УДК 664.786

А.А. Выборнов, Л.В. Анисимова

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБРАБОТКИ ЗЕРНА И ВИДА УПАКОВКИ ЯЧМЕННОЙ МУКИ НА ЕЕ СТОЙКОСТЬ ПРИ ХРАНЕНИИ

Приведены результаты исследований изменения влажности, кислотности и кислотного числа жира ячменной муки, полученной разными способами (из зерна, подвергнутого гидротермической обработке (ГТО) с увлажнением при атмосферном давлении и под вакуумом, отволаживанием и сушкой, и из зерна, не прошедшего ГТО), в процессе ее хранения. Продукцию хранили в тканевых мешках и в пластиковых пакетах, оснащенных застежкой *zip-lock*. Использованные полиэтиленовые пакеты изготовлены из пленки с низкими уровнями кислородопроницаемости и паропроницаемости, имеют механизм закрытия, обеспечивающий практически герметичное соединение, что защищает продукцию от воздействия окружающей среды. В связи с тем, что существенное влияние на сохранность продуктов питания оказывают условия хранения, для моделирования изменений качества за более короткий промежуток времени, чем фактический срок годности, были созданы условия для осуществления «ускоренного старения» ячменной муки. Для этого анализируемые образцы хранили при температуре 40±1 ºС и относительной влажности воздуха 65 % в защищенном от воздействия света месте. Установлено, что ячменная мука, выработанная из зерна, подвергнутого гидротермической обработке с увлажнением, отволаживанием и сушкой, обладает лучшей стойкостью при хранении, чем мука из зерна, не прошедшего ГТО; при этом способ увлажнения зерна под вакуумом дал несколько лучшие результаты по сохранности муки, чем способ ГТО с увлажнением зерна при атмосферном давлении. Упаковка продукции в полиэтиленовые пакеты с застежкой *zip-lock* позволила замедлить рост кислотности и кислотного числа жира всех видов ячменной муки более чем в 1,5 раза, что положительно повлияет на сроки ее безопасного хранения. Проведенные исследования показали, что применение гидротермической обработки зерна при производстве ячменной муки способствует значительному увеличению стойкости готовой продукции при хранении. Упаковка продукции в пластиковую тару обеспечивает лучшую сохранность ячменной муки.

Ячменная мука, гидротермическая обработка, влажность, кислотность, кислотное число жира, упаковка.

Введение

Ячмень – одна из наиболее широко распространенных зерновых культур, ценный источник питательных веществ для человека и животных. Неблагоприятные климатические факторы и условия выращивания оказывают на него сравнительно меньшее воздействие, чем на другие культуры. Это позволяло постепенно увеличивать мировое производство ячменя и в 2013 году выйти на уровень валового сбора в 143 миллиона тонн, согласно данным, представленным Международным советом по зерну [1]. Исторически человечество использовало ячмень в трех направлениях: в качестве корма скоту, для производства продуктов питания и для получения алкогольных напитков, причем соотношение данных направлений менялось с развитием цивилизации. Резкие изменения в структуре потребления ячменя произошли в начале двадцатого века, когда рис, пшеница и кукуруза получили большее распространение. Использование ячменя в пищевой промышленности сократилось, за исключением производства алкоголя, особенно пива [2].

Основными компонентами химического состава ячменя являются углеводы, представленные преимущественно крахмалом. Ячмень отличается высоким содержанием пищевых волокон, употребление в пищу которых способствует снижению уровня холестерина и гликемического индекса в организме человека, уменьшает вероятность возникновения рака толстой кишки. Данный злак – отличный источник витаминов группы В, в особенности тиамина, пиридоксина, пантотеновой кислоты, ниацина, а также биотина и фолиевой кислоты. Ячмень содержит важные для здорового питания липиды – токоферолы и токотриенолы, которые известны своими антиоксидантными свойствами [3, 4].

С учетом уникальной пищевой ценности данной культуры, а также большого потенциала использования ее в пищевой промышленности, следует внедрять новые технологии получения продуктов переработки зерна ячменя и расширять ассортимент изделий на основе этих продуктов. Нами разрабатывается технология производства муки из ячменя, отличительная особенность которой – использование интенсивной гидротермической обработки зерна [5]. Одним из этапов исследований явилось определение стойкости при хранении ячменной муки, полученной с использованием предлагаемой технологии. На сроки годности и динамику снижения качества пищевых продуктов значительное влияние оказывают температура и относительная влажность воздуха, состав продукта, его влажность и характеристика упаковки, ее кислородо- и влагопроницаемость [6]. В связи с тем, что сроки годности продуктов переработки зерна ячменя достаточно велики, в целях сокращения продолжительности эксперимента нами была использована методика «ускоренного старения» ячменной муки, в основу которой положено ускоренное изменение показателей качества продукта при повышенной температуре хранения [7]. Метод «ускоренного старения» был разработан для определения сроков годности ле-

карственных средств с целью сокращения времени эксперимента. Однако данный метод используют и при установлении сроков годности биологических препаратов и продуктов питания [7, 8].

Целью работы явилось определение стойкости при хранении ячменной муки, выработанной различными способами, в зависимости от вида упаковки.

Объект и методы исследования

В качестве сырья для получения муки использовали зерно ячменя сорта Задел селекции АНИИСХ урожая 2011 г. влажностью 12,1 %, натурой 769 г/л и зольностью 2,25 % на с.в.

Ячменную муку вырабатывали из зерна ячменя, подвергнутого ГТО с увлажнением, отволаживанием и сушкой, и из зерна, не прошедшего ГТО. В процессе ГТО ячмень увлажняли в лабораторной шнековой установке двумя способами: при атмосферном давлении и под вакуумом. После увлажнения зерно отволаживали и затем сушили в лабораторной сушилке в потоке нагретого воздуха. Зерно ячменя, не прошедшего ГТО, и зерно после ГТО шелушили на лабораторном шелушителе типа ЗШН. Полученный пенсак измельчали в молотковой мельнице Perten Laboratory Mill 3100. Муку выделяли при сортировании продуктов размола проходом через металлотканое сито № 045. На рис. 1 представлена принципиальная схема производства ячменной муки.

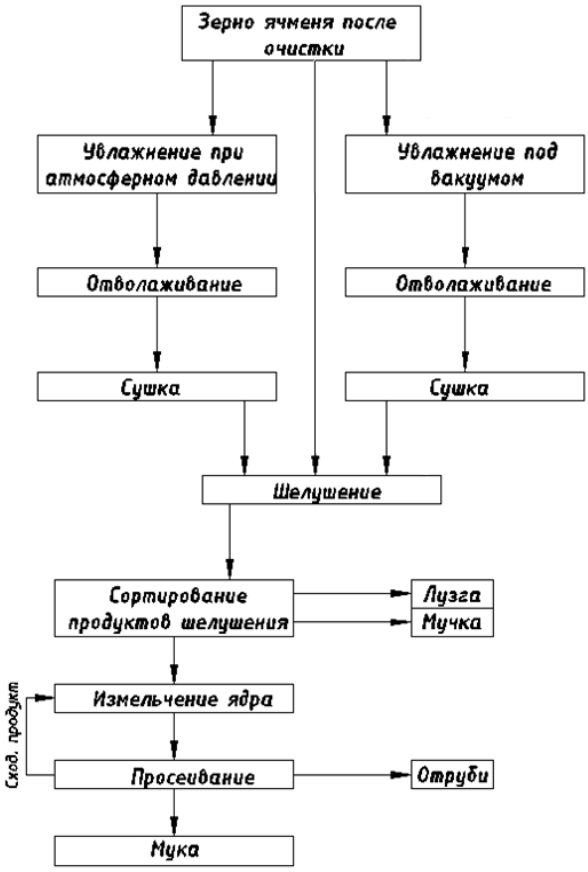

Рис. 1. Принципиальная схема производства ячменной муки

Полученные в соответствии с вышеизложенной технологией образцы ячменной муки были разделены на две части, первую из которых упаковали в тканевые (полотняные) мешки, а вторую – в пластиковые пакеты с застежкой *zip-lock*. Выбор упаковки в пластиковые пакеты был осуществлен в соответствии с требованиями ГОСТ 26791, допускающим к использованию в качестве тары пакеты из термосвариваемых материалов (пленка полиэтиленовая по ГОСТ 10354). Использованные нами полиэтиленовые пакеты изготовлены из пленки с низкими уровнями кислородопроницаемости (менее $5 \cdot 10^{-13}$ $м^2 \cdot Па^{-1} с^{-1}$) и паропроницаемости (0,5–5 $г/м^2 \cdot 24$ ч), имеют простой и удобный механизм закрытия, обеспечивающий практически герметичное соединение, что защищает помещенную внутрь продукцию от воздействия окружающей среды и механических повреждений. Замок, как и сам пакет, выполнен из полиэтилена, который позволяет осуществлять его многократные закрытия и открытия.

В связи с тем, что существенное влияние на сохранность пищевой продукции оказывают условия хранения, для моделирования изменений качества за более короткий промежуток времени, чем фактический срок годности, нами были созданы условия для осуществления «ускоренного старения» ячменной муки. Для этого анализируемые образцы хранили при температуре 40±1 ºС и относительной влажности воздуха 65 % в защищенном от воздействия света месте.

Качество ячменной муки в процессе хранения оценивали по уровню кислотного числа жира (КЧЖ) согласно ГОСТ 31700-2012, кислотности по водно-спиртовой вытяжке [9]. Кроме того, определяли влажность ячменной муки в соответствии с ГОСТ 9404-88.

Результаты и их обсуждение

Влажность всех образцов муки в тканевых мешках в процессе хранения возросла с 9,3 % для муки из зерна, не прошедшего ГТО, 10,8 % для муки из зерна после ГТО с увлажнением при атмосферном давлении и 10,3 % для муки из зерна, подвергнутого ГТО с увлажнением под вакуумом, до 11,2; 11,6 и 11,5 % соответственно. Абсолютная погрешность при определении влажности муки составила не более (±0,2) %. Равновесная влажность для всех образцов муки установилась через 100–110 суток. Из приведенных данных следует, что мука, выработанная из зерна ячменя, подвергавшегося гидротермической обработке с увлажнением, как под вакуумом, так и при атмосферном давлении, имеет несколько большую равновесную влажность, чем мука из зерна без ГТО.

Гидротермическая обработка, включающая тепловое воздействие на зерно, например, при сушке, приводит к уменьшению равновесной влажности продукции из крупяных культур, в ядре которых после шелушения сохраняется зародыш, и содержание жира практически не изменяется. Снижение гигроскопичности крупы и полученной из нее муки связывают в первую очередь с денатурацией под

воздействием тепла и влаги белков, являющихся одним из наиболее гидрофильных компонентов крупы и муки [10]. В исследуемой технологии ячменную муку производили из пенсака, полученного путем продолжительного истирания поверхностных слоев зерна в шелушильной машине. Применение ГТО приводит к повышению эффективности шелушения зерна, в результате чего более полно удаляются содержащие гидрофобные вещества зародыш и алейроновый слой. В вырабатываемой из пенсака ячменной муке соответственно возрастает содержание гидрофильных веществ. Сушка зерна ячменя при ГТО, как и сушка зерна других крупяных культур, приводит к некоторому снижению гидрофильности белков, однако в конечном итоге изменения в химическом составе ячменной муки, связанные с эффективным удалением поверхностных слоев на этапе шелушения зерна, превалируют над процессами, имеющими место под воздействием тепла и влаги, и равновесная влажность муки из зерна после ГТО не только не снижается, но даже немного возрастает.

Влажность образцов муки, хранившихся в пластиковых пакетах, изменилась в меньшей степени: в муке из зерна, не прошедшего ГТО, установилась влажность 10,2 %, в муке из зерна после ГТО с увлажнением при атмосферном давлении – 10,8 % (не изменилась), в муке из зерна, подвергнутого ГТО с увлажнением под вакуумом – 10,7 %. Абсолютная погрешность при определении влажности муки, как и в предыдущей серии опытов, составила не более (±0,2) %. Полученные результаты можно связать с тем, что продукт находился в достаточно плотно закрытой упаковке, и практически отсутствовало его взаимодействие с внешней средой. Низкие уровни влажности способствуют более длительной сохранности ячменной муки, замедляя развитие микроорганизмов. При этом фермент липаза сохраняет свою активность, способствуя медленному гидролизу жиров и накоплению свободных жирных кислот, что в конечном итоге приводит к прогорканию продукции [11].

Процессы гидролитического распада, развивающиеся в зерне и муке при хранении, приводят к увеличению содержания в них кислых фосфатов, органических и свободных жирных кислот, что повышает кислотность хранящихся продуктов. Уровень кислотности отражает степень свежести зерна и продуктов его переработки.

Исследование влияния продолжительности хранения ячменной муки на кислотность по водно-спиртовой вытяжке продемонстрировало, что данный показатель у всех образцов муки, хранившихся в тканевых мешках (рис. 2) возрастает с большей интенсивностью, чем у муки, упакованной в пластиковые пакеты (рис. 3). Это объясняется тем, что в пластиковые пакеты извне практически не поступает кислород, способствующий окислительным процессам. Вместе с тем, кислотность муки в пластиковых пакетах, хотя и в меньшей степени, но возрастает, так как при упаковке воздух из пакетов не удаляли.

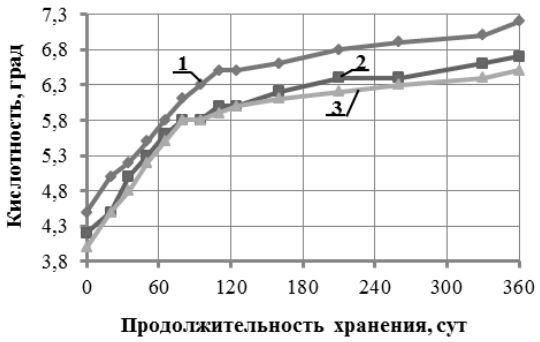

Рис. 2. Изменение кислотности ячменной муки по водно-спиртовой вытяжке при хранении в тканевых мешках: 1 – мука из зерна, не прошедшего ГТО; 2 – мука из зерна с ГТО (увлажнение при атмосферном давлении); 3 – мука из зерна с ГТО (увлажнение под вакуумом)

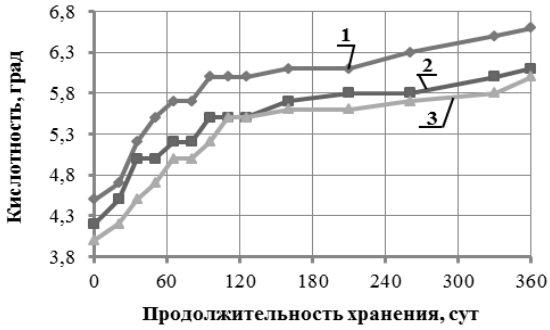

Рис. 3. Изменение кислотности ячменной муки по водно-спиртовой вытяжке при хранении в пластиковых пакетах: 1 – мука из зерна, не прошедшего ГТО; 2 – мука из зерна с ГТО (увлажнение при атмосферном давлении); 3 – мука из зерна с ГТО (увлажнение под вакуумом)

В ячменной муке, полученной из зерна, не прошедшего ГТО, кислотность достаточно быстро увеличивается в течение первых 90–120 суток хранения при обоих способах упаковки, далее ее рост несколько замедляется. Кислотность остальных образцов муки возрастает с такой же интенсивностью при хранении в тканевых мешках и с меньшей интенсивностью при хранении в пластиковых пакетах. При этом кислотность муки, полученной с использованием ГТО зерна, независимо от способа его увлажнения, остается на более низком уровне по сравнению с мукой из зерна, не прошедшего ГТО, при всех исследованных сроках хранения.

Ячменная мука из зерна, не прошедшего ГТО, отличается наибольшими уровнями кислотности на протяжении всего срока хранения вследствие наличия в ее составе частиц зародыша и алейронового слоя, которые богаты липидами и ферментами. Использование ГТО зерна позволяет значительно повысить эффективность его шелушения, что приводит к более полному удалению периферийных слоев и, как следствие, к снижению уровня кислотности и в исходных, и в длительно хранившихся образцах муки, выработанной из данного зерна. Кроме того, воздействие тепла и влаги при ГТО зерна приводит к частичной денатурации белка и снижению активности ферментов, что также способствует уменьшению кислотности муки.

Кислотное число жира – еще один показатель степени свежести зерна и продуктов его переработки, его повышение в конечном итоге приводит к развитию процесса прогоркания и порче продукции.

Сравнивая величины КЧЖ ячменной муки, хранившейся в тканевых мешках (рис. 4), с уровнями кислотного числа жира ячменной муки, размещенной на хранение в пластиковые пакеты (рис. 5), можно сделать вывод о том, что биохимические процессы, связанные с изменением липидного комплекса и выражающиеся в прогоркании продукта, протекают в данных образцах с большей интенсивностью. Кислотное число жира всех образцов ячменной муки интенсивно возрастает в течение первых 120 суток хранения.

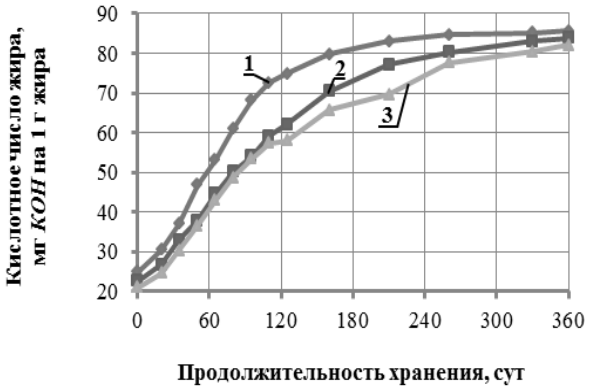

Рис. 4. Изменение кислотного числа жира ячменной муки при хранении в тканевых мешках: 1 – мука из зерна, не прошедшего ГТО; 2 – мука из зерна с ГТО (увлажнение при атмосферном давлении); 3 – мука из зерна с ГТО (увлажнение под вакуумом)

При этом в муке, упакованной в пластиковые пакеты, КЧЖ увеличивается в меньшей степени. Как было отмечено выше, данные образцы муки хранились в плотно закрытых пакетах, следовательно, в реакции окисления участвовал только воздух, находящийся в упаковке. Внешнее воздействие было незначительным.

Из представленных графиков видно, что с увеличением продолжительности хранения наиболее интенсивно возрастает КЧЖ ячменной муки, полученной из зерна, не прошедшего ГТО. КЧЖ муки, выработанной из зерна, подвергнутого ГТО с увлажнением обоими способами, в течение первых 120 суток изменяется в одинаковой степени. В процессе дальнейшего хранения КЧЖ муки из зерна, прошедшего ГТО с увлажнением при атмосферном давлении, возрастает более интенсивно, чем КЧЖ муки из зерна после ГТО с увлажнением под вакуумом. При достижении данным показателем величины более 80 мг *KOH* на 1 г жира дальнейший его рост замедляется, что, вероятно, свидетельствует о затухании процессов гидролитического распада.

Рис. 5. Изменение кислотного числа жира ячменной муки при хранении в пластиковых пакетах: 1 – мука из зерна, не прошедшего ГТО; 2 – мука из зерна с ГТО (увлажнение при атмосферном давлении); 3 – мука из зерна с ГТО (увлажнение под вакуумом)

Выводы

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

– ячменная мука, выработанная из зерна, подвергнутого гидротермической обработке с увлажнением, отволаживанием и сушкой, обладает лучшей стойкостью при хранении, чем мука из зерна, не прошедшего ГТО; при этом способ увлажнения зерна под вакуумом дал несколько лучшие результаты по сохранности муки, чем способ ГТО с увлажнением зерна при атмосферном давлении;

– упаковка продукции в полиэтиленовые пакеты с застежкой zip-lock позволила замедлить рост кислотности и кислотного числа жира всех видов ячменной муки более чем в 1,5 раза, что, несомненно, положительно повлияет на сроки ее безопасного хранения;

Таким образом, проведенные исследования показали, что применение гидротермической обработки зерна при производстве ячменной муки способствует значительному увеличению стойкости готовой продукции при хранении. При этом упаковка продукции в пластиковую тару обеспечивает лучшую сохранность ячменной муки.

Список литературы

1. World market. Supply & demand. Barley [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.igc.int/en/grainsupdate/sd.aspx?crop=Barley.

2. Izydorczyk, M.S. Barley. Milling and Processing / M.S. Izydorczyk/ Wrigley C., Corke H., Walker C. E. Encyclopedia of Grain Science. – N.Y.: Elsevier Ltd, 2004. – P.57-68.

3. Казаков, Е.Д. Зерноведение с основами растениеводства / Е.Д. Казаков. – М.: Колос, 1983. – 352 с.

4. Wang, L. Enrichment of tocopherols, tocotrienols and oil in barley fractions by milling and pearling / L. Wang, Q. Xue, R. K. Newman and C. W. Newman // Cereal Chemistry. – 1993. – V. 70. – № 5. – P. 499-501.

5 Анисимова, Л.В. Исследование влияния времени отволаживания зерна ячменя при гидротермической обработке на эффективность его шелушения / Л.В. Анисимова, И.К. Нестеренко, Е.В. Водопьянова, А.А. Выборнов // Ползуновский альманах. – 2011. – № 4/2. – С. 246–248.

6. Актериан, С. Способ прогнозирования сроков годности пищевых продуктов с использованием качественных характеристик и факторов окружающей среды / С. Актериан // Известия вузов. Пищевая технология. – 1997. – № 6. – С. 66–67.

7. Волков, М.Ю. Применение метода ускоренного старения для установления сроков годности биологических препаратов ветеринарного назначения / М.Ю. Волков, А.А. Заболоцкая // Ветеринарная медицина. – 2011. – № 1. – С. 7–10.

8. Маслова, А.С. Исследование стойкости при хранении напитков на зерновой основе для детского питания / А.С. Маслова, Л.Е. Мелешкина // Хлебопродукты. – 2012. – № 10. – С. 54–55.

9. Мясникова, А.В. Практикум по товароведению зерна и продуктов его переработки / А.В. Мясникова, Ю.С. Ралль – М.: Колос, 1981. – 320 с.

10. Анисимова, Л.В. Влияние гидротермической обработки на стойкость гречневой крупы при хранении / Л.В. Анисимова, Л.А. Козубаева // Известия вузов. Пищевая технология. – 1999. – № 1. – С. 74–75.

11. Приезжева, Л.Г. Методика определения норм свежести и годности зернопродуктов по величине кислотного числа жира / Л.Г. Приезжева // Хлебопродукты. – 2012. – № 2. – С. 50–53.

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»,
656038 Россия, г. Барнаул, пр-т Ленина 46.
Тел. (3852) 29-07-55,
e-mail: anislv@mail.ru

SUMMARY

A.A. Vybornov, L.V. Anisimova

INFLUENCE OF GRAIN PROCESSING METHOD AND TYPE OF PACKAGING ON STORAGE STABILITY OF BARLEY FLOUR

Results of researches on changes in moisture content, acidity and acid number of fat of barley flour produced with various methods (from the grain subjected to the hydrothermal treatment (HTT) with moistening at atmospheric pressure and under vacuum, tempering and drying, and from the grain which wasn't subjected to the HTT) during its storage are given. The flour was stored in fabric bags and in plastic zip-locked packages. The latter are made from a film with low levels of oxygen and vapor permeability; they have a closing mechanism that provides practically sealed connection that protects products from environmental influence. Because storage conditions have a significant influence on foods safety to model the quality changes caused in a period shorter than the actual storage period, the conditions of «accelerated aging» of barley flour were created. For this purpose the tested samples were stored at 40 ± 1 ºC and a relative air humidity of 65 % in a dark place. It was established that barley flour produced from the grain subjected to the HTT with moistening, tempering and drying has better storage stability than flour from the grain which wasn't subjected to the HTT; wherein the method of grain moistening under vacuum gave better results of flour preservation than the method of the HTT with moistening at atmospheric pressure. Product packaging in plastic zip-locked packets enabled to slow down the growth of acidity and acid number of fat of all kinds of barley flour by more than 1.5 times that positively affected the period of its safe storage. The research has shown that the application of HTT in barley flour production increases the finished product storage stability. Product packaging in plastic packets provides better preservation of barley flour.

Barley flour, hydrothermal treatment, moisture content, acidity, acid number of fat, packaging.

REFERENCES

1. *World market. Supply & demand. Barley*. Available at: http://www.igc.int/en/grainsupdate/sd.aspx?crop=Barley. (Accessed 28 January 2014).

2. Izydorczyk M.S. Barley. Milling and Processing. *Encyclopedia of Grain Science*, New York, Elsevier Ltd, 2004, pp.57-68.

3. Kazakov E.D. *Zernovedenie s osnovami rastenievodstva* [Zernovedenie with the basics of plant growing]. Moscow, Kolos, 1983. 352 p.

4. Wang L., Xue Q., Newman R.K., Newman C.W. Enrichment of tocopherols, tocotrienols and oil in barley fractions by milling and pearling. *Cereal Chemistry*, 1993, V. 70, no. 5, pp. 499-501.

5. Anisimova L.V., Nesterenko I.K., Vodop'janova E.V., Vybornov A.A. Issledovanie vlijanija vremeni otvolazhivanija zerna jachmenja pri gidrotermicheskoj obrabotke na jeffektivnost' ego shelushenija. *Polzunovskij al'manah*, 2011, no. 4/2, pp. 246-248.

6. Akterian S. Sposob prognozirovanija srokov godnosti pishhevyh produktov s ispol'zovaniem kachestvennyh harakteristik i faktorov okruzhajushhej sredy. *Izvestija vuzov. Pishhevaja tehnologija*, 1997, no. 6, pp. 66-67.

7. Volkov M. Ju., Zabolockaja A. A. Primenenie metoda uskorennogo starenija dlja ustanovlenija srokov godnosti biologicheskih preparatov veterinarnogo naznachenija [The study the effect of time otvolazhivaniya barley grain at to hydrothermal treatment on the efficiency of its flaking]. *Veterinarnaja medicina*, 2011, no. 1, pp. 7-10.

8. Maslova A.S., Meleshkina L.E. Issledovanie stojkosti pri hranenii napitkov na zernovoj osnove dlja detskogo pitanija [Firmness research at storage of drinks on a grain basis for baby food]. *Bread products*, 2012, no. 10, pp. 54-55.

9. Mjasnikova A.V. *Praktikum po tovarovedeniju zerna i produktov ego pererabotki*. Moscow, Kolos, 1981. 320 p.

10. Anisimova L.V., Kozubaeva L.A. Vlijanie gidrotermicheskoj obrabotki na stojkost' grechnevoj krupy pri hranenii [Effect of hydrothermal treatment on the stability of buckwheat groats when stored]. *Izvestija vuzov. Pishhevaja tehnologija*, 1999, no. 1, pp. 74-75.

11. Priezzheva L.G. Metodika opredelenija norm svezhesti i godnosti zernoproduktov po velichine kislotnogo chisla zhira [Method for determining standards of freshness and validity of cereals for acid number of fat]. *Bread products*, 2012, no. 2, pp. 50–53.

I.I. Polzunov Altai State Technical University,
46, Lenin Ave., Barnaul, 656038, Russia.
Phone:(3852) 29-07-55,
e-mail: anislv@mail.ru

Дата поступления: 21.04.2014