

УДК 664.641.016:633.11:547.455

DOI 10.31367/2079-8725-2019-61-1-49-51

ВЛИЯНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПЕНТОЗАНОВ НА ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ СВОЙСТВА ОЗИМОЙ РЖИ

Е. Н. Шаболкина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, руководитель лаборатории технолого-аналитического сервиса, elenashabolkina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1090-4399;

А. А. Бишарев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, руководитель лаборатории серых хлебов, alexbisharev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5804-3298;

Н. В. Анисимкина, старший научный сотрудник лаборатории технолого-аналитического сервиса, anisimkina.natalya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5129-7797;

М. В. Беляева, младший научный сотрудник лаборатории технолого-аналитического сервиса, s.g.belyaev1990@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3090-9026

ФГБНУ «Самарский НИИСХ»,

446254, Самарская обл., п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41; тел.: 8 (84676) 2-11-40; e-mail: samniish@mail.ru

В настоящее время актуальны исследования, направленные на увеличение питательной ценности и улучшение качества ржаных хлебобулочных изделий для удовлетворения запросов покупателей. Хлебопекарные достоинства ржаной муки, структурно-механические характеристики теста (вязкостные и реологические) зависят от содержания некрахмальных полисахаридов – пентозанов, а именно водорастворимой их части. Цель наших исследований – оценить взаимосвязь водорастворимых пентозанов в зерне озимой ржи и массы зерна и установить влияние данного показателя на хлебопекарные параметры ржаной муки: вязкость водно-мучной суспензии и объемный выход хлеба. Объектом исследований были взяты сорта и перспективные линии озимой ржи. Содержание некрахмальных полисахаридов в зерне озимой ржи за годы исследований в зависимости от сорта и внешних условий варьировало незначительно. Сорт озимой ржи Роксана и линия ГК-90 в 2016 и 2017 гг. сформировали более высокие показатели – 2,74–2,90%; низкое значение данного признака отмечено у сорта Президент. Оценка коэффициентов вариации показала, что некрахмальные полисахариды под влиянием генотипических и средовых факторов характеризуются слабой изменчивостью $C_{\text{в}} = 8,2\%$. Опыты подтверждают, что при выпечке ржаного хлеба водорастворимые пентозаны выполняют определенные функции: поглощают воду, увеличивают вязкость теста и улучшают формуустойчивость хлеба. Установлена достоверная корреляция между содержанием водорастворимых пентозанов и массой зерна в условиях 2016 ($r = -0,90^*$) и 2017 ($r = -0,88^{**}$) гг. Выяснено, что данный признак в годы исследований не коррелировал с вязкостью водно-мучной суспензии, но был достоверно связан с объемным выходом хлеба ($r = 0,46^*$). Низкая ферментативная активность у изучаемых сортов ржи в 2016 и 2017 гг. отразилась на хлебопекарных достоинствах озимой ржи: максимальный объем хлеба составил 510–575 см³, минимальный – 470–485 см³. Наибольшее количество некрахмальных полисахаридов в зерне также наблюдалось в эти годы.

Ключевые слова: озимая рожь, водорастворимые пентозаны, вязкость водно-мучной суспензии, объемный выход хлеба.



THE EFFECT OF WATER SOLUBLE PENTOSANES ON BAKING PROPERTIES OF WINTER RYE

E. N. Shabolkina, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the laboratory of technical and analytical service, elenashabolkina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1090-4399;

A. A. Bisharev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the laboratory of brown bread, alexbisharev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5804-3298;

N. V. Anisimkina, senior researcher of the laboratory of brown bread, anisimkina.natalya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5129-7797;

M. V. Belyaeva, junior researcher of the laboratory of brown bread, s.g.belyaev1990@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3090-9026

FSBSI "Samarsky RIA",

446254, Samara region, v. of Bezenchuk, Karl Marks Str., 41; tel.: 8 (84676) 2-11-40; e-mail: samniish@mail.ru

Currently the research aimed to improve nutritional value and quality of rye bakery products to meet customers' needs is of great urgency. The baking traits of rye flour, the structural and mechanical characteristics of the dough (viscous and rheological) depend on the content of non-starch polysaccharides (pentosanes) namely, their water-soluble part. The purpose of our research is to assess correlation between water-soluble pentosanes in winter rye kernels and kernel weight and to establish the effect of this indicator on the baking parameters of rye flour, i. e. viscosity of water-flour suspension and bread yield. The objects of research were winter rye varieties and promising lines. The content of non-starch polysaccharides in winter rye grain throughout the years of research slightly varied depending on the variety and weather conditions. In 2016 and 2017 the winter rye variety "Roksana" and the line "GK-90" formed high rates of 2.74–2.90%, the variety "Prezent" showed a low value of this characteristic. Estimation of the variation coefficients showed that non-starch polysaccharides influence by genotypic and environmental factors are characterized by low variability $C_{\text{v}} = 8.2\%$. The experiments confirm that when baking rye bread, water-soluble pentosanes perform the following functions: they absorb water, increase the viscosity of the dough, and improve the dimensional stability of bread. There was established a significant correlation between the content of water-soluble pentosanes and grain weight under the conditions of the years 2016 ($r = -0.90^*$) and 2017 ($r = -0.88^{**}$). It was found that for the years of research, this trait did not correlate with the viscosity of the water-flour suspension, but was significantly associated with bread yield ($r = 0.46^*$). Low enzymatic activity in the studied rye varieties in 2016 and 2017 affected the baking advantages of winter rye. The maximum bread yield was 510–575 cm³, the minimum bread yield was 470–485 cm³. There was also the greatest number of non-starch polysaccharides in kernels during these years.

Keywords: winter rye, water soluble pentosanes, viscosity of water-flour suspension, bread yield.

Введение. Ржаные и ржано-пшеничные продукты составляют важную часть нашего ежедневного рациона. Меньшая калорийность, но более высокое содержание минеральных веществ, клетчатки и витаминов обеспечивают востребованность в данной продукции. Исследования, направленные на увеличение питательной ценности и улучшение качества ржаных хлебобулочных изделий для удовлетворения запросов покупателей, актуальны в настоящее время.

Хлебопекарные достоинства ржаной муки, структурно-механические характеристики теста (вязкостные и реологические) зависят от содержания некрахмальных полисахаридов – пентозанов, а именно водорастворимой их части (Rakowska, 1996). При замешивании теста пентозаны связывают воду и выполняют роль клейковинного каркаса, повышая вязкость, улучшая формоустойчивость теста и структурно-механические свойства мякиша (Бушук и др., 1980; Гончаренко, 2014). Высокая растворимость пентозанов и их взаимодействие с соле- и водорастворимыми белками ржи при тестообразовании оказывают влияние на водопоглощительную способность теста и качество ржаных изделий. В исследованиях последних лет (Гончаренко, 2016; Исмагилов, 2012) подчеркивается, что с увеличением размера зерна снижаются масса водорастворимых пентозанов и вязкость водного экстракта, что отражается на хлебопекарных достоинствах озимой ржи и является важным фактором ведения селекционного отбора для создания сортов с необходимыми хозяйственно ценными признаками.

Цель исследовательской работы – оценить взаимосвязь водорастворимых пентозанов в зерне озимой ржи и массы зерна и установить влияние данного показателя на хлебопекарные параметры ржаной муки:

вязкость водно-мучной суспензии и объемный выход хлеба.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на экспериментальной базе Самарского НИИСХ с 2014 по 2017 г. В качестве экспериментального материала были взяты образцы зерна 5 сортов и 2 перспективных линий озимой ржи: сорта Безенчукская 87, Антарес, Роксана, Безенчукская 110, Президент и линии ГК-80, ГК-90. Образцы зерна исследуемых сортов были выращены на опытных делянках по чистому пару и по рекомендованной зональной технологии возделывания в лаборатории селекции серых хлебов (конкурсное сортоиспытание).

Оценку качества зерна проводили в соответствии с методиками национальных стандартов Российской Федерации: амилолитическую активность зерна определяли на амилографе Брэнбурга; пробные лабораторные выпечки – с использованием безопасного метода лабораторной выпечки ржаного хлеба (Беркутова, 1991); массу 1000 зерен – по выборке из 45 растений, взятых в трех повторениях. Для определения пентозанов в зерне использовали орцинол-хлоридный метод в модификации Hashimoto S. et al. (1987).

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием пакета прикладных программ Agros 2.0.

Результаты и их обсуждение. Отмечено, что хлебопекарное качество ржи зависит от содержания пентозанов, а именно водорастворимой их части. За годы исследований содержание водорастворимых пентозанов в зерне озимой ржи изменялось незначительно, в зависимости от сорта и внешних условий от 2,06 до 2,90% (табл.).

Биохимические и технологические показатели качества зерна озимой ржи (2014–2017 гг.)
Biochemical and technological indicators of winter rye grain quality (2014–2017)

Сорт	Безенчукская 87	Антарес	Роксана	Безенчукская 110	Президент	ГК-80	ГК-90
2014 г.							
Содержание водорастворимых пентозанов, %	2,13	2,30	2,27	2,36	2,39	2,34	2,58
Масса 1000 зерен, г	28,1	27,4	21,7	26,9	31,6	28,9	29,7
Высота амилограммы, е. а.	560	600	570	520	580	700	730
Объемный выход хлеба, см ³	410	350	350	370	365	350	390
2015 г.							
Содержание водорастворимых пентозанов, %	2,48	2,34	2,62	2,43	2,19	2,25	2,53
Масса 1000 зерен, г	28,0	26,6	21,5	25,3	23,7	26,4	27,6
Высота амилограммы, е. а.	400	550	440	450	490	500	490
Объемный выход хлеба, см ³	485	425	435	420	470	450	440
2016 г.							
Содержание водорастворимых пентозанов, %	2,46	2,55	2,74	2,60	2,06	2,36	2,71
Масса 1000 зерен, г	30,3	27,7	23,0	27,3	24,3	28,3	28,7
Высота амилограммы, е. а.	780	980	820	1000	700	800	780
Объемный выход хлеба, см ³	515	505	575	470	505	495	490
2017 г.							
Содержание водорастворимых пентозанов, %	2,51	2,48	2,90	2,65	2,65	2,72	2,74
Масса 1000 зерен, г	34,1	33,0	29,9	32,0	31,1	32,1	31,7
Высота амилограммы, е. а.	660	680	580	780	480	460	440
Объемный выход хлеба, см ³	495	505	490	485	485	510	505
Коеф. вариации, C _{vr}	Содер. пентозанов 8,2%		Масса 1000 зерен 11,8%		Высота амилограмм 26,0%		Объем хлеба 13,2%

Сорт озимой ржи Роксана и линия ГК-90 в 2016 и 2017 гг. сформировали более высокие показатели (2,74–2,90%). Низкое значение данного признака отмечено у сорта Презент в 2015 и 2016 гг. – 2,06–2,19%. Оценка коэффициентов вариации показала, что некрахмальные полисахариды под влиянием генотипических и средовых факторов характеризуются слабой изменчивостью $C_{vf} = 8,2\%$.

В многочисленных исследованиях отмечено, что между содержанием водорастворимых пентозанов и массой зерна существует достоверная корреляционная связь. Результаты наших опытов показывают на отсутствие корреляционной зависимости за годы исследований, однако в рамках одного года, а именно в 2016 ($r = -0,90^*$) и 2017 ($r = -0,88^{**}$) гг., наблюдается тесная отрицательная зависимость между содержанием водорастворимых пентозанов и массой 1000 зерен.

На реологические и физические свойства ржаного теста огромное влияние кроме некрахмальных полисахаридов оказывает вязкость водно-мучной суспензии, которая, в свою очередь, зависит от качества крахмала и степени поврежденности крахмальных зерен. Повышенное содержание мелких и поврежденных зерен снижает вязкость и ведет к разрушительному действию ферментов. Максимально высокий показатель амилографической вязкости крахмальных зерен (700–1000 е. а.) у всех сортов озимой ржи за годы исследований наблюдался в 2016 г. в условиях повышенного температурного режима и продуктивной влаги в почве в весенне-летний период, что свидетельствует о низкой ферментативной активности и подтверждается результатами хлебопекарной оценки (515–575 см³). Данный параметр относится к высоковариабельным признакам $C_{vf} = 26,0\%$ и зависит сильно от гидротермических условий произрас-

тания. В период проведения исследований высота амилограммы отрицательно коррелировала с осадками в период налива зерна ($r = -0,55$) и положительно с температурным режимом ($r = 0,65$).

Процесс тестообразования, объемный выход хлеба при проведении лабораторной выпечки зависят от водопоглотительной способности муки, от вязкости ржаного теста. Мука с высоким содержанием водорастворимых пентозанов обладает большой водопоглотительной способностью, а тесто в процессе выпечки лучше сохраняет форму хлеба. В течение 2014–2017 гг. результаты корреляционного анализа показали достоверную положительную связь между объемным выходом хлеба и пентозанами ($r = 0,46^*$). Низкая ферментативная активность у изучаемых сортов ржи в 2016 и 2017 гг. отразилась на хлебопекарных достоинствах озимой ржи: максимальный объем хлеба – 510–575 см³, минимальный – 470–485 см³. Наибольшее количество некрахмальных полисахаридов в зерне также наблюдалось в эти годы.

Выводы. При выпечке ржаного хлеба водорастворимые пентозаны выполняют определенные функции: поглощают воду, увеличивают вязкость теста и улучшают формоустойчивость хлеба. Содержание некрахмальных полисахаридов в зерне озимой ржи за годы исследований в зависимости от сорта и внешних условий варьировало незначительно. Сорт озимой ржи Роксана и линия ГК-90 в 2016 и 2017 гг. имели более высокие значения данного признака (2,74–2,90%). Результаты наших данных показывают достоверную корреляционную зависимость между содержанием водорастворимых пентозанов и массой зерна только в условиях 2016 ($r = -0,90^*$) и 2017 ($r = -0,88^{**}$) гг. Данный признак в годы исследований не коррелировал с вязкостью водно-мучной суспензии, но был достоверно связан с объемным выходом хлеба ($r = 0,46^*$).

Библиографические ссылки

1. Беркутова Н. С. Методы оценки и формирования зерна. М.: Росагропромиздат, 1991. 206 с.
2. Бушук В., Кэмпбелл У. П., Древис Э. М. Рожь: производство, химия, технология. М., 1980. 247 с.
3. Гончаренко А. А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи. М., 2014. 369 с.
4. Гончаренко А. А. Новые направления в селекции озимой ржи на целевое использование // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 2(18). С. 25–31.
5. Исмагилов Р. Р. Изменчивость содержания водорастворимых пентозанов в зерне озимой ржи // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 6. С. 35–36.
6. Hashimoto S., Shogren M. D., Pomeranz Y. Cereal pentosans Their ensimatin and significance. I. Pentosans in wheat and milled wheat products // Cereal Chem. 1987. No. 64. P. 30.
7. Rakowska M. The nutritive quality of rye // Vortr. Pflanzenzucht. 1996. Vol. 35. Pp. 85–95.

References

1. Berkutova N. S. Metody ocenki i formirovaniya zerna [Methods for assessing and forming grain]. M.: Rosagropromizdat, 1991. 206 s.
2. Bushuk V., Kehmpbell U. P., Drevis Eh. M. Rozh': proizvodstvo, himiya, tekhnologiya [Rye: production, chemistry, technology]. M., 1980. 247 s.
3. Goncharenko A. A. Aktual'nye voprosy selekcii ozimoy rzhi [Current issues of winter rye breeding]. M., 2014. 369 s.
4. Goncharenko A. A. Novye napravleniya v selekcii ozimoy rzhi na celevoe ispol'zovanie [New directions in winter rye breeding for targeted use] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2016. № 2(18). S. 25–31.
5. Ismagilov R. R. Izmenchivost' soderzhaniya vodorastvorimyh pentozaonov v zerne ozimoy rzhi [Variability of the water-soluble pentosane percentage in winter rye grain] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2012. № 6. S. 35–36.
6. Hashimoto S., Shogren M. D., Pomeranz Y. Cereal pentosans Their ensimatin and significance. I. Pentosans in wheat and milled wheat products // Cereal Chem. 1987. No. 64. P. 30.
7. Rakowska M. The nutritive quality of rye // Vortr. Pflanzenzucht. 1996. Vol. 35. Pp. 85–95.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.