УДК 633.12

**В.А. Марьин, А.Л. Верещагин**

# ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ НА ДОСТУПНОСТЬ МИНЕРАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ЗЕРНА ГРЕЧИХИ, ЯДРА И ОБОЛОЧКИ

Исследовано влияние температурной обработки на минеральный состав зерна, ядра и оболочек. Показано, что при изменении температуры изменяется содержание катионов и анионов в зерне, ядре и оболочке. Возможно, это происходит вследствие того, что температурная обработка разрывает химические связи между минеральными элементами, с одной стороны, и белками, углеводами, жирами, ферментами – с другой. В результате минеральные вещества превращаются в легко растворимые вещества и становятся более доступными и усвояемыми. При сравнении динамики изменения массовой доли катионов выявлено, что максимальное изменение исследуемых катионов происходит в оболочках, и их массовая доля увеличивается в 1,5 раза. Анализируя динамику изменения массовой доли анионов, можно прийти к выводу, что концентрация остается практически без изменений, кроме анионов фосфора. Их изменения, возможно, связаны с денатурацией белков и клейстеризацией крахмала, что приводит к резкому изменению растворимости. Максимальное изменение анионов произошло в оболочке, их массовая доля уменьшилась в 4,8 раза. Определены концентрации основных катионов и анионов в зерне гречихи, ядре и оболочке до и после термической обработки с температурой газо-воздушной смеси от 80 до 200 °С, при температуре нагрева зерна 40–100 °С. Показано, что при изменении температуры обработки изменяется массовая доля катионов и анионов, как в зерне, так и в ядре и оболочке. Наибольшие отклонения массовой доли (м. д.) минеральных веществ соответствуют температурной обработке начиная со 140 °С и далее, температура нагрева образцов при этом изменялась в интервале от 70 до 100 °С. Возможно, изменения м. д. в указанных температурах происходят вследствие того, что температурная обработка разрывает химические связи между минеральными элементами и белками, углеводами, жирами, ферментами. В результате минеральные вещества превращаются в легко растворимые вещества и становятся более доступными и усвояемыми.

Катионы, анионы, минеральные вещества, температура, зерно, ядро, оболочка.

**Введение**

Минеральные вещества играют важную роль в организме человека. Они входят в его структуру и выполняют значительное количество важных функций: регулируют водно-солевой обмен и кислотно-щелочной обмен, обеспечивают нормальное функционирование нервной, сердечно-сосудистой, пищевой и других систем, участвуют в построении костной ткани. Минеральные вещества – это химические элементы, которые попадают в организм человека в виде минеральных солей вместе с пищей. В организме они не синтезируются, и их запасы невелики: в общей сложности массовая доля (м. д.) минеральных веществ составляет 4 % от массы тела. Поэтому минеральные вещества должны регулярно поступать в организм вместе с пищей, так как являются обязательными ее составными частями, необходимыми для жизнедеятельности. Длительный недостаток или избыток их в питании приводит к нарушению обмена веществ и различным заболеваниям.

Недополучение организмом минеральных веществ возможно по следующим основным причинам:

– плохо сбалансированный рецепт и однообразное потребление пищи;

– потребляемые продукты, произведенные в индустриально развитых странах, характеризуются низким содержанием минеральных веществ;

– неправильная кулинарная обработка пищевых продуктов;

– заболевания, ведущие к ухудшению всасывания минеральных веществ.

А их отсутствие приводит к невозможности роста и развития. Минеральные вещества входят во все продукты питания, однако в разных продуктах они содержатся в разных количествах (в молоке 0,7 %, в треске соленой 15,6 %) [1].

Зерно и вырабатываемые из него продукты являются одним из основных источников минеральных веществ для человека.

В зерне гречихи содержится до 3 % необходимых организму человека минеральных веществ. Особенно высоко в этой крупяной культуре содержание железа, калия, кальция, фосфора, магния и йода. Количество минеральных веществ распределено следующим образом: в зерне (2,0–3,0 %), ядре с зародышем (2,3–2,5 %), оболочках (1,8–2,5 %), зародыше (7,0–10,0 %) [2]. В растения минеральные вещества попадают из почвы, поэтому их содержание сильно колеблется в зависимости от характера почвы, климата и внесенных удобрений. Их наличие устанавливают в результате полного сжигания измельченной навески зерна при температуре 850 ºС, после которого эти вещества остаются в виде золы, поэтому минеральные вещества называются также зольными.

Зольность характеризует и технологические показатели зерна, такие как крупность и выполненность. Разница между зольностью нормального крупного (сход с сита 2,8×20 мм) и мелкого (сход с сита 1,4×20 мм) достигает 0,25 %, зерна суховейного 0,45 % [3].

Обработка высокой температурой может оказывать на пищевую ценность продуктов как положительное, так и отрицательное воздействие. Сохранение питательных веществ в продуктах при их

производстве и приготовлении зависит от продолжительности воздействия температуры и свойств среды.

В настоящее время большинство работ посвящено изучению влияния кулинарной обработки на пищевые продукты, однако пищевая ценность продукта зависит и от технологии его производства.

**Целью** работы является изучение влияния температурной обработки на доступность минеральный составляющей зерна гречихи, ядра (крупы ядрица) и оболочки.

**Объекты и методы исследования**

Технология переработки зерна гречихи состоит из нескольких операций: подготовки зерна к переработке, термообработки, переработки зерна в крупу. В работе представлены результаты температурной обработки.

Все исследования проводились в производственных условиях. Для тепловой обработки использовался кондиционер непрерывного действия. Параметрами, определяющими режим тепловой обработки зерна для данного оборудования, являются температура и продолжительность обработки [4]. Конструкция кондиционера выполнена таким образом, что обеспечивает возможность проведения операций предварительного прогрева, пропаривания и сушки зерна в одном аппарате и в непрерывном режиме. Глубина температурной обработки зерна может регулироваться за счет изменения температуры пара, степени заполнения пропаривателя и оборотов вала ворошителя с расположенными на нем пластинами разгрузочного устройства [5]. Общее время температурной обработки зерна 8 мин. Оно было определено, исходя из основных технологических режимов работы и органолептических параметров крупы гречневой ядрицы.

Так как минеральные вещества содержатся во всех анатомических частях зерновки, целесообразным является изучить процесс их изменения в продуктах переработки в зерне, ядре (крупе гречневой ядрица) и оболочке при различных режимах температурной обработки.

Отбор образцов производили по следующей методике. Из зерна, прошедшего тепловую обработку в кондиционере, отбирали средний образец, который разделяли на две части. Одну часть зерна на лабораторном шелушителе марки ГДФ-1М шелушили, получая ядро (крупу гречневую ядрица) и оболочки. Из оставшейся части зерна, полученных после шелушения ядра, оболочки формировали образцы и определяли в них катионы и анионы.

Все исследования проводились в 3–4-кратной повторяемости. В экспериментальной части приведены средние значения показателей.

Для испытаний были отобраны партии зерна гречихи, соответствующие требованиям ГОСТ 19092-92, собранные в предгорной зоне Алтайского края в 2013 году.

Определение катионов и анионов в зерне, крупе ядрице и оболочке до и после термообработки при различных режимах проводили на приборе Капель-105 («Люмекс», Россия): катионы – по методике М 04-65-2010, а анионы – по методике М 04-73-2011.

**Результаты и их обсуждение**

Исходя из поставленной цели, работа была направлена на изучение влияния температуры обработки зерна на минеральный состав зерна, ядра и оболочки.

Общеизвестно, что при переработке пищевого сырья с использованием тепловой обработки может происходить изменение содержания минеральных веществ. Они могут теряться с отходами, так как в удаляемых оболочках и зародышах содержится значительная часть минеральных веществ. Минеральные вещества могут переходить в греющую среду (например, при варке – в воду) или просто распадаться под воздействием высокой температуры. Из минеральных веществ в отвар хорошо переходят калий, натрий, железо, фосфор, медь, цинк.

В технологии, по которой обрабатывалось зерно гречихи, был использован кондиционер непрерывного действия. Исследуемые партии обрабатывались перегретым паром температурой 80–200 ºС, при этом общее время обработки зерна не изменялось. В соответствии с указанными режимами обработки были получены образцы зерна, ядра и оболочек без обработки, а также при температуре газовоздушной смеси 80, 140, 160, 180, 200 ºС, и проведен сравнительный анализ их характеристик. Параметры гидротермической обработки и температура нагрева зерна гречихи представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры гидротермической обработки исследуемых образцов

| № | Образец | Режим обработки | Температура газовоздушной смеси, ºС | Температура нагрева зерна, ºС | Общее время ГТО, мин |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Зерно<br>Крупа ядрица<br>Оболочка | без термообработки | 0 | 20 | 0 |
| 2 | Зерно<br>Крупа ядрица<br>Оболочка | нагрев газовоздушной смесью | 80 | 46 | 8 |
| 3 | Зерно<br>Крупа ядрица<br>Оболочка | нагрев газовоздушной смесью | 140 | 70 | 8 |
| 4 | Зерно<br>Крупа ядрица<br>Оболочка | нагрев газовоздушной смесью | 160 | 78 | 8 |
| 5 | Зерно<br>Крупа ядрица<br>Оболочка | нагрев газовоздушной смесью | 180 | 86 | 8 |
| 6 | Зерно<br>Крупа ядрица<br>Оболочка | нагрев газовоздушной смесью | 200 | 102 | 8 |

Под общим временем обработки подразумевается время нахождения зерна в кондиционере.

Для выяснения возможного влияния параметров термообработки на изменение химического состава был определен химический состав исследуемых образцов зерна. Показатели качества определялись: влажность по ГОСТ 26312.7-88; белок по ГОСТ 10846-91; пищевые волокна по ГОСТ 13496.2-91; жир по ГОСТ 29033-91; зольность ГОСТ 26312-84, углеводы по разнице показателей. Все исследования проводились в Бийском технологическом институте. Физико-химические показатели зерна гречихи, обработанной при различных температурных режимах, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Физико-химический состав зерна гречихи, обработанной при различных температурных режимах

| Образец | Массовая доля, % | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Влажность | Белки | Углеводы | Пищевые волокна | Жиры | Зольность |
| 1 | 12,2–13,4 | 11,4–12,9 | 52,9–60,2 | 12,3–15,8 | 2,1–3,2 | 1,7–1,9 |
| 2 | 11,6–13,2 | 11,3–12,7 | 53,6–60,7 | 12,5–15,5 | 2,2–3,0 | 1,7–2,0 |
| 3 | 10,8–13,2 | 11,2–12,9 | 52,7–61,5 | 12,3–15,6 | 2,5–3,4 | 1,7–2,2 |
| 4 | 10,2–13,1 | 11,0–12,4 | 53,9–62,0 | 12,5–15,4 | 2,5–3,2 | 1,8–2,0 |
| 5 | 9,6–12,5 | 10,4–12,4 | 54,2–63,4 | 12,3–15,6 | 2,6–3,3 | 1,7–2,0 |
| 6 | 8,6–12,6 | 10,2–12,0 | 54,4–64,3 | 12,4–15,5 | 2,7–3,5 | 1,8–2,0 |

Анализ табл. 2 позволяет говорить о том, что у зерна гречихи с возрастанием температуры обработки уменьшается м. д. влаги и определяемая доля белка, возможно, вследствие его денатурации, увеличение определяемой доли жира, возможно, связано с гидролизом и окислением при высокой температуре. Зольность зерна при увеличении температуры обработки не изменяется.

В связи с изменением влажности зерна в результате температурной обработки для получения сопоставимых данных все приведенные ниже показатели концентрации микроэлементов (катионов и анионов) нормализованы к начальной влажности. Результаты исследования массовой доли минеральных веществ (катионов, анионов) при изменении температуры обработки в образцах зерна гречихи, крупы гречневой ядрица и оболочек представлены на рис. 1 – 6.

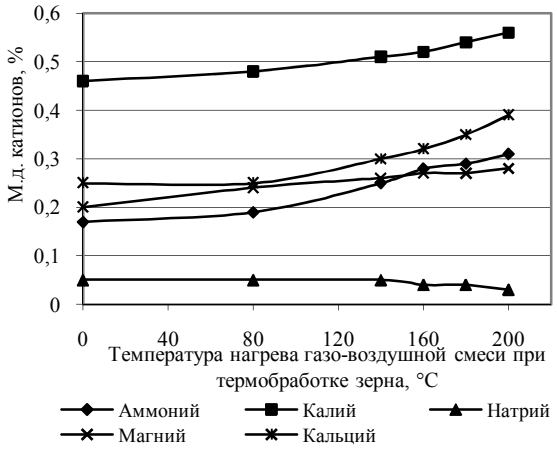


Рис. 1. Влияние температуры газо-воздушной смеси на м. д. катионов зерна гречихи

Из представленных данных следует, что с повышением температуры обработки м. д. катионов аммония в зерне увеличилась в 1,8 раза, калия возрасла в 1,2 раза, натрия уменьшилась 1,6 раза, магния увеличилась в 1,4 раза, кальция повысилась в 1,5 раза. При температурной обработке зерна от 20 до 200 °С суммарная массовая доля исследуемых катионов умножилась в 1,3 раза.

Из представленных на рис. 2 данных следует, что с ростом температуры обработки м. д. катионов аммония в ядре увеличилась в 1,8 раза, калия повысилась в 1,3 раза, натрия уменьшилась 1,6 раза, магния увеличилась в 1,6 раза, кальция увеличилась в 1,3 раза. При этом суммарная массовая доля исследуемых катионов в ядре стала больше в 1,4 раза.

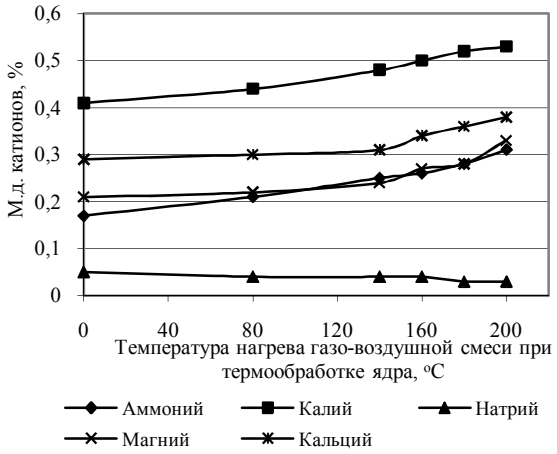


Рис. 2. Влияние температуры газо-воздушной смеси на м.д. катионов ядра гречихи

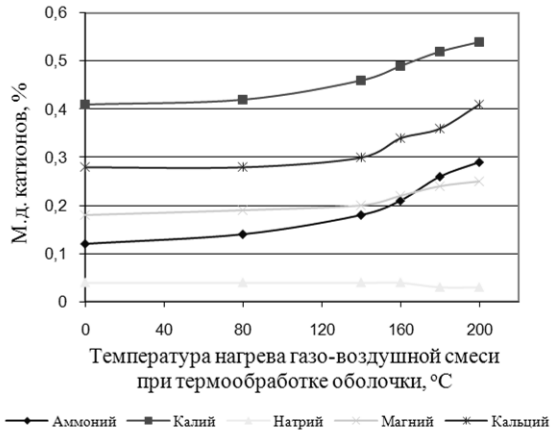


Рис. 3. Влияние температуры газо-воздушной смеси на м.д. катионов оболочки гречихи

Анализ представленных данных показал, что с увеличением температуры обработки м. д. катионов аммония в оболочке гречихи увеличилась в 2,4 раза, калия увеличилась в 1,3 раза, натрия уменьшилась 1,3 раза, магния увеличилась в 1,4 раза, кальция увеличилась в 1,5 раза. При этом суммарная массовая доля исследуемых катионов в ядре увеличилась в 1,5 раза.

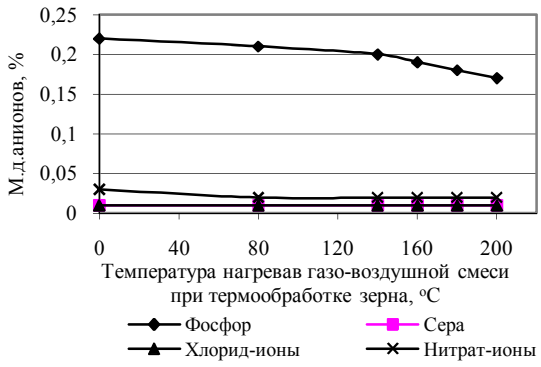


Рис. 4. Влияние температуры газо-воздушной смеси на м. д. анионов зерна гречихи

Из представленных данных следует, что с увеличением температуры обработки зерна гречихи м. д. анионов фосфора уменьшилась в 1,3 раза, серы не изменилась, хлорид-ионов не изменилась, нитрат-ионов уменьшилась в 1,5 раза. Суммарная массовая доля исследуемых анионов в зерне уменьшилась в 1,3 раза.

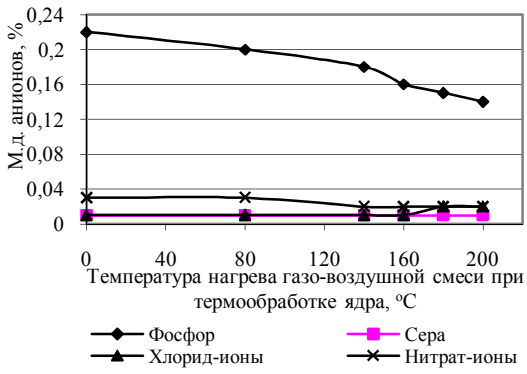


Рис. 5. Влияние температуры газо-воздушной смеси на м. д. анионов ядра гречихи

Из представленных данных следует, что с увеличением температуры обработки м. д. анионов фосфора в ядре уменьшилась в 1,5 раза, серы не изменилась, хлорид-ионов увеличилась в 2,0 раза, нитрат-ионы уменьшилась в 1,5 раза. Суммарная массовая доля исследуемых анионов в ядре уменьшилась в 1,4 раза.

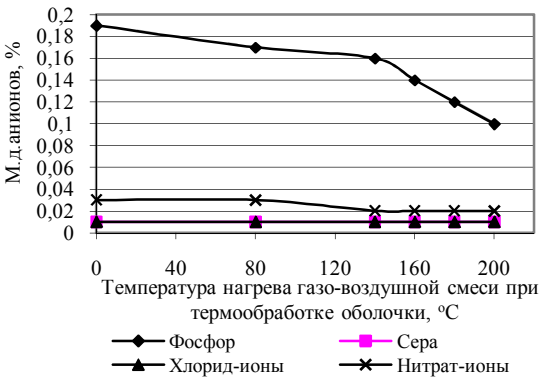


Рис. 6. Влияние температуры газо-воздушной смеси на м.д. анионов оболочки гречихи

Данные представленные на рис. 6 свидетельствуют о том, что с ростом температуры обработки м. д. анионов фосфора в оболочке гречихи уменьшилась в 1,9 раза, серы не изменилась, хлорид-ионов не изменилась, нитрат-ионов уменьшилась в 1,5 раза. Суммарная массовая доля исследуемых анионов в оболочке снизилась в 4,8 раза.

Как следует из рис. 1–6, при температуре газовоздушной смеси около 140 °С (температуре зерна 70 °С) происходит резкое изменение концентрации катионов и фосфат-ионов во всех частях зерна гречихи. Принимая во внимание литературные данные [6, 7], можно предположить, что это связано с процессом клейстеризации и образованием резистентного крахмала, что приводит к изменению растворимости минеральной составляющей зерна гречихи. Отмечают [8], что резистентный крахмал выполняет роль пищевых волокон, и в зависимости от поставленных перед производителем целей можно увеличивать или уменьшать их концентрацию, поскольку резистентный крахмал рассматривается как пребиотик [9]. Авторы приводят данные о следующих эффектах этого соединения: снижение постпрандиального (после еды) уровня сахара в крови, профилактика инсулинорезистентности и повышение чувствительности тканей к инсулину, снижение уровня холестерола и триглицеридов, повышение насыщаемости. Эти свойства позволяют думать, что такой крахмал является весьма привлекательным продуктом для предупреждения метаболических заболеваний, а также как компонент диет у больных ожирением, сахарным диабетом и патологией сердца и сосудов. Аналогичное воздействие на растворимость солей окажет и денатурация белка гречихи.

При сравнении динамики изменения м. д. катионов выявлено, что максимальное изменение исследуемых катионов происходит в оболочках и их массовая доля увеличивается в 1,5 раза.

Анализируя динамику изменения м. д. анионов, можно прийти к выводу, что концентрация остается практически без изменений, кроме анионов фосфора, максимальное изменение анионов происходит в оболочках, их массовая доля уменьшилась в 4,8 раза.

Такие изменения катионов и анионов, в указанных режимах обработки, возможно, связаны с необратимыми структурными изменениями: денатурацией белков (температура денатурации белков составляет 45–60 °С) и клейстеризацией крахмала (клейстеризация крахмала наступает при 55–60 °С), что приводит к резкому изменению растворимости.

**Выводы**

Таким образом, проведенные исследования позволяют утверждать, что обработка зерна гречихи в исследованном диапозоне температур приводит к изменению доступности минеральных веществ за счет процесса клейстеризации крахмала и денатурации белков.

Список литературы

1. Скурихин, И.М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания / И.М. Скурихин, В.А. Тутельян – М:ДеЛи, 2008. – 276 с.

2. Зверев, С.В. Физические свойства зерна и продуктов его переработки / С.В. Зверев, Н.С. Зверева. — М.: ДеЛи принт, 2007. — 176 с.

3.Коровин, Ф.Н. Зерно хлебных, бобовых и масличных культур / Ф.Н. Коровин – М: Пищевая промышленность, 1964. – 464 с.

4. Марьин, В.А. Влияние гидротермической обработки на аминокислотный состав зерна гречихи / В.А. Марьин, А.Л. Верещагин // Хранение и переработка зерна – 2013. – № 2 (167). – С. 45–48.

5. Ермаков, Р.Б. Экспериментальное исследование процесса непрерывного пропаривания зерна гречихи / Р.Б. Ермаков, В.А. Марьин, А.Н. Блазнов. – Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 3 (113). – С.114–120.

6. Skrabanja V1, Liljeberg Elmståhl HG, Kreft I, Björck IM. Nutritional properties of starch in buckwheat products: studies in vitro and in vivo.J Agric Food Chem. 2001 Jan;49(1):490-6.

7. Wei Yimin Zhang Guoquan Li Zhixi / Study on physico-chemical-properties of buckwheat flour http: // lnmcp.mf.uni-lj.si/Fago/SYMPO/1992SympoEach/1992S-502.pdf

8. Mary M. Murphy, Judith Spungen Douglass,; Anne Birkett, Resistant Starch Intakes in the United States // J Am Diet Assoc. 2008;108:67-78.

9. Katarzyna Śliżewska, Janusz Kapuśniak , Renata Barczyńska and Kamila Jochym / Resistant Dextrins as Prebiotic DOI: 10.5772/51573// in Biochemistry, Genetics and Molecular Biology » "Carbohydrates - Comprehensive Studies on Glycobiology and Glycotechnology", book edited by Chuan-Fa Chang, ISBN 978-953-51-0864-1, Published: November 21, 2012 under CC BY 3.0 license.

Бийский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»,
659305, Россия, Алтайский край, г. Бийск, ул. Трофимова, 27.
Тел/факс (3854) 43-53-00,
e-mail: info@bti.secna.ru

**SUMMARY**

**V.A. Maryin, A.L. Vereshchagin**

## THE INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON THE AVAILABILITY OF MINERAL COMPONENT OF BUCKWHEAT GRAIN, KERNEL AND SHELL

The influence of heat treatment on the mineral composition of buckwheat grain, core and shell is studied. It is shown that the temperature change the content of cations and anions in the grain, kernel and shell is changed. This is probably due to the fact that temperature processing breaks the chemical bonds between mineral elements, on the one hand, and proteins, carbohydrates, fats, enzymes – on the other. Minerals as a result, become easily soluble substances and become more accessible to assimilate. When comparing the dynamics of changes in the cations' mass fraction it is revealed that the maximum change in the investigated cations takes place in the shells and their mass fraction increases 1.5 times. Analyzing the dynamics of changing the anions' mass fraction one can come to conclusion that the concentration remains practically unchanged, except for the anions of phosphorus. Their changes may be due to denaturation of proteins and starch gelatinization, which leads to a sharp change of solubility, the maximum change of anions occurring in the membranes, their mass fraction decreased 4.8 times. Concentrations of major cations and anions in the corn of buckwheat, its kernel and shell are identified before and after heat treatment, gas-air mixture temperature being from 80 to 200 $^{o}$C, the temperature of grain heating being 40–100 $^{o}$C. It is shown that when the temperature of processing changes, the mass fraction of cations and anions, both in the grain and in the kernel and shell changes, too. The greatest deviation of the mass fraction of mineral substances corresponds to the processing temperature, starting from 140 $^{o}$C and more, the temperature of the samples changing in the range from 70 to 100 $^{o}$C. Possible mass fraction changes at these temperatures occur due to the breaking of the chemical bonds between mineral elements caused by thermal treatment.

Cations, anions, minerals, temperature, grain, kernel, shell.

**REFERENCES**

1. Skurikhin I.M., Tutel'yan V.A. Tablitsy khimicheskogo sostava i kalorijnosti rosijskikh produktov pitaniya [Tables of chemical composition and caloric food rosiyskih]. Moscow, Publ. DeLi print, 2008. 276 p.

2. Zverev S.V., Zvereva N.S. Fizicheskie svojstva zerna i produktov ego pererabotki [Physical properties of grain and products of its processing]. Moscow, Publ. DeLi print, 2007. 176 p.

3. Korovin F.N. Zerno khlebnykh, bobovykh i maslichnykh kul'tur [Cereal, legumes and oilseeds]. Moscow, Pishhevaya promyshlennost', 1964. 464 p.

4. Mar'in V.A., Vereshhagin A.L. Vliyanie gidrotermicheskoj obrabotki na aminokislotnyj sostav zerna grechikhi [Effect of hydrothermal treatment on the amino acid composition of buckwheat]. KHranenie i pererabotka zerna, 2013, no. 2(167), pp. 45–48.

5. Ermakov R.B., Mar'in V.A., Blaznov A.N. EHksperimental'noe issledovanie protsessa nepreryvnogo proparivaniya zerna grechikhi [Experimental study of continuous buckwheat grain steaming]. Bulletin of altai state agricultural university, 2014, no. 3(113), pp. 114–120.

6. Skrabanja VI, Liljeberg Elmståhl HG, Kreft I, Björck IM. Nutritional properties of starch in buckwheat products: studies in vitro and in vivo. J Agric Food Chem, 2001, no. 49(1), pp. 490-496.

7. Wei Yimin Zhang, Guoquan Li Zhixi. Study on physico-chemical-properties of buckwheat flour http://lnmcp.mf.uni-lj.si/Fago/SYMPO/1992SympoEach/1992S-502.pdf

8. Mary M. Murphy, Judith Spungen Douglass, Anne Birkett. Resistant Starch Intakes in the United States. J Am Diet Assoc, 2008, no. 108, pp. 67-78.

9. Katarzyna Śliżewska, Janusz Kapuśniak, Renata Barczyńska and Kamila Jochym. Resistant Dextrins as Prebiotic DOI: 10.5772/51573// in Biochemistry, Genetics and Molecular Biology » "Carbohydrates - Comprehensive Studies on Glycobiology and Glycotechnology", book edited by Chuan-Fa Chang, ISBN 978-953-51-0864-1, Published: November 21, 2012 under CC BY 3.0 license.

Biysk Technological Institute (Branch of Polzunov
Altai State Technical University),
27, Trofimov st., Biysk, 659305 Russia.
Phone/fax: (3854) 43-53-00,
e-mail: info@bti.secna.ru

*Дата поступления: 15.04.2014*