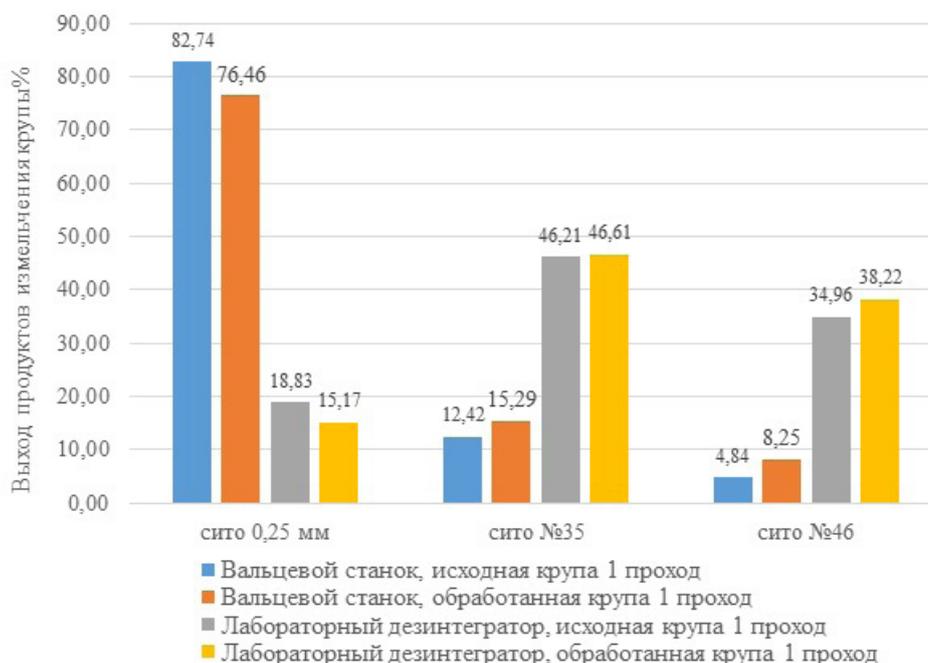


Рисунок 4. Изменение фракционного состава в зависимости от вида обработки

ная на дезинтеграторе крупа даёт большой выход мелкой фракции, которая является исходной для производства продуктов детского питания. Только за счёт ИК-обработки выход наиболее мелкой фракции менее 156 мкм возрастает примерно 4% по сравнению с необработанной крупой, что для вальцевого станка составляет увеличение в 1,7 раза. Увеличение выхода гречневой муки составляет примерно 32% вне зависимости от предварительной обработки ИК-лучами.

Данные результаты объясняются тем, что при измельчении на вальцевом станке на исходный продукт воздействует 2 типа сил - сжатие и сдвиг. При использовании дезинтегратора к данным типам воздействия добавляется еще и удар. За счет дополнительного воздействия и обеспечивается более интенсивное измельчение исходного сырья и увеличение выхода мелкой фракции.

Кроме того, дополнительный эффект возникает в связи с меньшей прочностью гречневой крупы после ИК-обработки по сравнению с исходной крупой. Вне зависимости от оборудования для измельчения, после ИК-обработки помол происходит с большей эффективностью, остаётся меньше крупки и увеличивается содержание мелких фракций.

Таким образом, обработка крупы ИК-лучами позволяет увеличить выход гречневой муки за счёт более интенсивного измельчения крупных фрак-

ций. Увеличение составляет от 0,4 до 4% в зависимости от крупности муки.

## Выводы

Важной характеристикой муки для детского питания является крупность её помола. Применение для получения высокодисперсной муки дезинтегратора обусловлено существенным повышением выхода тонкоизмельченной фракции муки по сравнению с использованием традиционных вальцевых станков. ИК-обработка служит для придания определённых реологических свойств исходному сырью и получения продукта с необходимой степенью измельчения.

По результатам исследования было установлено, что для гречневой крупы существуют экспериментально определенные параметры оптимальной мощности инфракрасного излучения и исходной влажности обрабатываемой крупы, при которых плотность получаемого продукта становится минимальной. Это мощность излучения, которая составляет 30–32 кВт/м<sup>2</sup> при исходной влажности крупы 15–16%. Свою же минимальную плотность (0,55 кг/м<sup>3</sup>) гречневая крупа достигает при температуре продукта 125–130°C.

Выявлено, что обработанная инфракрасным излучением гречневая крупа при помоле с использованием различного технологического оборудования

измельчается с большей эффективностью в муку по сравнению с необработанной крупой. При этом происходит увеличение выхода гречневой муки фракции меньше 156 мкм только за счёт ИК-обработки на 4% по сравнению с необработанной крупой.

Установлено, что при измельчении гречневой крупы на дезинтеграторе происходит увеличение выхода мелкой фракции гречневой муки вне зависимости от типа обработки. Для фракции меньше 156 мкм увеличение составляет 23,4% по сравнению с вальцевым станком.

Получаемый продукт полностью соответствует требованиям качества и безопасности, которые предъявляются к традиционной муке для детского питания.

### Литература

- Андреева А.А., Кирдяшкин В.В. Применение инфракрасной обработки при производстве зернового хлеба // *Хлебопродукты*. 2017. № 7. с. 54–56.
- Андреева А.А., Козлова Д.А., Кирдяшкин В.В. Определение режимных параметров термодеструкции перловой крупы при инфракрасной обработке // *Биотехнология и продукты биоорганического синтеза: материалы Национальной научно-практической конференции*. М.: М.У.П, 2018. с. 28–31.
- Афанасьев В.А. Теория и практика специальной обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов. Воронеж: В.У. 2002. 296 с.
- Бахтина Д.С., Андреева А.А., Кирдяшкин В.В. Возможности применения инфракрасного излучения при производстве продуктов быстрого приготовления из зернобобовых культур // *Качество зерна, муки и хлеба: материалы докладов IV Международной конференции*. 2019. с. 201–203.
- Бачурская Л.Д., Гуляев В.Н. Пищевые концентраты. М.: Пищевая промышленность, 1976. 333 с.
- Беляева С.С. Исследования процесса инфракрасной сушки продуктов для диетического питания // *Процессы и аппараты пищевых производств*. 2012. № 2. с. 9.
- Бутковский В.А., Мельников Е.М. Технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства (с основами экологии). М.: Агропромиздат, 1989. 464 с.
- Гинзбург А.С. Инфракрасная техника в пищевой промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1966. 407 с.
- Гинзбург А.С. Инфракрасное излучение как метод интенсификации технологических процессов пищевых производств // *Проблемы пищевой науки и технологии*. М., 1967. с. 28–33.
- Гинзбург А.С., Ляховицкий Б.М. Генераторы инфракрасного излучения для пищевой промышленности. М.: Ц.И.ТЭИлегпищемаш, 1971. 71 с.
- Глебов Л.А., Демский А.Б., Веденьев В.Ф., Темиров М.М., Огурцов Ю.М. Технологическое оборудование предприятий отрасли: зерноперерабатывающие предприятия. М.: Д.Л. принт, 2006. 816 с.
- Голубкович А.В., Павлов С.А. Новые технологии и установка для инфракрасной сушки семян и зерна // *Сборник научных докладов В.М. М.: Изд-во В.М.* 2011. с. 385–392.
- Доронин А.Ф., Панфилова И.А., Кирдяшкин В.В. Проблемы и перспективы использования инфракрасной технологии при производстве продуктов питания на зерновой основе. М.: АгроНИИТЭИПП, 1997. 25 с.
- Зверев С.В. Высокотемпературная микронизация в производстве зернопродуктов. М.: Д.Л. Принт, 2009. 221 с.
- Козьмина Н.П. Биохимия зерна и продуктов его переработки. М.: Колос, 1976. 374 с.
- Коротеева Е.А., Неборская Н.Г., Березовикова И.П., Влощинский П.Е. Влияние микронизации на углеводный комплекс круп и семян зернобобовых // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2010. № 1. с. 31–34.
- Романчиков С.А. Технология интенсификации производства макаронных изделий с использованием ультразвукового воздействия – инфракрасного излучения // *Техника и технология пищевых производств*. 2018. Т. 48, № 3. с. 96–104. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-96-104>
- Саитова М.Э., Дубцов Г.Г. Гречневая мука в диетическом питании // *Кондитерское и хлебопекарное производство*. 2014. № 3–4(148). с. 14–15.
- Самарина Ю.Р., Якименко А.В., Кузнецов Е.Е. Подготовка зерна сои к длительному хранению с помощью инфракрасного излучения // *Агропромышленный комплекс: проблемы перспективы и развития. Тезисы докладов всероссийской научно-практической конференции*. Благовещенск, 2020. с. 75.
- Султанова М.Ж., Кизатова М.Е., Омариалиева А.М., Абдрахманов Х.А., Боровский А.Ю., Чаканова Ж.М. Обоснование режимов микронизации зерновых культур // *Вестник Алматинского технологического университета*. 2019. № 3. с. 69–73.
- Филатов В.В., Плаксин Ю.М., Кирдяшкин В.В., Азизов Р.Р., Елькин Н.В. Инфракрасные тех-

нологии в переработке зернового сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2008. № 8. с. 76–78.

Цыбанева М.Н., Кирдяшкин В.В. Влияние тепловой обработки на качественные показатели

гречневой муки для детского питания // День науки: Общеуниверситетская научная конференция молодых учёных и специалистов, сборник материалов. М.: Ф.Б.У В.О.«МГУПП», 2015. с. 225.

# Obtaining Highly Dispersed Buckwheat Flour for Baby Food Using Infrared Processing

**Vladimir V. Kirdyashkin**

*FSBEI HE "Moscow State University of Food Production"  
125080, Moscow, Volokolamskoe highway, 11  
E-mail: kirdyashkinvv@mgupp.ru*

**Roman Kh. Kandrov**

*FSBEI HE "Moscow State University of Food Production"  
125080, Moscow, Volokolamskoe highway, 11  
E-mail: nart132007@mail.ru*

**Alesya A. Andreeva**

*FSBEI HE "Moscow State University of Food Production"  
125080, Moscow, Volokolamskoe highway, 11  
E-mail: andreevaaa@mgupp.ru*

**Vasily I. Shchebelev**

*FSBEI HE "Moscow State University of Food Production"  
125080, Moscow, Volokolamskoe highway, 11.  
Skorpio96@mail.ru*

Baby food is an important part of the nutritional industry. Taking into account the peculiarities of the child's body, the foods that the child consumes must be specially prepared for children. In flour for baby food, the degree of digestibility correlates with the size of flour particles and the smaller the particles, the better it is absorbed by the child's body. This is due to the fact that in the process of grinding grain into flour, damage to starch grains occurs. The traditional technology for making flour involves the use of roller machines as the main technological equipment for grinding grain. With a high degree of grinding, energy consumption for flour production increases significantly. The purpose of the work is to develop a new technology for producing buckwheat flour for baby food using modern and advanced technological equipment and using infrared processing. The object of development is highly dispersed buckwheat flour for baby food using infrared processing. A promising way of obtaining fine flour from grain is the use of disintegrators. These machines provide finer grinding of the original grain with less energy consumption. According to the results of the experiments, it was found that the use of a disintegrator increases the yield of the finely ground flour fraction by 23,4% than when using a traditional roller mill. At the same time, the combined use of a disintegrator and infrared treatment (IR) treatment will make it possible to obtain flour for baby food with increased digestibility with greater economic efficiency and profitability.

**Keywords:** baby food, flour, grinding, digestibility, IR, energy consumption

## References

- Afanas'ev V.A. Teoriya i praktika spetsial'noi obrabotki zernovykh komponentov v tekhnologii kombikormov [Theory and practice of special processing of grain components in compound feed technology]. Voronezh: V.U. 2002, 296 p.
- Andreeva A.A., Kirdyashkin V.V. Primenenie infrakrasnoi obrabotki pri proizvodstve zernovogo khleba [The use of infrared processing in the production of grain bread]. *Khleboprodukty [Khleboprodukty]*, 2017, no. 7, pp. 54–56.
- Andreeva A.A., Kozlova D.A., Kirdyashkin V.V. Opredelenie rezhimnykh parametrov termodestruktsii perlovoi krupy pri infrakrasnoi obrabotke [Determination of the operating parameters of thermal destruction of pearl barley during infrared processing]. In *Biotekhnologiya i produkty bioorganicheskogo sinteza: materialy Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Biotechnology*

- and products of bioorganic synthesis. Proceedings of the national scientific and practical conference]. Moscow: M.U.P, 2018, pp. 28–31.
- Bachurskaya L.D., Gulyaev V.N. Pishchevye kontsentraty [Food concentrates]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost', 1976. 333 p.
- Bakhtina D.S., Andreeva A.A., Kirdyashkin V.V. Vozmozhnosti primeneniya infrakrasnogo izlucheniya pri proizvodstve produktov bystrogo prigotovleniya iz zernobovykh kul'tur [Possibilities of using infrared radiation in the production of instant food from leguminous crops]. In *Kachestvo zerna, muki i khleba: materialy dokladov IV Mezhdunarodnoi konferentsii [The quality of grain, flour and bread. Proceedings of reports of the 4th International Conference]*, 2019, pp. 201–203.
- Belyaeva S.S. Issledovaniya protsessa infrakrasnoi sushki produktov dlya dieticheskogo pitaniya [Research of the process of infrared drying of products for dietetic nutrition]. *Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv [Processes and devices for food production]*, 2012, no. 2, pp. 9.
- Butkovskii V.A., Mel'nikov E.M. Tekhnologiya mukomol'nogo, krupyanogo i kombikormovogo proizvodstva [Technology of milling, cereals and feed production]. Moscow: Agropromizdat, 1989. 464 p.
- Doronin A.F., Panfilova I.A., Kirdyashkin V.V. Problemy i perspektivy ispol'zovaniya infrakrasnoi tekhnologii pri proizvodstve produktov pitaniya na zernovoi osnove [Problems and prospects of using infrared technology in the production of food products on a grain basis]. Moscow: AgroNIITEIPP, 1997. 25 p.
- Filatov V.V., Plaksin Yu.M., Kirdyashkin V.V., Azizov P.P., El'kin N.V. Infrakrasnye tekhnologii v pererabotke zernovogo syr'ya [Infrared technologies in the processing of grain raw materials]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and processing of agricultural raw materials]*, 2008, no. 8, pp. 76–78.
- Ginzburg A.S. Infrakrasnaya tekhnika v pishchevoi promyshlennosti [Infrared technology in the food industry]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost', 1966. 407 p.
- Ginzburg A.S. Infrakrasnoe izluchenie kak metod intensifikatsii tekhnologicheskikh protsessov pishchevykh proizvodstv. [Infrared radiation as a method of intensification of technological processes in food production]. In *Problemy pishchevoi nauki i tekhnologii [Problems of food science and technology]*. Moscow, 1967, pp. 28–33.
- Ginzburg A.S., Lyakhovitskii B.M. Generatory infrakrasnogo izlucheniya dlya pishchevoi promyshlennosti [Infrared radiation generators for the food industry]. Moscow: T.N.IITEIlegpishchemash, 1971. 71 p.
- Glebov L.A., Demskii A.B., Veden'ev V.F., Temirov M.M., Ogurtsov Yu.M. Tekhnologicheskoe oborudovanie predpriyatii otrasli: zernopere-rabatyvayushchie predpriyatiya [Technological equipment of the industry enterprises. Grain processing enterprises]. Moscow: D.L. print, 2006. 816 p.
- Golubkovich A.V., Pavlov S.A. Novye tekhnologii i ustanovka dlya infrakrasnoi sushki semyan i zerna [New technologies and installation for infrared drying of seeds and grain]. In *Sbornik nauchnykh dokladov V.M. [Collection of scientific reports All-Russian research institute of agricultural mechanization]*. Moscow: Izd-vo V.M. 2011, pp. 385–392.
- Koroteeva E.A., Neborskaya N.G., Berezovikova I.P., Vloshchinskii P.E. Vliyanie mikronizatsii na uglevodnyi kompleks krup i semyan zernobovykh [Influence of micronization on the carbohydrate complex of cereals and seeds of leguminous plants]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and processing of agricultural raw materials]*, 2010, no. 1, pp. 31–34.
- Koz'mina N.P. Biokhimiya zerna i produktov ego pererabotki [Biochemistry of grain and products of its processing]. Moscow: Kolos, 1976. 374 p.
- Romanchikov S.A. Tekhnologiya intensifikatsii proizvodstva makaronnykh izdelii s ispol'zovaniem ul'trazvukovogo vozdeistviya – infrakrasnogo izlucheniya [Technology of intensification of production of pasta using ultrasonic exposure – infrared radiation]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv [Technics and technology of food production]*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 96–104. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-96-104>
- Saitova M.E., Dubtsov G.G. Grechnevaya muka v dieticheskom pitanii [Buckwheat flour in dietary nutrition]. *Konditerskoe i khlebopekarnoe proizvodstvo [Confectionery and bakery production]*, 2014, no. 3–4(148), pp. 14–15.
- Samarina Yu.R., Yakimenko A.V., Kuznetsov E.E. Podgotovka zerna soi k dlitel'nomu khraneniyu s pomoshch'yu infrakrasnogo izlucheniya [Preparation of soybean grain for long-term storage using infrared radiation]. In *Agropromyshlennyi kompleks: problemy perspektivy i razvitiya: tezisy dokladov vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Agro-industrial complex: problems of prospects and development. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference]*. Blagoveshchensk, 2020, pp. 75.
- Sultanova M.Z., Kizatova M.E., Omaralieva A.M., Abdrahmanov Kh.A., Borovskii A.Y., Chakanova Zh.M. Obosnovanie rezhimov mikronizatsii zernovykh kul'tur [Substantiation of micronization modes of grain crops]. *Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of the Almaty technological university]*, 2019, no. 3, pp. 69–73.

- Tsybaneva M.N., Kirdyashkin V.V. Vliyanie teplovoi obrabotki na kachestvennye pokazateli grechnevoi muki dlya detskogo pitaniya [Influence of heat treatment on quality indicators of buckwheat flour for baby food]. In Den' nauki: obshcheuniversitetskaya nauchnaya konferentsiya molodykh uchenykh i spetsialistov, sbornik materialov [*Science Day*. Proceedings of the University-wide scientific conference of young scientists and specialists]. Moscow: F.B.U V.O.«MGUPP», 2015, p. 225.
- Zverev S.V. Vysokotemperaturnaya mikronizatsiya v proizvodstve zernoproduktov [High-temperature micronization in the production of grain products]. Moscow: D.L. Print, 2009. 221 p.