

Изучение адсорбционных свойств гречневой муки методами Де-Нуи и тензиметрическим для прогнозирования ее технологических свойств

Алексей А. Ливинский¹ send2alexey@mail.ru
Маргарита Э. Сайтова² rita.s@list.ru
Светлана А. Ливинская² livinskaya@mail.ru

¹ ТД «Нефтьмагистраль», Волгоградский пр-т, 26/1, Москва, 109316, Россия

² Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское ш., 11, Москва, 125080, Россия

Аннотация. Научное и производственное сообщество специалистов занимается разработкой косвенных методов прогнозирования технологических свойств муки, которые сократили бы экономические затраты в производственных условиях. Представлены результаты сравнения коллоидных свойств 4 образцов разных производителей гречневой муки из пропаренной крупы и 1 – из зеленой. В качестве методов прогнозирования технологических свойств муки использованы поверхностные свойства. Графики зависимости «поверхностное натяжение на границе раздела воздух-жидкость – концентрация растворенного вещества» строили по экспериментальным данным, полученным методом Де-Нуи. Поверхностную активность сравниваемых образцов устанавливали решением уравнений, полученных математической обработкой экспериментальных данных. Адсорбционные свойства образцов гречневой муки изучали тензиметрическим методом. На основании изучения поверхностных свойств, образцы муки расположили в ряд по проявляемым коллоидным свойствам. Проведенные исследования поверхностных свойств образцов муки из пропаренной и непропаренной крупы показали, что гречневая мука, произведенная разными предприятиями, характеризуется различными адсорбционными свойствами, которые должны учитываться при ее хранении и использовании в мучных изделиях. Образец из непропаренной крупы обладает наибольшей поверхностной активностью, что позволяет признать его лучшим образцом. Основное влияние на технологические достоинства муки оказывает фракция муки с размером частиц до 50 мкм, количество которых должно составлять 58,69±2%. При более высоком содержании частиц этой фракции мука характеризуется пониженной поверхностной активностью и обладает более высокой гигроскопичностью, что отрицательно сказывается на ее технологических свойствах.

Ключевые слова: пропаренная крупа, непропаренная крупа, поверхностное натяжение, активность, адсорбция, гигроскопичность

Study of the surface properties of buckwheat flour produced by different enterprises by De-Nui methods and tenzometric to predict its technological properties

Alexey A. Livinskiy¹ send2alexey@mail.ru
Margarita E. Saitova² rita.s@list.ru
Svetlana A. Livinskaya² livinskaya@mail.ru

¹ TH "Neftmagistral", Volgogradskiy av., 26/1, Moscow, 109316, Russia

² Moscow State University of Food Production, Volokolamskoye highway, 11, Moscow, 125080, Russia

Abstract. The scientific and industrial community of specialists is developing indirect methods for predicting the technological properties of flour, which would reduce economic costs in a production environment. The results of comparing the colloidal properties of 4 samples of different producers of buckwheat flour from steamed cereals and 1 from green are presented. As methods for predicting the technological properties of flour used surface properties. The graphs of the dependence “surface tension at the air-liquid interface - concentration of dissolved substance” were constructed using experimental data obtained by the De Nui method. The surface activity of the compared samples was established by solving equations obtained by mathematical processing of experimental data. The adsorption properties of buckwheat flour samples were studied by the tensimetric method. Based on the study of surface properties, flour samples were arranged in a row according to the manifested colloidal properties. Studies of the surface properties of flour samples from steamed and non-steamed cereals showed that buckwheat flour produced by different enterprises is characterized by various adsorption properties, which should be taken into account during its storage and use in flour products. A sample of unpaired cereal has the highest surface activity, which allows us to recognize it as the best sample. The main influence on the technological advantages of flour is exerted by the fraction of flour with a particle size of up to 50 microns, the amount of which should be 58.69 ± 2%. At a higher content of particles of this fraction, the flour is characterized by reduced surface activity and has a higher hygroscopicity, which negatively affects its technological properties.

Keywords: steamed cereal, unpaired cereal, surface tension, activity, adsorption, hygroscopicity

Для цитирования

Ливинский А.А., Сайтова М.Э., Ливинская С.А. Изучение адсорбционных свойств гречневой муки методами Де-Нуи и тензиметрическим для прогнозирования ее технологических свойств // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 2. С. 202–207. doi:10.20914/2310-1202-2019-2-202-207

For citation

Livinskiy A.A., Saitova M.E., Livinskaya S.A. Study of the surface properties of buckwheat flour produced by different enterprises by De-Nui methods and tenzometric to predict its technological properties. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 2. pp. 202–207. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-2-202-207

Введение

В последние годы наблюдается новый виток интереса к гречневой крупе и муке [1–3]. Интерес обусловлен ценными диетическими свойствами гречихи, в том числе и возможностью использования ее в рецептурах безглютеновых мучных изделий. При производстве мучных изделий традиционно используют прямые методы оценки, проводя пробные выпечки изделий в лабораторных или пилотных условиях [4]. Научное и производственное сообщество специалистов занимается разработкой косвенных методов прогнозирования технологических свойств муки, которые сократили бы экономические затраты в производственных условиях. В качестве косвенных методов в настоящее время используют методы выявления физико-химических, биохимических, коллоидных свойств, по которым прогнозируют поведение муки на разных технологических стадиях процесса «мука – готовое изделие». В настоящее время в торговых сетях Москвы представлена мука нескольких производителей. При использовании гречневой муки в рецептурах новых видов мучных кондитерских изделий [3] было выявлено ее разное технологическое поведение. Поскольку гречневая мука содержит в своем составе крахмал, сделано предположение, что образцы муки от разных производителей обладают определенными поверхностно-активными свойствами, которые оказывают влияние на поведение теста на разных стадиях его приготовления.

Одним из показателей технологических свойств продуктов, содержащих преимущественно крахмал, является поверхностная активность, которая оказывает влияние на вязкость теста. В данном исследовании в качестве косвенных методов использовали поверхностные свойства, которые устанавливали по поверхностной активности исследуемых образцов гречневой муки и ее адсорбционным свойствам.

Материалы и методы

При проведении исследований использовали муку гречневую «Гарнец» – ТУ 9293–002–43175543–03; муку гречневую «Старожитная» – ТУ РБ 600024008.084–2002; муку гречневую «Крупно» – ТУ 9293–005–00932169–96; муку гречневую для детского питания – ГОСТ Р 31645–2012; муку гречневую из зеленой гречки «Гарнец» – ТУ 9293–002–43175543–03. На основании кривых поверхностного натяжения, построенных по экспериментальным значениям

усилия отрыва, необходимого для отрыва проволочного кольца от поверхности 0,03–1,000% суспензий муки в воде методом Де Нуи [5], при математической обработке получены уравнения, описывающие зависимость «поверхностное натяжение на границе раздела воздух-жидкость – концентрация растворенного вещества». Поверхностные активности образцов гречневой муки устанавливали нахождением экстремальных значений полученных полиномиальных зависимостей второй степени. Адсорбционные свойства образцов гречневой муки изучали тензиметрическим методом, при котором в эксикатор с постоянной влажностью среды (φ , %) помещали образцы гречневой муки разных производителей и гравиметрически определяли количество поглощенной с течением времени влаги до достижения равновесной влажности [6]. Создавали φ равное 63, 75, 86%. Для обработки результатов исследований использовали математические методы обработки экспериментальных данных, реализуемые с помощью компьютерной программы Microsoft Excel 2016. Все определения проводили в трехкратной повторности, конечный результат определяли как среднее арифметическое.

Результаты и обсуждение

Для прогнозирования технологических свойств образцов гречневой муки использовали поверхностную активность исследуемых образцов 1–5 гречневой муки. По экспериментальным данным усилий, необходимых для отрыва кольца от поверхности суспензий изучаемых образцов муки в воде, и рассчитанных значений поверхностного натяжения (таблица 1) строили кривые зависимости снижения поверхностного натяжения от концентрации растворенного образца муки (рисунок 1). Каждый образец гречневой муки, произведенный конкретным предприятием, рассматривали в качестве комплексного ингредиента, физико-химические и органолептические показатели которого зафиксированы в нормативно-технической документации предприятия (ТУ).

На основании экспериментальных данных получены уравнения зависимостей и по ним построены расчетные кривые, представляющие собой полиномиальные зависимости второй степени и описывающие изучаемые процессы с достаточной точностью, о чем свидетельствует величина аппроксимации (R^2) не ниже 0,967 для всех образцов (рисунок 1).

Таблица 1.

Сила отрыва кольца (F , у. е.) и поверхностное натяжение (σ , Н/м) образцов гречневой муки

Table 1.

The force of the separation ring (F , y.e.) and surface tension (σ , N/m) samples of buckwheat flour

Концентрация суспензий, (%) Concentration of suspension, (%)	Образец 1 Sample 1		Образец 2 Sample 2		Образец 3 Sample 3		Образец 4 Sample 4		Образец 5 Sample 5	
	F	σ	F	σ	F	σ	F	σ	F	σ
1,00	46,4	63,25	49,1	66,93	48,7	66,38	48	65,43	33,8	46,07
0,50	48	65,43	49,6	67,62	49,3	67,20	48,4	65,98	35,6	48,53
0,25	49,4	67,34	51	69,52	50,7	69,11	49,6	67,62	39,9	54,39
0,12	51,8	70,61	52,9	72,11	52,4	71,43	50,8	69,30	43,8	59,71
0,06	52,4	71,43	52,9	72,11	52,8	71,97	51,8	70,62	47,1	64,02
0,03	53	72,25	53	72,25	53	72,25	53	72,25	50,3	68,51
0,00	53	72,25	53	72,25	53	72,25	53	72,25	53	72,25

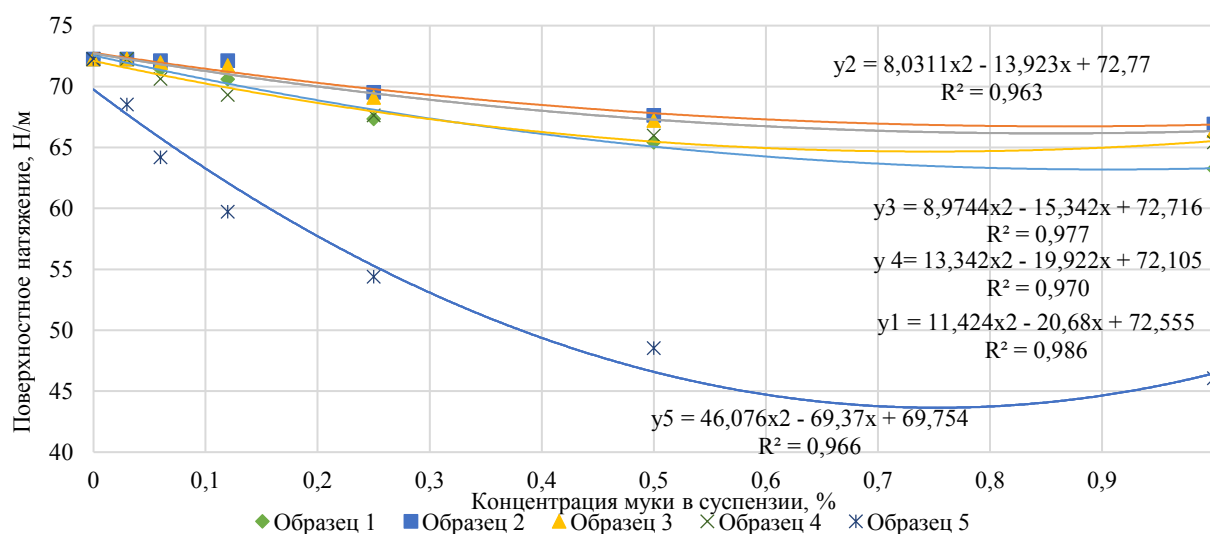


Рисунок 1. Снижение поверхностного натяжения на границе суспензии муки в воде–воздух для образцов гречневой муки

Figure 1. Reduction of surface tension at the boundary of flour suspension in water-air for buckwheat flour samples

Все исследуемые образцы проявляют поверхностную активность, что подтверждает сделанные ранее выводы для пшеничной муки [4]. Среди образцов гречневой муки из пропаренной крупы (1–4) образец 1 в области высоких концентраций обладает большей поверхностной активностью, т.к. больше остальных снижает поверхностное натяжение в интервале концентраций 0,5–1,0%. Так, например, при концентрации веществ 1% поверхностное натяжение снижается до 63,25 Н/м. В образце 4 оно снижается до значений 65,43 Н/м, в образце 3 – до 66,38 Н/м и в образце 2 – до 66,93 Н/м. Мука из непропаренной гречихи характеризуется большей поверхностной активностью, чем исследованные образцы (1–4), поскольку снижает поверхностное натяжение при дозировке муки 1% до 46,07 Н/м.

Полученные зависимости поверхностного натяжения для каждого образца гречневой муки от ее концентрации вида $y' = 0$ позволяют рассчитать точку минимума для кривой, характеризующей концентрацию муки, при которой она проявляет максимальную активность. Значения концентрации позволяют характеризовать дозировку гречневой муки, при которой она проявляет максимальные коллоидные свойства. Образцы в порядке возрастания поверхностной активности можно расположить следующим образом: образец 4, образец 3, образец 2, образец 1. Образец 5 муки из непропаренной гречневой крупы отличается значительной поверхностной активностью от образцов муки из пропаренной гречки. Это позволяет прогнозировать ее лучшие технологические свойства что необходимо учитывать при составлении реальной рецептуры мучных изделий.

По результатам гравиметрического определения количества адсорбированной с течением времени влаги образцами, помещенными в среду с постоянными значениями влажности (63; 75; 86%) [6], средствами Excel были получены уравнения зависимостей и по ним построены расчетные кривые (рисунки 2–4), представляющие собой полиномиальные зависимости второй степени, описывающие изучаемые процессы

с достаточной точностью, о чем свидетельствует величина аппроксимации не ниже 0,968 для всех образцов. Установленные адсорбционные свойства образцов гречневой муки показывают, что мука, произведенная разными предприятиями по собственным ТУ, характеризуется различными адсорбционными свойствами, которые должны учитываться при ее хранении и использовании в мучных изделиях.

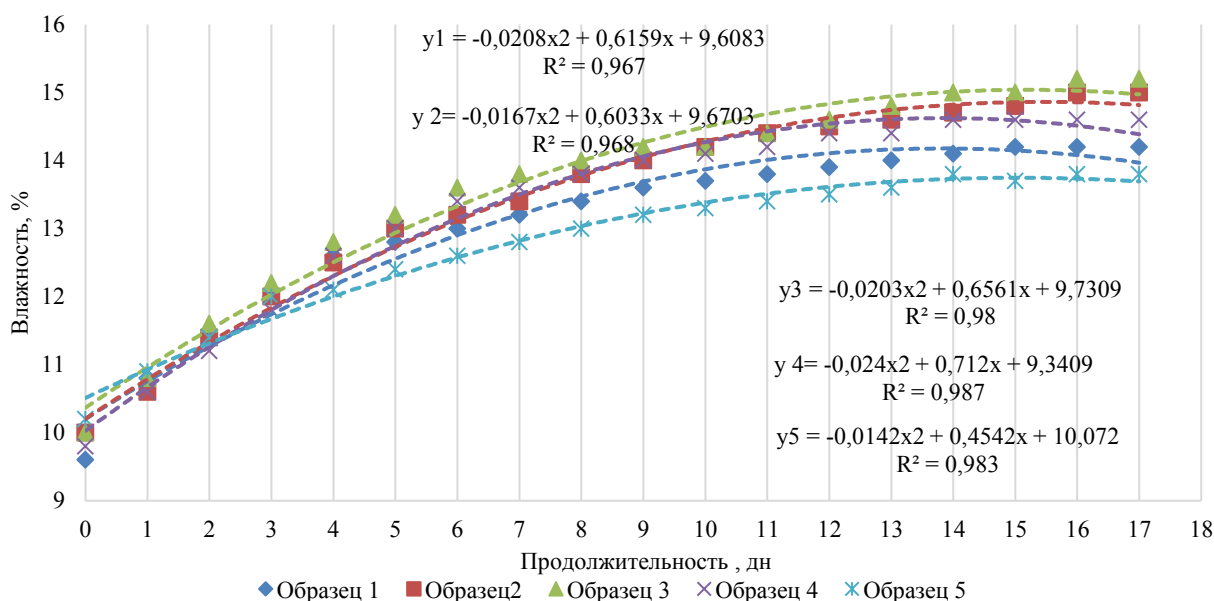


Рисунок 2. Динамика адсорбции образцов гречневой муки при влажности среды 63%

Figure 2. Dynamics of adsorption of buckwheat flour samples at medium humidity 63%

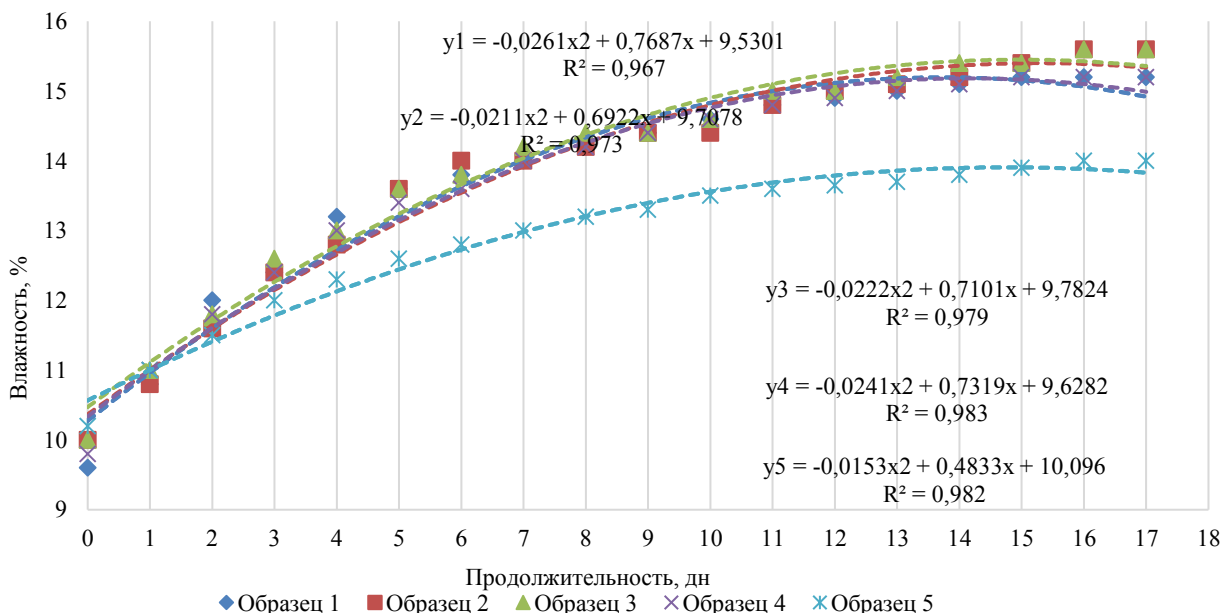


Рисунок 3. Динамика адсорбции образцов гречневой муки при влажности среды 75%

Figure 3. Dynamics of adsorption of buckwheat flour samples at humidity 75%

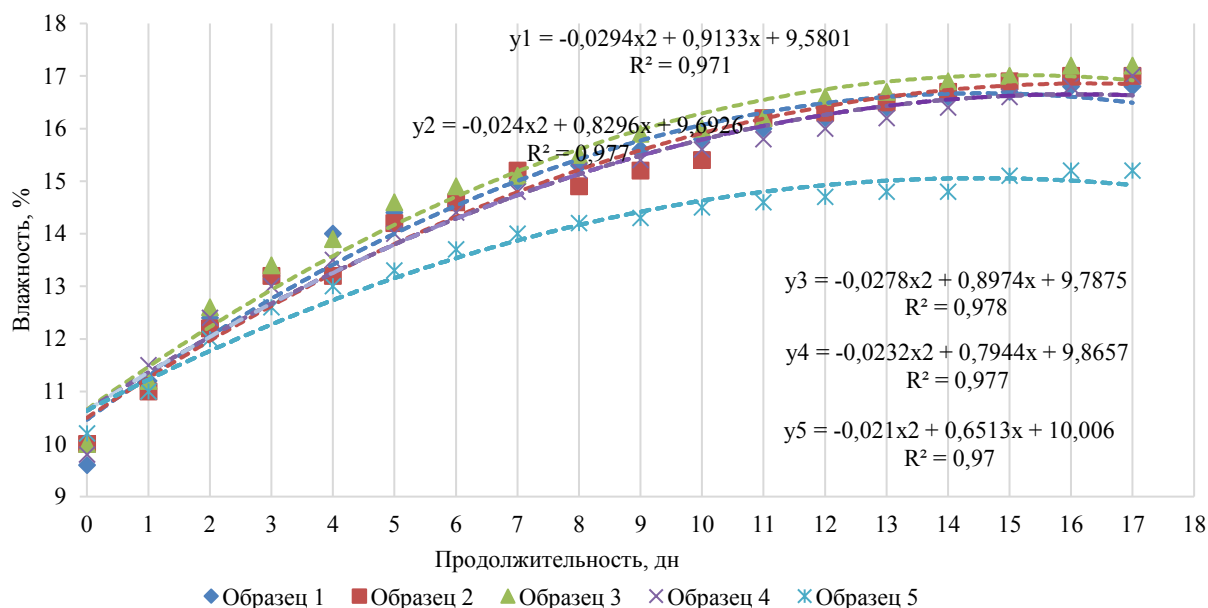


Рисунок 4. Динамика адсорбции образцов муки при влажности среды 86%

Figure 4. Dynamics of adsorption of flour samples at medium humidity 86%

По результатам проведенных экспериментов по поверхностной активности и гигроскопичности разных образцов гречневой муки из пропаренной крупы видно, что образцы ведут себя по-разному. Сравнение экспериментальных данных (рисунки 2–4) показало, что большей адсорбционной способностью обладает образец 2, характеризуемый меньшей поверхностной активностью (рисунок 1). Следует отметить, что данный образец муки имеет следующий гранулометрический состав: частицы муки размером до 10 мкм – 50,21% и частицы размером до 50 мкм – 85,56% [7]. Образец 1 из пропаренной крупы обладает наибольшей поверхностной активностью и невысокой гигроскопичностью, что позволяет признать его лучшим образцом. Он характеризуется следующим гранулометрическим составом: частицы муки размером до 10 мкм – 30,33% и частицы размером до 50 мкм – 58,69% [7].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Filipčev B., Šimurina O., Bodroža-Solarov M. Impact of buckwheat flour granulation and supplementation level on the quality of composite wheat/buckwheat ginger-nut-type biscuits // *Italian Journal of Food Science*. 2015. V. 27. № 4. P. 495–504. doi: 10.14674/1120–1770/ijfs.v13
- 2 Pandey S., Senthil A., Fatema K. Effect of Hydrothermal Treatment on the Nutritional and Functional Properties of Husked and Dehusked Buckwheat // *J Food Process Technol*. 2015. V. 6. № 7. P. 461. doi:10.4172/2157–7110.1000461
- 3 Sakhare S.D., Inamdar A.A., Soumya C. Effect of flour particle size on microstructural, rheological and physico-sensory characteristics of bread and south Indian parotta // *J Food Sci Technol*. 2014. V. 51. № 12. P. 4108–4113. doi: 10.1007/s13197–013–0939–5

Заключение

Проведенные исследования поверхностных свойств образцов муки из пропаренной и непропаренной крупы показали, что гречневая мука, произведенная разными предприятиями, характеризуется различными адсорбционными свойствами, которые должны учитываться при ее хранении и использовании в мучных изделиях. Образец из непропаренной крупы обладает наибольшей поверхностной активностью, что позволяет признать его лучшим образцом. Основное влияние на технологические достоинства муки оказывает фракция муки с размером частиц до 50 мкм, количество которых должно составлять $58,69 \pm 2\%$. При более высоком содержании частиц этой фракции мука характеризуется пониженной поверхностной активностью и обладает более высокой гигроскопичностью, что отрицательно сказывается на ее технологических свойствах.

4 Ливинская С.А., Сайтова М.Э., Порожнюк Т.О., Дубцов Г.Г. Оптимизация рецептуры кексов на основе регулирования потребительских свойств, пищевой ценности и гликемического индекса продукции // *Вопросы питания*. 2016. Т. 85. № S2. С. 107.

5 Черных В.Я. Современная методология управления технологическими свойствами хлебопекарной муки // *Современное хлебопечение – 2003: материалы 3 международной конференции МПА*. М.: Пищепромиздат. 2003. С. 58–59.

6 Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии: учебник. Санкт-Петербург: Лань, 2010. 416 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/4027>

7 Эргашева Е.Н., Сапронова Л.А., Лазар Я.Б. Гигроскопичность различных видов сахара // *Сахар-2008: сб. трудов*. М.: МГУПП, 2008. С. 46–50.

8 Ливинская С.А., Сaitова М.Э., Ливинский А.А. Исследование взаимосвязи гранулометрического состава образцов гречневой муки, представленных в торговых сетях г. Москва, и их технологических свойств // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 228–235. doi : 10.20914/2310–1202–2018–3–228–235

9 Linlaud N.E., Puppo M.C., Ferrero C. Effect of hydrocolloids on water absorption of wheat flour and farinograph and textural characteristics of dough // Cereal Chemistry. 2009. V. 86. № 4. P. 376–382.

10 Ravi R., Manohar R.S., Rao P.H. Influence of additives on the rheological characteristics and baking quality of wheat flours // European Food Research and Technology. 2000. V. 210. № 2. P. 202–208. doi: 10.1007/PL0000551

11 Bigne F., Puppo M.C., Ferrero C. Rheological and Microstructure Characterization of Composite Dough with Wheat and Mesquite (*Prosopis spp*) Flours // International Journal of Food Properties. 2016. V. 19. № 2. P. 243–256. doi: 10.1080/10942912.2015.1020435

REFERENCES

1 Filipčev B., Šimurina O., Bodroža-Solarov M. Impact of buckwheat flour granulation and supplementation level on the quality of composite wheat/buckwheat ginger-nut-type biscuits. Italian Journal of Food Science. 2015. vol. 27. no. 4. pp. 495–504. doi: 10.14674/1120–1770/ijfs.v13

2 Pandey S., Senthil A., Fatema K. Effect of Hydrothermal Treatment on the Nutritional and Functional Properties of Husked and Dehusked Buckwheat. J Food Process Technol. 2015. vol. 6. no. 7. pp. 461. doi:10.4172/2157–7110.1000461

3 Sakhare S.D., Inamdar A.A., Soumya C. Effect of flour particle size on microstructural, rheological and physico-sensory characteristics of bread and south Indian parotta. J Food Sci Technol. 2014. vol. 51. no. 12. pp. 4108–4113. doi: 10.1007/s13197–013–0939–5

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алексей А. Ливинский к.т.н., инженер, ТД «Нефтьмагистраль», Волгоградский пр-т, 26/1, Москва, 109316, Россия, send2alexey@mail.ru

Маргарита Э. Сaitова к.т.н., старший преподаватель, кафедра индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское ш., 11, Москва, 125080, Россия, rita.s@list.ru

Светлана А. Ливинская к.т.н., профессор, кафедра кондитерских, сахаристых, субтропических и пищевкусовых технологий, Московский государственный университет пищевых производств, тВолоколамское ш., 11, Москва, 125080, Россия, livinskaya@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 18.05.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 05.06.2019

4 Livinskaya S.A., Saitova M.E., Porozhnyuk T.O., Dubcov G.G. Optimization of cake recipe based on the regulation of consumer suitability, nutrition value and its glycemic index. Questions of food. vol. 85. no. S2. 2016. pp. 107. (in Russian).

5 Chernyh V.Ya. Modern methodology of baker's flour technological characteristics management. Modern baking – 2003: materials of 3rd International conference. Moscow, Pischepromizdat, 2003. pp. 58–59 (in Russian).

6 Fridrihsberg D.A. Course of Colloid chemistry. St. Petersburg, Lan, 2010. 416 p. Available at: <https://e.lanbook.com/book/4027> (in Russian).

7 Ergasheva E.N., Saponova L.A., Lazar YA.B. Hygroscopicity of different types of sugar. Sugar-2008: proceedings. Moscow, MGUPP, 2008. pp. 46–50 (in Russian).

8 Livinskaya S.A., Saitova M.E., Livinskiy A.A. Research on the correlation of granulometric size composition of buckwheat samples, represented in Moscow distribution stores, and its technological features. Proceedings of VSUET. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 228–235. doi: 10.20914/2310–1202–2018–3–228–235 (in Russian).

9 Linlaud N.E., Puppo M.C., Ferrero C. Effect of hydrocolloids on water absorption of wheat flour and farinograph and textural characteristics of dough. Cereal Chemistry. 2009. vol. 86. no. 4. pp. 376–382.

10 Ravi R., Manohar R.S., Rao P.H. Influence of additives on the rheological characteristics and baking quality of wheat flours. European Food Research and Technology. 2000. vol. 210. no. 2. pp. 202–208. doi: 10.1007/PL0000551

11 Bigne F., Puppo M.C., Ferrero C. Rheological and Microstructure Characterization of Composite Dough with Wheat and Mesquite (*Prosopis spp*) Flours. International Journal of Food Properties. 2016. vol. 19. no. 2. pp. 243–256. doi: 10.1080/10942912.2015.1020435

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Alexey A. Livinskiy Cand. Sci. (Engin.), engineer, TH "Neftmagistral", Volgogradsky Prospect, 26/1, Moscow, 109316, Russia, send2alexey@mail.ru

Margarita E. Saitova Cand. Sci. (Engin.), senior lecturer, food industry, hotel business and service department, Moscow State University of Food Production, Volokolamskoye highway, 11, Moscow, 125080, Russia, rita.s@list.ru

Svetlana A. Livinskaya Cand. Sci. (Engin.), professor, confectionery, sugar, subtropical and gastronomy technologies department, Moscow State University of Food Production, Volokolamskoye highway, 11, Moscow, 125080, Russia, livinskaya@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 5.18.2019

ACCEPTED 6.5.2019