

Научная статья

УДК 664.66

DOI: 10.17586/2310-1164-2022-15-3-46-52

Влияние бетаиносодержащих добавок на реологические свойства теста из пшеничной муки

А.А. Герасимов^{1,2}, Н.В. Баракова^{1*}, А.В. Тихий¹¹Университет ИТМО, Россия, Санкт-Петербург²ООО «САФ-НЕВА», Россия, Воронеж

*n.barakova@mail.ru

Аннотация. Исследовано влияние бетаина синтетического происхождения (бетаин гидрохлорид (HCl), концентрация 99%) и «Бетаинекс» (содержание органического бетаина – 23% на а.с.в.) на реологические свойства пшеничного теста. Дозировку внесения опытных ингредиентов рассчитывали с учетом рекомендуемых норм суточного потребления хлебобулочных изделий (263 г/сут), норм суточного потребления биологически активного вещества – бетаина (3 г/сут) и требований стандартов по количеству физиологически активного компонента, содержащегося в конечном продукте питания (не менее 15% от суточной потребности человека). Проводили исследования четырех образцов теста: контрольный образец – без внесения бетаиносодержащих добавок, второй и третий образцы – с внесением бетаин HCl в количестве 1,2 и 0,18% к массе муки соответственно. Четвертый образец – с внесением добавки «Бетаинекс» в количестве 1,08% к массе муки. Реологические характеристики теста определяли с помощью приборов фаринограф (Brabender) и альвеограф (Chopin). Зарегистрировали следующие показатели: водопоглотительная способность (ВПС) муки, устойчивость теста в процессе замеса, а также его упруго-деформационные свойства (упругость, эластичность и растяжимость). Установлено различное влияние бетаиносодержащих добавок на свойства пшеничного теста. Бетаин, полученный синтетическим способом, укрепляет тесто, а «Бетаинекс», наоборот, несколько расслабляет. Полученные результаты говорят о перспективности применения в хлебопечении бетаиносодержащих добавок в качестве ингредиентов, не только повышающих пищевую ценность продукта, но и улучшающих реологические свойства пшеничного теста. Расширение области применения добавки «Бетаинекс», полученной из вторичного сырья производства хлебопекарных дрожжей, обеспечит предприятию-производителю хлебопекарных дрожжей технологическую и экологическую устойчивость.

Ключевые слова: хлебопечение; реология; бетаиносодержащие добавки; винасса; бетаин гидрохлорид; «Бетаинекс»

Original article

Betaine-containing additives influence on wheat dough rheological properties

Anton A. Gerasimov^{1,2}, Nadezhda V. Barakova^{1*}, Anton V. Tikhii¹¹ITMO University, St. Petersburg, Russia²OOO "SAF-NEVA", Voronezh, Russia

*n.barakova@mail.ru

Annotation. Influencing synthetic betaine of synthetic origin (betaine hydrochloride (HCl), 99% concentration) and Betainex additive (organic betaine content – 23% per a.d.w.) on the rheological properties of wheat dough was studied. Calculating the dosages of experimental ingredients was based on the recommended norms for daily consumption of bakery products (263 g/day), the norms for daily consumption of the biologically active substance – betaine (3 g/day), and the requirements for functional food producing (not less than 15% of a person's daily requirement). Four test samples were studied: control sample – without the addition of betaine-containing additives, the second and third samples – with the addition of betaine HCl in the amount of 1.2% and 0.18% by weight of flour, respectively. The fourth sample – with Betainex additive in 1.08% dosage by weight of flour. The rheological characteristics of the dough were determined using farinograph (Brabender) and alveograph (Chopin) equipment. During the experiment, the following indicators were recorded: water absorption capacity (WAP) of flour, dough stability during kneading, and its elastic-deformation properties. Carried out tests allowed to conclude that betaine-containing additives influence wheat dough properties in different ways. Betaine, obtained synthetically, strengthens the dough, while Betainex, on the contrary, relaxes it. Moreover, the usage of betaine-containing additives in baking as an ingredient could not only increase the nutritional value of the product, but also improve the rheological properties of wheat dough. Expanding the scope for the application of Betainex additive, obtained from the secondary raw materials of baker's yeast production, will provide the enterprise producing baker's yeast with technological and environmental sustainability.

Keywords: baking; rheology; betaine; betaine-containing additives; vinasse; betaine hydrochloride; Betainex

Введение

Значительная часть современных исследований в области пищевых биотехнологий направлена на поиск решений, связанных с переработкой вторичных сырьевых материалов, пригодных для применения в пищевой промышленности. Наибольшую ценность представляют выделенные из побочных продуктов вещества с высокой пищевой ценностью.

Одним из таких физиологически активных веществ является бетаин. Бетаин – это N-метилованная аминокислота глицин, которая в системах живых организмов выполняет несколько функций [1]. В обзорных материалах [2–4] из множества позитивных свойств бетаина отмечена его осмотическая функция, обеспечивающая защиту растительных или животных клеток от обезвоживания, высокого содержания соли в питательной среде и чрезмерного температурного стресса [5, 6]. Не менее значимая функция бетаина – участие в метаболическом процессе трансметилирования гомоцистеина [7]. В организме человека бетаин способен также повысить стабильность молекул белка, эффективно ослабив денатурирующее влияние мочевины [8]. Рядом исследований установлена значимая положительная роль бетаина в организме человека, а именно, способность сокращать риск возникновения некоторых форм рака, продление срока выживаемости онкологических больных [9], а также защита от аллергии [10] и снижение резистентности к инсулину [11].

Для бетаина можно отметить следующую классификацию: существуют бетаины синтетического происхождения (бетаин гидрохлорид), бетаины органического происхождения, содержащиеся в продуктах повседневного рациона (пшеничные отруби – 1339 мг/100 г, пшеничный зародыш – 1241 мг/100 г, шпинат – 600÷645 мг/100 г, свекла – 114÷297 мг/100 г и пр.). Источником органического бетаина может служить вторичное сырье пищевых производств, например, винасса – переработанная послеспиртовая мелассная барда или вторичное сырье производства хлебопекарных дрожжей [12].

В настоящее время винасса используется в качестве подкормки для скота или как удобрение, но после проведения таких дополнительных технологических операций, как сепарирование, сушка и другие виды подработки, винасса используется в качестве основного питания для кормовых дрожжей [13, 14]. Отдельный вид винассы благодаря высокому содержанию бетаина (более 20% на с.в.), получил название «Бетаинекс», который имеет в своем составе такие важные минеральные компоненты, как калий (0,9%), магний (0,4%), кальций (0,2%) и натрий (1,7%), отмечается высокое содержание сырого протеина (более 35%).

В работе [15] были проведены исследования влияния бетаиносодержащих добавок на качество хлеба пшеничного. По результатам пробной лабораторной выпечки при внесении добавки «Бетаинекс» выявлено увеличение удельного объема готовых изделий. По результатам оценки органолептических свойств изделий образец, приготовленный с «Бетаинекс», был отмечен высокими потребительскими свойствами в виду специфического вкусо-ароматического профиля [15]. Показатели, полученные при выпечке хлебулочных изделий с применением бетаиносодержащих добавок, подтверждают целесообразность проведения дальнейших исследований по изучению влияния данных ингредиентов на параметры технологических процессов и свойства продуктов хлебопечения.

Цель данной работы – исследование влияния бетаина, входящего в состав добавок, на реологические показатели пшеничного теста.

Объекты и методы исследований

Для проведения лабораторных испытаний использовали бетаин содержащие добавки:

✓ бетаин гидрохлорид (бетаин HCl): порошок, концентрация бетаина 99%, pH 2,08, производитель SuzhouvitajoyBio-Tech Co. LTD., Китай;

✓ «Бетаинекс» – вязкая жидкость, влажностью 25%, содержание бетаина на сухое вещество (с.в.) 23%, pH 3,64, производитель ООО «САФ-НЕВА», Россия.

Реологические исследования проводили на образцах теста, приготовленного из 100 г муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с добавлением 40 г 2,5% солевого раствора, дистиллированной воды и добавлением бетаиносодержащих добавок. Дозировки добавок бетаин HCl и «Бетаинекс» рассчитывали на основании рекомендаций Минздрава РФ (Приказ № 614 от 19.08.2015) по рациональным

нормам потребления хлебобулочных изделий – 263 г/сут и рекомендуемой нормой потребления бетаина – 3 г/сут, с учетом содержания бетаина в добавках (Методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04).

Для обеспечения суточной нормы потребления бетаина вносили 1,2% бетаин HCl. Для обеспечения 15% от суточной нормы потребления бетаина вносили 0,18% бетаин HCl и 1,06% «Бетаинекс».

Исследовались четыре образца теста, приготовленных с бетаиносодержащими добавками в различных дозировках (% по отношению к массе муки):

- образец 1 – контроль, без внесения бетаиносодержащей добавки;
- образец 2 – бетаин гидрохлорид (бетаин HCl) в дозировке 1,20%;
- образец 3 – бетаин гидрохлорид (бетаин (HCl) в дозировке 0,18%;
- образец 4 – «Бетаинекс» в дозировке 1,08% (0,18% органического бетаина).

Водопоглотительную способность муки и реологические свойства теста, замешиваемого из нее, определяли с помощью прибора фаринограф (Brabender, Германия) в соответствии с ГОСТ ISO 5530-1-2013. Мука пшеничная. Физические характеристики теста. Часть 1.

Упруго-деформационные характеристики теста определяли с помощью прибора альвеограф (Chopin, Франция) в соответствии с ГОСТ Р51415-99 (ИСО 5530-4-91) Мука пшеничная. Физические характеристики теста. Определение реологических свойств с применением альвеографа.

Результаты и обсуждение

Результаты испытаний образцов теста на приборе фаринограф представлены в виде графиков на рисунке 1.

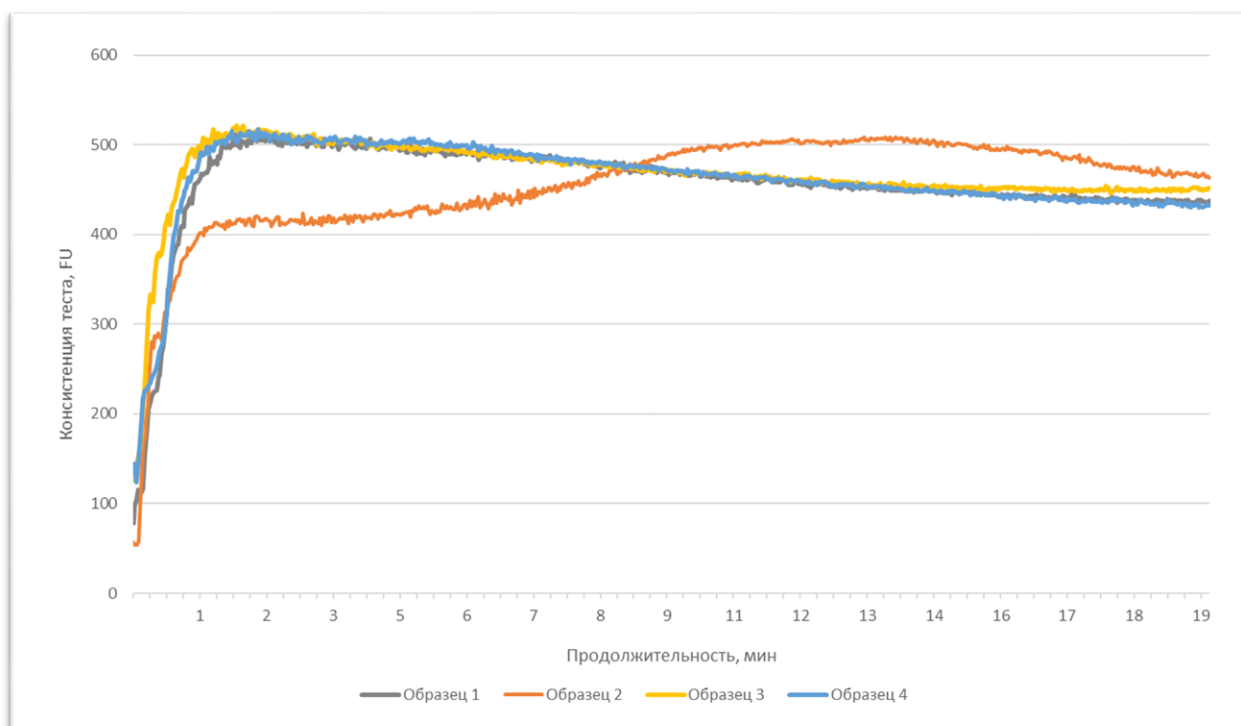


Рисунок 1 – Изменение консистенции теста в образцах с разной дозировкой внесения бетаин HCl и «Бетаинекс»
Figure 1. Changes in the dough consistency in the samples with various dosage of HCl betaine and Betainex additive

Графики изменения консистенции теста опытного образца 3 и образца 4 на протяжении всего времени проведения испытания по характеру кривой приближены к графику контрольного образца. Количество бетаина, внесенного в образцы 3 и 4 одинакова и составляет 0,45 г/100 г муки. При увеличении количества вносимого бетаина до 2,3 г/100 г муки (образец 2) график изменения консистенции теста значительно отличается от графика изменения консистенции теста контрольного образца, при этом характер отличия меняется в зависимости от времени испытания.

Основные показатели, полученные по результатам обработки графических материалов, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Реологические показатели по фаринографу, характеризующие свойства пшеничного теста, приготовленного с различной дозировкой внесения бетаин HCl и «Бетаинекс»

Table 1. Rheological characteristics of the wheat dough with various dosage of HCl betaine and Betainex additive determined by farinograph

Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
ВПС, %	60,5	61,4	59,6	59,4
стабильность, мин	8,8	8,0	6,6	7,3
время образования теста, мин	2,4	14,0	2,2	2,3
балловая оценка качества, мм	91	181	72	85
степень разжижения теста, FU	35	19	45	38

Полученные данные свидетельствуют о том, что внесение бетаина в количестве 0,45 г /100 г муки незначительно влияет на водопоглотительную способность пшеничной муки, но по мере увеличения количества вносимого бетаина ВПС муки повышается. При внесении 2,3 г бетаина на 100 г муки, ВПС увеличилась на 1,5%.

Упруго-деформационные свойства теста – группа показателей, описывающих способность теста к растяжимости, сопротивлению деформации, его эластичность и общая энергия теста определялись в процессе испытания образцов теста на альвиографе. Данные в виде графиков, которые были получены с помощью прибора альвеограф, представлены на рисунке 2.

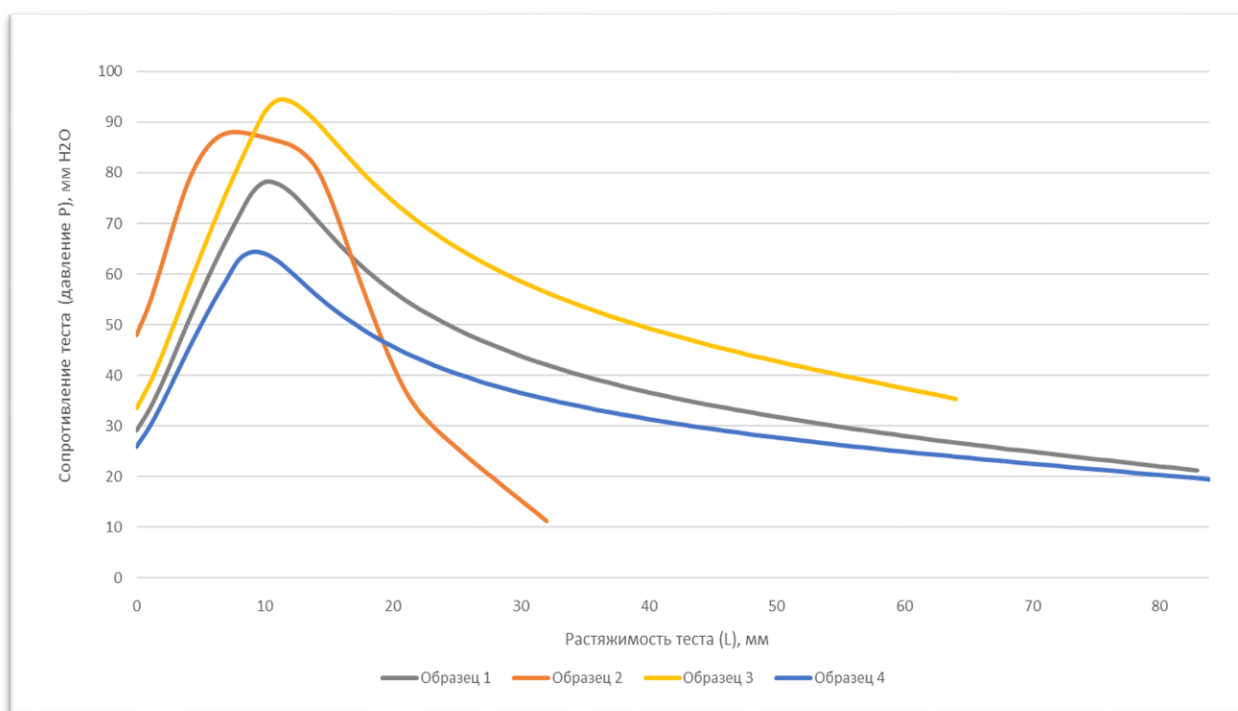


Рисунок 2 – Изменение упруго-деформационных свойств теста пшеничного, приготовленного с различной дозировкой внесения бетаин HCl и «Бетаинекс»

Figure 2. Changes in the elastic-deformation properties of the wheat dough in the samples with various dosage of HCl betaine and Betainex additive

По результатам обработки графических материалов, полученных на приборе альвеограф, получены основные показатели теста, представленные в таблице 2. Из их анализа следует, что при внесении бетаиносодержащих добавок изменяются свойства теста. Как для образца 2 (дозировка внесения бетаин HCl – 1,2%), так и для образца 3 (дозировка внесения бетаин HCl – 1,2%) происходит увеличение коэффициента P/L на 198 и 57%, соответственно, что говорит об укреплении теста. Необходимо отметить, что количество вносимого бетаина в третий и четвертый образцы одинаково и составляет 0,45 г/100 г муки, но показатель P/L в образце 3 составляет 1,65, а в образце 4 – 0,86.

Таблица 2. Реологические показатели по альвеографу, характеризующие свойства пшеничного теста с разной дозой внесения бетаин HCl и «Бетаинекс»

Table 2. Rheological characteristics of the wheat dough with various dosage of HCl betaine and Betainex additive determined by alveograph

Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
<i>P</i> , мм. вод. ст.	86	97	104	71
<i>L</i> , мм	82	31	63	83
<i>P/L</i>	1,05	3,13	1,65	0,86
<i>I_e</i> (индекс эластичности), %	47	–	52,3	48,7
<i>W</i> (энергия деформации), 10 ⁻⁴ J	218	116	242	187

В образце 2 (дозировка внесения бетаин HCl – 1,2%, количество внесенного бетаина – 2,3 г/100 г муки) отмечается значительное повышение показателя *P/L* (до 3,13 против 1,05 в контрольном образце), что в последствии, при приготовлении хлеба с добавлением бетаина в таком количестве, приведет к невозможности выработки хлебобулочных изделий с требуемыми показателями качества. Такое сильное укрепление теста может быть востребовано при использовании пшеничной муки с пониженными хлебопекарными свойствами или при использовании хлебопекарной пшеничной муки высшего сорта, полученной из мягких сортов пшеницы взамен пшеницы твердых сортов для приготовления теста для макарон [16].

Заключение

Анализ реологических показателей теста, приготовленного из муки пшеничной с добавлением бетаиносодержащих добавок, показал перспективность применения данного вида добавок в хлебопечении. В зависимости от задач, которые ставятся перед хлебопеками, можно использовать бетаин либо синтетического, либо органического происхождения. В силу того, что качество пшеницы, выращиваемой в настоящее время в России, значительно ухудшилось (по многим объективным на то причинам, в том числе и климатическим), потребность в хлебопекарных улучшителях, которые укрепляют пшеничную клейковину, растет. Особый интерес, конечно, представляет бетаиносодержащая добавка «Бетаинекс», полученная из вторичного сырья производства хлебопекарных дрожжей – винассы. Ее применение в качестве хлебопекарного улучшителя позволит обеспечивать технологическую и экологическую устойчивость предприятиям-производителям хлебопекарных дрожжей.

Литература

1. Betaine. Monograph. *Altern Med Rev.* 2003, V. 8, no. 2, pp. 193–196.
2. Полонский В.И. Биологическая роль и польза для здоровья бетаина в зерновых культурах (обзор) // Вестник КрасГАУ. 2020. Вып. 154. № 1. С. 53–61. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-1-53-61
3. Полонский В.И., Сумина А.В. Повышение содержания бетаинов в зерне как перспективное направление селекции для получения функциональных продуктов питания (обзор) // Вестник КрасГАУ. 2020. Вып. 155. № 2. С. 18–23. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-2-18-23
4. Craig S.A. Betaine in human nutrition. *American Journal of Clinical Nutrition.* 2004, V. 80, no. 3, pp. 539–549. DOI: 10.1093/ajcn/80.3.539
5. Petronini P.G., De Angelis E.M., Borghetti P., Borghetti A.F., Wheeler K.P. Modulation by betaine of cellular responses to osmotic stress. *Biochem. J.* 1992, V. 282, pp. 69–73. DOI: 10.1042/bj2820069
6. Kappes R.M., Kempf B., Bremer E. Three transport systems for the osmoprotectant glycine betaine operate in *Bacillus subtilis*: characterization of OpuD. *J Bacteriol.* 1996, V. 178, pp. 5071–5079. DOI: 10.1128/jb.178.17.5071-5079.1996
7. Cholewa J.M., Newmire D.E., Rossi F.E., Guimarães-Ferreira L., Zanchi N.E. *An Overview of betaine supplementation, sports performance, and body composition. nutrition and enhanced sports performance.* London, San Diego, CA, Academic Press, 2019. Ch. 60, pp. 691–706. DOI: 10.1016/B978-0-12-813922-6.00060-6
8. Day C.R., Kempson S.A. Betaine chemistry, roles, and potential use in liver disease. *Biochim Biophys Acta.* 2016, V. 1860, no. 6, pp. 1098–1106. DOI: 10.1016/j.bbagen.2016.02.001
9. Youn J., Cho E., Lee J.E. Association of choline and betaine levels with cancer incidence and survival: A meta-analysis. *Clinical Nutrition.* 2019, V. 38, no. 1, pp. 100–109. DOI: 10.1016/j.clnu.2018.01.042

10. Sharma S., Litonjua A. Asthma, allergy, and responses to methyl donor supplements and nutrients. *Journal of Allergy Clinical Immunology*. 2014, V. 133, no. 5, pp. 1246–1254. DOI: 10.1016/j.jaci.2013.10.039
11. Gao X., Wang Y., Sun G. High dietary choline and betaine intake is associated with low insulin resistance in the Newfoundland population. *Nutrition*. 2017, V. 33, no. 1, pp. 28–34. DOI: 10.1016/j.nut.2016.08.005
12. Zeisel S.H., Mar M.H., Howe J.C., Holden J.M. Concentrations of choline-containing compounds and betaine in common foods. *J Nutr*. 2003, V. 133, pp. 1302–1307. DOI: 10.1093/jn/133.5.1302
13. Андросов А.Л., Елизаров И.А., Третьяков А.А. Промышленные технологии переработки послеспиртовой барды // Вестник Тамбовского гос. техн. ун-та. 2010. Т. 16. № 4. С. 954–963.
14. Кузнецов И.Н., Ручай Н.С. Анализ мирового опыта в технологии переработки послеспиртовой барды // Труды БГТУ. Серия «Химия, технология органических веществ и биотехнология». 2010. Т. 1. № 4. С. 294–301.
15. Герасимов А.А., Баракова Н.В. Применение бетаина в хлебопечении // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке: сб. тр. СПб.: Изд-во ун-та ИТМО, 2022. С. 363–369.
16. Гришина Е.С., Ступаченко К.А. Изучение влияния растительного ингредиента на качество макаронных изделий, вырабатываемых из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта // Ползуновский вестник. 2019. № 4. С. 24–28. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2019.04.006

References

1. Betaine. Monograph. *Altern Med Rev*. 2003, V. 8, no. 2, pp. 193–196.
2. Polonsky V.I. Biological role and health benefits of betaine in cereals (Review). *The Bulletin of KrasGAU*. 2020, V. 154, no. 1, pp. 53–61. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-1-53-61 (In Russian)
3. Polonsky V.I., Symina A.V. The increase of betain content in grain as a promising direction of selection for receiving functional food (Review). *The Bulletin of KrasGAU*. 2020, V. 155, no. 2, pp. 18–23. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-2-18-23 (In Russian)
4. Craig S.A. Betaine in human nutrition. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2004, V. 80, no. 3, pp. 539–549. DOI: 10.1093/ajcn/80.3.539
5. Petronini P.G., De Angelis E.M., Borghetti P., Borghetti A.F., Wheeler K.P. Modulation by betaine of cellular responses to osmotic stress. *Biochem. J*. 1992, V. 282, pp. 69–73. DOI: 10.1042/bj2820069
6. Kappes R.M., Kempf B., Bremer E. Three transport systems for the osmoprotectant glycine betaine operate in *Bacillus subtilis*: characterization of OpuD. *J Bacteriol*. 1996, V. 178, pp. 5071–5079. DOI: 10.1128/jb.178.17.5071-5079.1996
7. Cholewa J.M., Newmire D.E., Rossi F.E., Guimarães-Ferreira L., Zanchi N.E. *An Overview of betaine supplementation, sports performance, and body composition. nutrition and enhanced sports performance*. London, San Diego, CA, Academic Press, 2019. Ch. 60, pp. 691–706. DOI: 10.1016/B978-0-12-813922-6.00060-6
8. Day C.R., Kempson S.A. Betaine chemistry, roles, and potential use in liver disease. *Biochim Biophys Acta*. 2016, V. 1860, no. 6, pp. 1098–1106. DOI: 10.1016/j.bbagen.2016.02.001
9. Youn J., Cho E., Lee J.E. Association of choline and betaine levels with cancer incidence and survival: A meta-analysis. *Clinical Nutrition*. 2019, V. 38, no. 1, pp. 100–109. DOI: 10.1016/j.clnu.2018.01.042
10. Sharma S., Litonjua A. Asthma, allergy, and responses to methyl donor supplements and nutrients. *Journal of Allergy Clinical Immunology*. 2014, V. 133, no. 5, pp. 1246–1254. DOI: 10.1016/j.jaci.2013.10.039
11. Gao X., Wang Y., Sun G. High dietary choline and betaine intake is associated with low insulin resistance in the Newfoundland population. *Nutrition*. 2017, V. 33, no. 1, pp. 28–34. DOI: 10.1016/j.nut.2016.08.005
12. Zeisel S.H., Mar M.H., Howe J.C., Holden J.M. Concentrations of choline-containing compounds and betaine in common foods. *J Nutr*. 2003, V. 133, pp. 1302–1307. DOI: 10.1093/jn/133.5.1302
13. Андросов А.Л., Елизаров И.А., Третьяков А.А. Industrial technologies of vinasse processing. *Transactions of the Tambov State Technical University*. 2010, V. 16, no. 4, pp. 954–963. (In Russian)
14. Kyznecov I.N., Rychai N.S. The analysis of world experience in processing of alcohol stillage. *Proceedings of BSTU. Section IV. Chemistry, organic materials, and biotechnology*. 2010, V. 1, no. 4, pp. 294–301. (In Russian)
15. Gerasimov A.A., Barakova N.V. Betaine usage in bakery industry. *Low-Temperature and Food Technologies in XXI Century*. Collection of work. St. Petersburg, ITMO University Publ. 2022, pp. 363–369. (In Russian)
16. Grishina E.S., Stupachenko K.A. Vegetable ingredient influence on the pasta quality produced from bakery wheat flour. *Polzunovskiy vestnik*. 2019, V. 4, pp. 24–28. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2019.04.006 (In Russian)

Информация об авторах

Антон Алексеевич Герасимов – аспирант факультета биотехнологий; инженер-технолог отдела исследований и разработок
Надежда Васильевна Баракова – канд. техн. наук, доцент факультета биотехнологий
Антон Владиславович Тихий – аспирант факультета биотехнологий

Information about the authors

Anton A. Gerasimov, Postgraduate Student, Department of BioTech; R&D technologist
Nadezhda V. Barakova, Ph.D., Associate Professor of the Department of BioTech
Anton V. Tikhii, Postgraduate Student, Department of BioTech

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests

Статья поступила в редакцию 17.06.2022

Одобрена после рецензирования 20.09.2022

Принята к публикации 23.09.2022

The article was submitted 17.06.2022

Approved after reviewing 20.09.2022

Accepted for publication 23.09.2022