

СТОЙКОСТЬ ПРИ ХРАНЕНИИ ОВСЯНОЙ МУКИ, ПОЛУЧЕННОЙ РАЗНЫМИ СПОСОБАМИ

Л.В. Анисимова, Солтан Осама Исмаэил Ахмед

Исследована стойкость при хранении овсяной муки, полученной двумя способами: из зерна, не подвергавшегося гидротермической обработке, и из зерна, прошедшего гидротермическую обработку с увлажнением в вакуумной установке, отволаживанием и сушкой. Опыты проводили на зерне овса, выращенном в Алтайском крае. Овсяную муку хранили при температуре 20 °С и 40 °С («ускоренное старение») и относительной влажности воздуха 65 %. Определяли следующие показатели качества: влажность муки, кислотность муки по болтушке и по водно-спиртовой вытяжке, кислотное число жира, содержание микроорганизмов.

Установлено, что гидротермическая обработка существенно повысила стойкость овсяной муки при хранении, что объясняется частичной инактивацией ферментов, катализирующих окислительные процессы в муке, под воздействием тепла и влаги. Кроме того, при гидротермической обработке в зерне и в муке снижается содержание микроорганизмов

Определен коэффициент соответствия для приведения результатов, полученных методом «ускоренного старения», к стандартным условиям хранения при температуре 20 °С. Величина коэффициента равна трем.

Рекомендованы сроки хранения овсяной муки: 150 суток – для муки, выработанной с использованием исследуемого способа ГТО, 50 суток – для муки из зерна, не подвергавшегося ГТО.

Ключевые слова: овес, овсяная мука, гидротермическая обработка, вакуумная установка, стойкость при хранении, влажность, кислотность по болтушке, кислотность по водно-спиртовой вытяжке, кислотное число жира, содержание микроорганизмов.

Овес – злаковая культура, которая выращивается по всему миру. Продукты переработки овса являются не только источниками основных пищевых веществ, таких как крахмал, белок, жиры, витамины, минеральные вещества и др., но и играют важную роль в профилактике хронических заболеваний – сахарного диабета, ишемической болезни сердца, рака. Полезные для здоровья свойства овса обусловлены наличием целого ряда биологически активных соединений, присутствующих в различных частях зерна. Одним из таких соединений являются растворимые волокна – бета-глюканы, содержащиеся в субалейроновом слое и клеточных стенках эндосперма [1].

Для увеличения потребления населением продуктов из овса следует расширять их ассортимент [2, 3, 4]. Однако в ряде случаев использование овса ограничено из-за его склонности к прогорканию, вследствие чего продукты переработки овса приобретают горький привкус и прогорклый запах [5]. Особенно интенсивно процесс прогоркания развивается в продукции из необработанного «сырого» овса. Профилактика развития данного процесса, как правило, достигается че-

рез применение тепла в сочетании с повышенной влажностью, необходимых для инактивации эндогенных липолитических ферментов овса [6, 7].

При хранении продуктов переработки зерна в них протекают различные химические процессы. При неблагоприятных условиях хранения эти процессы развиваются с большой скоростью, что приводит к быстрому ухудшению качественного состояния продукции. Одной из основных причин понижения качества овсяных продуктов является накопление свободных жирных кислот, а при дальнейшем их окислении – перекисей и гидроперекисей, что и приводит к развитию процесса прогоркания.

Мука из злаковых культур, как правило, рассматривается в качестве микробиологически безопасного продукта из-за низкой влажности [8]. Однако микробиологический контроль качества муки при хранении необходим, так как в ней могут развиваться микроорганизмы, приводящие к порче продукции.

Целью данного исследования было изучить влияние длительности хранения овсяной муки, полученной из зерна, не подвергавшегося гидротермической обработке

СТОЙКОСТЬ ПРИ ХРАНЕНИИ ОВСЯНОЙ МУКИ, ПОЛУЧЕННОЙ РАЗНЫМИ СПОСОБАМИ

(ГТО), и из зерна, прошедшего ГТО, на ее качество.

В исследованиях использовали зерно овса сорта Айвори урожая 2016 г., выращенное в Советском районе Алтайского края. Овсяную муку вырабатывали путем измельчения нешлифованного ядра овса в молотковой мельнице *Perten Laboratory Mill 3100 (Finland)*, оснащенной металлотканым ситом 0,8 мм. При этом ядро получали двумя способами: из зерна, не подвергнувшегося ГТО, и из зерна, прошедшего ГТО с увлажнением в вакуумной установке, отволаживанием и сушкой. Шелушили зерно в лабораторном центробежном шелушителе.

Схема получения овсяной муки, направляемой на хранение, приведена на рисунке 1. Исходное качество овсяной муки – в таблице 1.



Рисунок 1 – Схема получения овсяной муки, направляемой на хранение

Образцы овсяной муки хранили в плотных мешочках при температуре $(20 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ и $(40 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ («ускоренное старение») и относительной влажности воздуха $(65 \pm 0,1)\%$. В процессе хранения муки изучали изменение влажности, кислотности по болтушке и водно-спиртовой вытяжке, кислотного числа жира, содержания микроорганизмов. Все показатели качества определяли в соответствии с действующими стандартами и общепринятыми методиками.

Изучение изменения влажности муки при хранении показало, что равновесная влажность установилась при температуре 20°C через 145 суток в обоих образцах муки. При этом влажность овсяной муки из зерна, не подвергнувшегося ГТО, составила $13,1\%$, муки из зерна после ГТО – $12,4\%$. При температуре 40°C равновесная влажность муки из зерна, не подвергнувшегося ГТО, установилась на уровне $10,7\%$ через 90 суток, муки из зерна после ГТО – на уровне $10,2\%$ через 60 суток хранения.

Нужно отметить, что абсолютная ошибка при определении влажности муки не превышала $\pm 0,2\%$.

Таблица 1 – Исходное качество овсяной муки

Наименование показателя	Вид муки	
	из зерна, не подвергнувшегося ГТО	из зерна, прошедшего ГТО
Массовая доля влаги, %	9,0	11,0
Кислотность по болтушке, градусы кислотности	3,7	3,1
Кислотность по водно-спиртовой вытяжке, градусы кислотности	3,0	2,0
Кислотное число жира, мг КОН на 1 г жира	15,9	13,7

Из представленных результатов видно, что равновесная влажность овсяной муки, полученной из прошедшего ГТО зерна, при обоих значениях температуры хранения ниже равновесной влажности муки из необработанного зерна. Понижение гигроскопичности овсяной муки из зерна после ГТО, очевидно, можно объяснить частичной тепловой денатурацией белка, что влечет за собой снижение его гидрофильности.

С увеличением температуры хранения равновесная влажность овсяной муки снижается, что согласуется с многочисленными литературными данными [9].

В процессе хранения овсяной муки возрастает ее кислотность как по болтушке, так и по водно-спиртовой вытяжке (рисунки 2, 3).

Рост титруемой кислотности объясняется накоплением кислореагирующих веществ (органических кислот, кислых фосфатов, свободных жирных кислот и др.) при гидролизе сложных веществ зерна и муки. При этом, если при определении кислотности по болтушке оттитровываются все кислореагирующие вещества, в том числе нерастворимые в воде, то при определении кислотности по

водно-спиртовой вытяжке оттитровываются только водо- и спирторастворимые кислореагирующие вещества. Поэтому кислотность по

водно-спиртовой вытяжке несколько ниже или равна кислотности по болтушке.

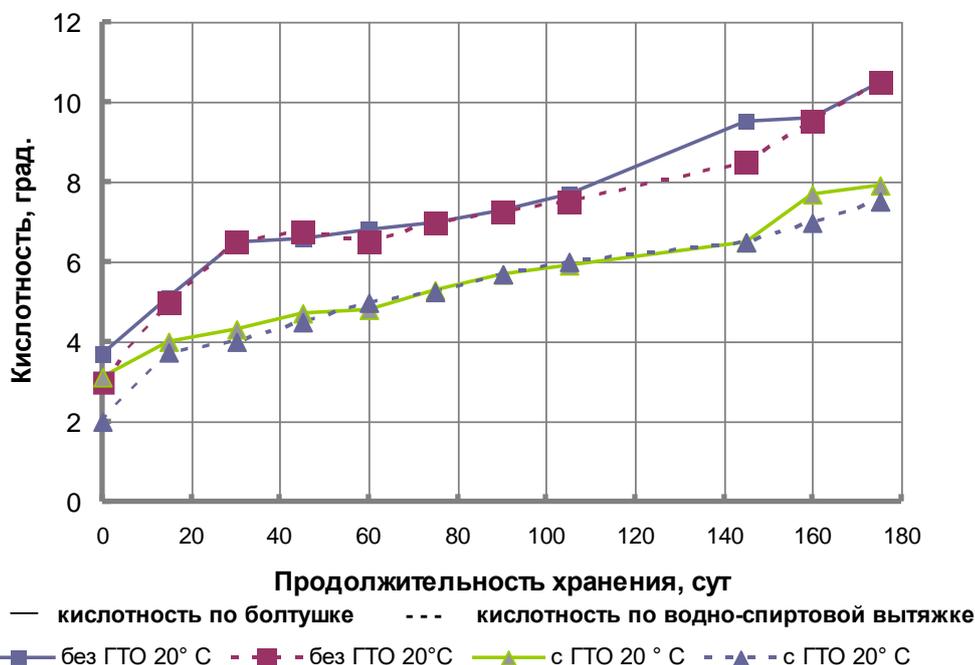


Рисунок 2 – Изменение кислотности овсяной муки по болтушке и водно-спиртовой вытяжке при хранении (температура 20 °С)

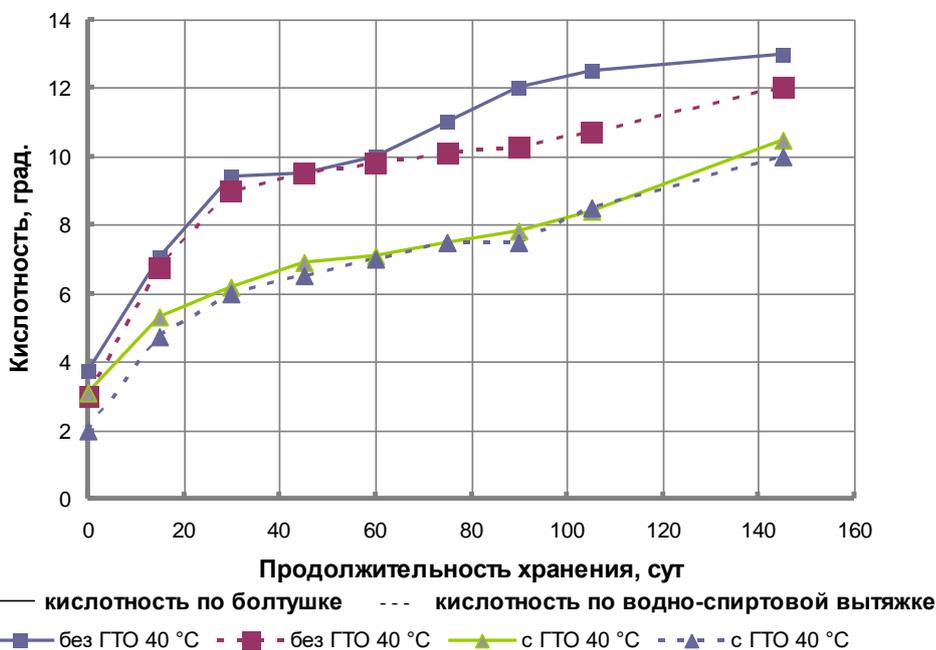


Рисунок 3 – Изменение кислотности овсяной муки по болтушке и водно-спиртовой вытяжке при хранении (температура 40 °С)

Из графиков видно, что при обоих значениях температуры хранения титруемая кислотность овсяной муки, полученной из прошедшего ГТО зерна, возрастает с мень-

шей скоростью и достигает уровня в 7 градусов (ГОСТ 31645-2012 «Мука для продуктов детского питания. Технические условия») при большей продолжительности хранения. Так,

СТОЙКОСТЬ ПРИ ХРАНЕНИИ ОВСЯНОЙ МУКИ, ПОЛУЧЕННОЙ РАЗНЫМИ СПОСОБАМИ

при температуре 20 °С кислотность по болтушке муки из зерна после ГТО выходит на уровень 7 градусов через 150 суток, при температуре 40 °С – через 50-60 суток. Кислотность по болтушке овсяной муки из зерна, не подвергавшегося ГТО, достигает того же уровня через 50 суток при температуре 20 °С и через 15 суток при температуре 40 °С.

Заметное повышение стойкости при хранении муки из зерна после ГТО объясняется частичной инактивацией ферментов, катализирующих окислительные процессы в муке при хранении. Кроме того, при ГТО в зерне и в муке снижается содержание микроорганизмов, так же способствующих росту кислотности муки.

Пользуясь данными по изменению кислотности муки при хранении, можно рассчитать коэффициент соответствия для «ускоренного старения» овсяной муки. Этот коэффициент необходим для пересчета результатов, полученных при использовании методики «ускоренного старения» продукта, в сроки хранения при температуре 20 °С. Для исследованных режимов хранения муки величина

коэффициента по [10] должна быть равной 4. Однако экспериментальная проверка показала, что при хранении овсяной муки коэффициент соответствия равен 3. Снижение коэффициента, в частности, можно объяснить воздействием микроорганизмов, попадающих в муку при ее производстве и ускоряющих развитие окислительных процессов.

Экспериментальная величина коэффициента соответствия для овсяной муки совпадает с коэффициентом, полученным при исследовании стойкости при хранении ячменной муки [11].

К одним из важнейших показателей, характеризующих свежесть муки, относится кислотное число жира (КЧЖ). Чем выше величина КЧЖ, тем больше в продукте накопилось свободных жирных кислот, образующихся при ферментативном гидролизе жиров, и с тем большей вероятностью разовьется процесс прогоркания [12, 13].

На рисунках 4 и 5 приведены графики зависимости КЧЖ овсяной муки от продолжительности ее хранения.

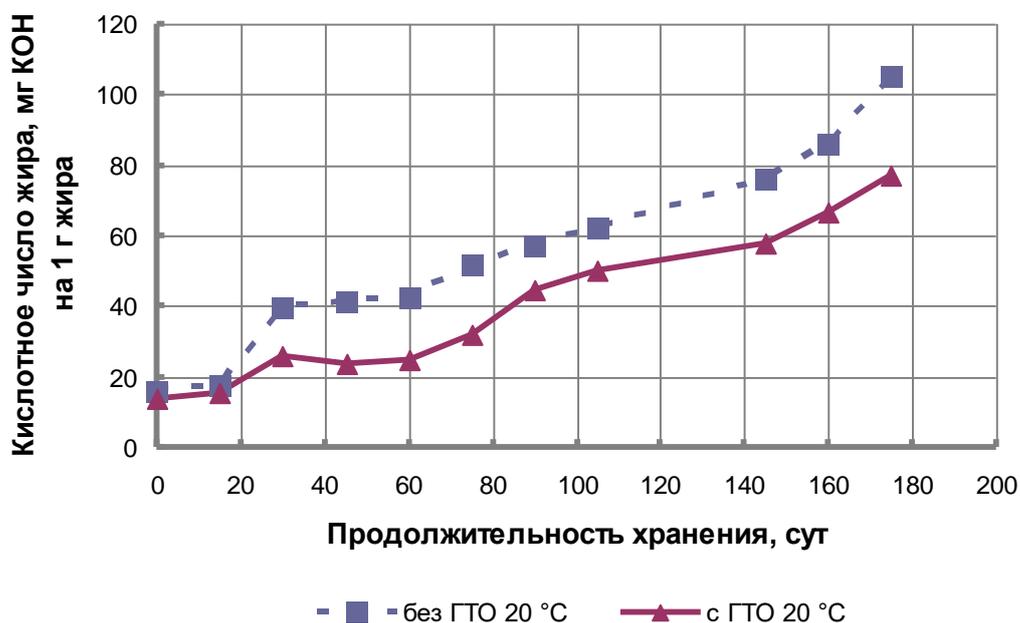


Рисунок 4 – Изменение кислотного числа жира овсяной муки при хранении (температура 20 °С)

Величины кислотного числа жира закладываемой на хранение свежесмолотой овсяной муки из зерна, не подвергавшегося ГТО, и из зерна, прошедшего ГТО, отличаются незначительно. Однако через 30 суток хранения КЧЖ муки из зерна, не прошедшего ГТО, су-

щественно превышает КЧЖ муки из зерна с ГТО при обоих уровнях температуры хранения.

Повышение кислотного числа жира в процессе хранения муки связано с накоплением свободных жирных кислот, в основном,

ненасыщенных – линолевой, линоленовой и др. [14]. Полиненасыщенные жирные кислоты окисляются быстрее, чем насыщенные. Поэтому в хранящейся муке создаются условия для дальнейшего развития процесса прогоркания, заключающегося в накоплении перекисей, гидроперекисей, альдегидов, кетонов и других продуктов ферментативного и неферментативного гидролиза жирных кислот.

Гидротермическая обработка зерна снижает активность липолитических ферментов,

участвующих в гидролизе жиров. Разница в величине КЧЖ овсяной муки из зерна, прошедшего и не прошедшего ГТО, особенно заметна при хранении муки при температуре 40°C. Например, через 3 месяца величина КЧЖ муки из зерна, не подвергавшегося ГТО, составила 99,5 мг КОН на 1 г жира, а муки из зерна после ГТО – 69,1 мг КОН на 1 г жира.

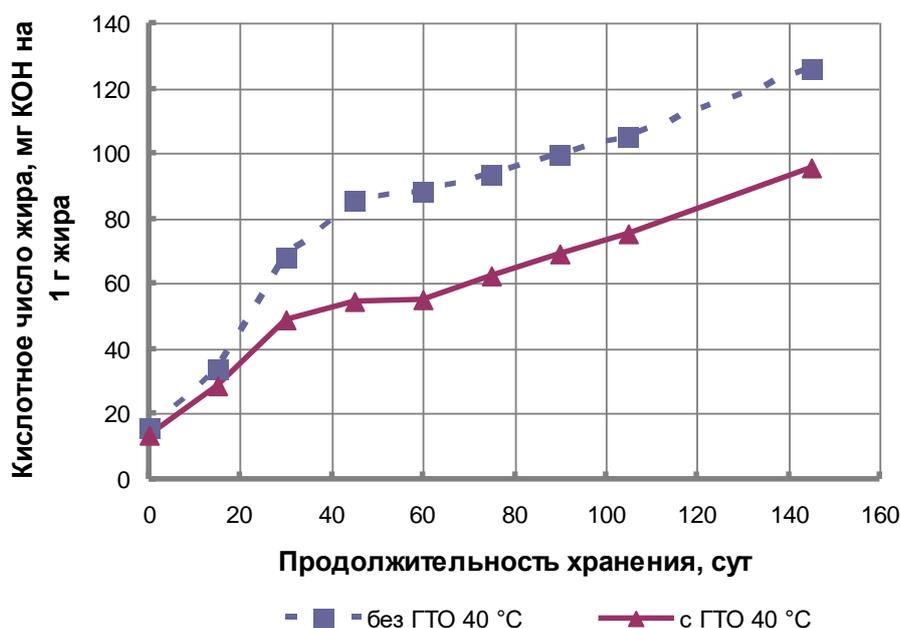


Рисунок 5 – Изменение кислотного числа жира овсяной муки при хранении (температура 40 °C)

При найденной по допустимому уровню кислотности по болтушке продолжительности хранения овсяной муки при температуре 20°C величина КЧЖ составила: для муки из зерна, прошедшего ГТО, 60 мг КОН на 1 г жира (продолжительность хранения 150 суток); для муки из зерна, не подвергавшегося ГТО, 40 мг КОН на 1 г жира (продолжительность хранения 50 суток). С учетом полученных результатов при определении рекомендуемого срока хранения овсяной муки следует опираться на величину кислотности по болтушке.

При изучении стойкости муки при хранении необходим микробиологический контроль ее качества.

Согласно результатам проведенных исследований (рисунок 6) содержание микроорганизмов в овсяной муке, как в свежесмолотой, так и в процессе хранения, зависит от способа ее получения. Микробиологическая обсемененность свежесмолотой муки, выработанной из зерна, не подвергавшегося ГТО,

более чем в 7 раз выше обсемененности овсяной муки из зерна, прошедшего ГТО.

В процессе хранения овсяной муки из зерна, не подвергавшегося ГТО, при температуре 20 °C содержание бактерий в течение 60 суток возрастает, а при большей продолжительности хранения снижается. Возможно, при сроке хранения 90 суток и более на микроорганизмы, населяющие муку, угнетающе действует повышенная кислотность среды [15]. Так, через 90 суток хранения кислотность данного вида муки составляет 7,3 градуса, а через 175 суток – 10,5 градусов.

При хранении муки из зерна, прошедшего ГТО, при температуре 20 °C содержание бактерий в течение 60 суток практически не изменяется, а при большем сроке хранения снижается.

При температуре 40 °C отмечено понижение содержания бактерий в процессе хранения для обоих видов муки.

СТОЙКОСТЬ ПРИ ХРАНЕНИИ ОВСЯНОЙ МУКИ, ПОЛУЧЕННОЙ РАЗНЫМИ СПОСОБАМИ

Плесени в овсяные муки при закладке на хранение и в процессе хранения обнаружены не были.

В целом, по микробиологической обсемененности исследуемая овсяная мука соот-

ветствует требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

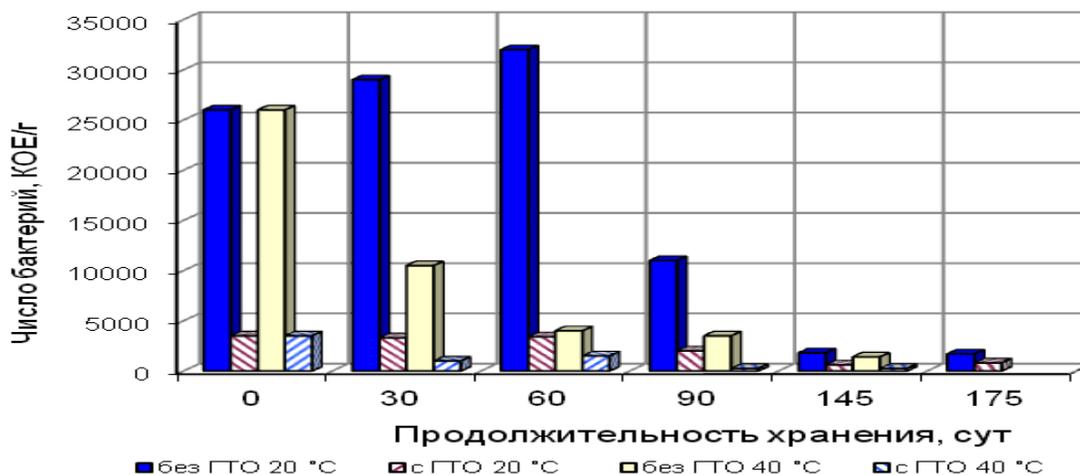


Рисунок 6 – Изменение содержания микроорганизмов в овсяной муке при хранении

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1) гидротермическая обработка, включающая операции увлажнения зерна в вакуумной установке, отволаживание и сушку, существенно повысила стойкость овсяной муки при хранении;

2) метод «ускоренного старения» позволяет в 3 раза сократить время определения сроков хранения овсяной муки (коэффициент соответствия для приведения результатов, полученных методом «ускоренного старения, к стандартным условиям хранения при температуре 20 °С равен трем);

3) рекомендуемые сроки хранения овсяной муки составили: 150 суток – для муки, выработанной с использованием исследуемого способа ГТО, 50 суток – для муки из зерна, не подвергнувшегося ГТО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Braaten, J.T. Oat B-glucan reduces blood cholesterol concentration in hypercholesterolemia subjects / J.T. Braaten, P.D. Wood, F.W. Scott, M.S. Wolynetz, M.K. Lowe, P. Bradley-White, M.W. Collins // *Eur. J. Clin. Nutr.* – 1994. – 48. – P. 465-474.

2 Анисимова, Л.В. Реологические свойства теста из смеси пшеничной и цельнозерновой овсяной муки / Л.В. Анисимова, Солтан Осам Исмаил Ахмед // *Ползуновский вестник.* – 2017. – № 3. – С. 9-13.

3 Гунькин, В.А. Получение хлопьев из шелушёного зерна овса / В.А. Гунькин, Г.М. Сусянок // *Хлебопродукты.* – 2016. – № 9. – С. 62-63.

4 Никифорова, Т.А. Комплексное использование вторичного сырья крупяных производств / Т.А. Никифорова, И.А. Хон // *Хлебопродукты.* – 2014. – № 5. – С. 50-51.

5 Heiniö, R.-L. Differences Between Sensory Profiles and Development of Rancidity During Long-Term Storage of Native and Processed Oat / R.-L. Heiniö, P. Lehtinen, K.-M. Oksman-Caldentey, K. Poutanen // *Cereal Chemistry.* – 2002. – 79, No. 3. – P. 367-375.

6 Lehtinen, P. Effect of heat treatment on lipid stability in processed oats / P. Lehtinen, K. Kiiliainen, I. Lehtomaki, S. Laakso, // *Journal of Cereal Science.* – 2003. – 37(2). – P. 215-221.

7 Dagmara, H. Storage stability of oat groats processed commercially and with superheated steam / H. Dagmara, C. Stefan, A. Susan, H. Kelly // *Food Science and Technology.* – 2011. – 44. – P. 261-268.

8 International Commission on Microbiological Specifications of Foods (ICMSF). *Microorganisms in Foods 6: Microbial Ecology of Food Commodities (Microorganisms in Foods).* – Москва, 2005. – 736 с.

9 Егоров, Г.А. Управление технологическими свойствами зерна / Г.А. Егоров. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2000. – 348 с.

10 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.

11 Анисимова, Л.В. Стойкость при хранении ячменной муки, полученной разными способами / Л.В. Анисимова, А.А. Выборнов // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология.* – 2014. – № 2-3. – С. 41-44.

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

13 Ekstrand, B. Lipase activity and development of rancidity in oats and oat products related to heat treatment during processing / B. Ekstrand, I. Gangby, G. Akesson, V. Stölmann, H. Lingnert, S. Dahl // Journal of Cereal Science. – 1993. – 17. – P. 247-254.

14 Rehman, T. Effect of nutritional composition on shelf life of cereals - legumes blended flours during storage / T. Rehman, M. Sharif, M. Majeed, M.U. Khan, M.A. Shariati, V. Hristova // Journal of microbiology, biotechnology and food sciences. – 2017. – 6 (issue 4). – P. 1112-1116.

15 Berghofer L.K. Microbiology of wheat and flour milling in Australia / L.K. Berghofer, A.D. Hocking, D. Miskelly, E. Jansson // Int. J. Food Microbiology. – 2003. – 85. – P. 137-149.

Анисимова Людмила Витальевна, к.т.н., доцент, профессор кафедры ТХПЗ ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8 (3852) 29-07-55.

Солтан Осам Исмаил Ахмед, Minia University, Эль-Минья, Египет, аспирант кафедры ТХПЗ ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8 (3852) 29-07-55, e-mail: [o_abosoltan@yahoo.com](mailto:abosoltan@yahoo.com).