

Кьельдаля, составило 0,08% от результатов анализа содержания сухого вещества, полученных весовым методом – 0,5%.

Заключение

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что ближняя инфракрасная спектроскопия может использоваться как эффективный и высокопроизводительный метод для определения содержания общего азота и сухого вещества в соломе яровой мягкой пшеницы при расчете выноса азота урожаем при изучении азотного питания растений и планировании систем удобрения яровой мягкой пшеницы. Проведение анализа позволит избежать трудоемких процедур, предусмотренных методом Кьельдаля и весовым методом, и, таким образом, значительно сократит затраты и время проведения анализа.

Литература

1. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
2. Крищенко, В.П. Ближняя инфракрасная спектроскопия / В.П. Крищенко – М.: КРОН-ПРЕСС, 1997. – 640 с.
3. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина: ГОСТ 13496.4-93. – Введ. 01.01.95. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2011. – 17 с.
4. Петербургский, А.В. Практикум по агрономической химии / А.В. Петербургский. – М.: Колос, 1968. – 496 с.

DETERMINATION OF GENERAL NITROGEN AND DRY MATTER CONTENTS IN STRAW OF SPRING SOFT WHEAT USING NEAR INFRARED SPECTROSCOPY

V.N. Bezliudny, I.I. Berestov

Predictive models of general nitrogen and dry matter contents in straw of spring soft wheat are designed by near infrared spectra using the modified partial least square method. On the basis of calibration characteristics and the results of theirs testing, the following conclusion can be made: near infrared spectroscopy for the determination of general nitrogen and dry matter contents in straw of spring soft wheat can be used.

УДК 633.112.9«324»631.576

ХАРАКТЕРИСТИКА ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПОТЕНЦИАЛА ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МИКСОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Н.П. Шишлова, кандидат биол. наук, ***Е.Л. Долгова***, кандидат с.-х. наук,
Е.В. Лапутько, Т.П. Шемпель

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Поступила 18.01.2016 г.)

Аннотация. В статье представлены результаты миксографического анализа сортов и перспективных сортообразцов озимого тритикале в сравнении с пшеницей и рожью за 2013-2014 гг. Образцы тритикале в целом харак-

теризовались низкой устойчивостью к замесу, генотипической и модификационной изменчивостью индекса «максимальная вязкость», а также замедленной ретроградацией крахмала. Совокупность реологических индексов использовали для характеристики хлебопекарного потенциала генотипа и оценки пригодности в качестве сырья для изготовления хлебобулочных и (или) кондитерских изделий.

Введение. Удачные попытки применения тритикалевой муки (индивидуально и в смеси с пшеничной) для изготовления печенья, крекеров, блинов, тортильяс, сухих завтраков и т.д., остаются частными случаями [4, 7, 13] и не приводят к промышленным масштабам ее использования. При этом мука из зерна тритикале, в отличие от пшеничной, характеризуется более сбалансированным аминокислотным составом, повышенным содержанием водорастворимых легкоусвояемых белков и сниженной энергетической ценностью [3]. Тритикалевая мука может также использоваться для производства специального профилактического или диетического питания [5]. Вовлечению тритикале в продовольственную сферу препятствует, главным образом, необходимость внесения изменений и корректировок в мукомольный и хлебопекарный процессы, разработанные для традиционных хлебных культур – пшеницы и ржи. Специфические технологические и реологические признаки тритикале негативно влияют на хлебопекарное качество муки [3, 8, 13], что также не способствует реализации тритикале как продовольственной культуры.

Целью исследований явилось изучение миксографических профилей образцов тритикале, выращенных в центральном регионе республики, для оценки их хлебопекарного потенциала в сравнении с пшеницей и рожью.

Материалы и методы исследования. Основным объектом исследования являлась мука из цельносомлотых семян 6 сортов и сортообразцов озимого гексаплоидного тритикале (*X Triticosecale* Wittmack, $2n = 42$), выращенных на опытных полях Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию в 2013-2014 гг.: Прометей, Динамо, Благо, Жемчуг, Атлет (Беларусь) и Grenado (Польша). Для сравнительного анализа использовали семена озимой пшеницы сорта Капылянка, яровой пшеницы сорта Дарья (*T. aestivum* L., $2n = 42$) и семена озимой ржи сорта Спадчына (*Secale cereale* L., $2n = 28$). Норма высева составила 4,5 млн всхожих семян на гектар; доза внесения минеральных удобрений – $N_{120}P_{80}K_{120}$. Уборку зерна проводили 31.07 – 02.08 при наступлении технической спелости.

Реологический анализ несеей муки и теста, полученного из нее, проводили на комплексном анализаторе Mixolab (Франция) в режиме «Chopin Wheat+ / Profiler» [1], имитирующем условия, происходящие при выпечке хлеба. Миксографический профиль (профайлер) базировался на 6 стандартных показателях (индексах): водопоглощение (Absorption), устойчивость к замесу (Mixing), хлебопекарный индекс (Gluten+), максимальная вязкость (Viscosity), амилолитическая активность (Amylase) и ретроградация (Retrogradation), позволяющих оценить степень пригодности генотипа для хлебопекарного, кондитерского или кулинарного производства.

Результаты исследований и их обсуждение. Годы наблюдения заметно отличались по степени реализации потенциала продуктивности. Так, средняя урожайность образцов озимого тритикале в 2013 г. и 2014 г. в питомнике конкурсного сортоиспытания составила 50,9 и 77,9 ц/га соответственно. Одним из лимитирующих факторов, обусловивших эту разницу, явился дефицит осадков в первой половине июля 2013 г., когда в зерновке происходит интенсивное накопление пластических веществ. Замедление ассимиляционных процессов из-за водного стресса привело не только к потере сухого вещества, но и к изменению реологических свойств генотипов.

Миксографический анализ показал, что водопоглотительная способность тритикалевой муки оказалась в целом несколько ниже, чем ржаной и пшеничной (таблица 1). Абсорбционная способность муки определяется содержанием и составом ее высокомолекулярных компонентов – крахмала (обратная зависимость), протеина и некрахмальных полисахаридов (прямая зависимость). Степень повреждения крахмальных гранул эндогенными ферментами либо при размоле зерна также оказывает заметное влияние на водопоглощение, усиливая его [3, 11]. Величина индекса косвенно свидетельствовала о силе муки: чем выше его значение, тем сильнее мука, больше выход теста и качественнее хлеб. Из анализируемой выборки образцов тритикале выделились сорт Благо и сортообразец Атлет, характеризовавшиеся стабильно высокими показателями водопоглощения, а также сорт Динамо – с сильным разбросом значений и сорт Grenado – с минимальной водопоглотительной способностью муки.

Таблица 1 – Характеристика реологического профиля образцов озимого тритикале, пшеницы и ржи на начальных этапах образования теста

Культура, образец	Индекс профайлера, балл					
	Водопоглощение		Устойчивость к замесу		Хлебопекарный индекс	
	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
Озимое тритикале:						
Прометей – контроль	8	7	1	1	6	6
Динамо	3	8	1	1	6	7
Благо	8	8	1	1	5	6
Жемчуг	7	8	1	1	5	6
Атлет	8	8	1	1	5	6
Grenado	6	6	3	2	4	6
<i>Среднее</i>	<i>6,7</i>	<i>7,5</i>	<i>1,3</i>	<i>1,2</i>	<i>5,2</i>	<i>6,2</i>
Озимая пшеница						
Капылянка	9	8	6	4	6	5
Яровая пшеница Дарья	9	8	4	3	5	5
Озимая рожь Спадчына	9	9	3	1	9	9

Индекс «устойчивость к замесу» отражает способность теста противостоять механическому воздействию за счет образования вязко-эластичного белкового матрикса, базовую основу которого составляют проламины и высокомолекулярные глиадины.

кулярные глютелины. Для всех образцов тритикале, за исключением сорта Grenado, индекс характеризовался минимальными значениями, несмотря на различные климатические условия во время созревания зерна в 2013-2014 гг. Очевидно, что тесто из муки тритикале не обладало той степенью устойчивости, которую обеспечивал пшеничному тесту его клейковинный комплекс.

Неудовлетворительные реологические показатели тритикалевой муки на этапе образования теста обусловлены не только общим количеством белка и клейковины, но и свойствами запасных белков. Секалоглутенины представляют собой сложный пшенично-ржаной конгломерат, состоящий из высоко- и низкомолекулярных субъединиц глютеина, высокомолекулярного секалина и 75k γ -секалина [10]. Соответственно, в муке тритикале по сравнению с пшеничной меньше белка, клейковины, высокомолекулярных глютеинов, а также водородных и дисульфидных связей, сшивающих белковый каркас. Вследствие этого происходит быстрое образование теста со слабой структурой [7, 13], что исключает длительный и интенсивный замес [2].

Хлебопекарный индекс был предложен исследовательской группой Всероссийского НИИ зерна и продуктов его переработки в качестве замены показателю «gluten+» в оригинальной версии. В ходе тестирования миксолаба российскими учеными было установлено, что величина индекса не зависела от количества или качества клейковины, а была тесно связана с объемным выходом хлеба и качеством мякиша. Индекс переименовали в хлебопекарный и закрепили это название в ГОСТ Р 54498-2011. Величина хлебопекарного индекса анализируемых образцов тритикале соответствовала показателям пшеницы и даже их превышала (сорта Прометей и Динамо), но заметно уступала ржи.

Вязкость теста в процессе нагревания (60-90 °C) определялась, главным образом, количеством и качеством крахмала. Структура гранул, фракционный состав, степень кристалличности, наличие комплексов с белками, липидами и некрахмальными полисахаридами, действие эндогенных ферментов и т.д. – совокупность этих факторов определяла скорость клейстеризации крахмала [9, 12]. Уровень вязкости крахмального геля влияет на такие показатели конечного продукта как качество мякиша, объемный выход хлеба и его формоустойчивость. В 2013 г. значения показателя «максимальная вязкость» для тритикале находились на минимальном уровне, а для сорта Благо и сортообразцов Атлет и Жемчуг – ниже уровня, фиксируемого прибором (таблица 2). В 2014 г. индексы заметно увеличились, что говорит о нестабильности показателя для тритикале, в отличие от пшеницы и ржи, не испытывавших заметных колебаний по годам.

Индекс «амилолитическая активность» представлял собой обратную функцию активности амилаз муки, гидролизующих клейстеризованный крахмал. Высокие значения индекса (6-9 баллов) свидетельствовали о низкой активности эндогенных амилолитических ферментов и устойчивости крахмального геля к гидролизу и термическому воздействию. Такое положение наблюдалось в случае с пшеницей (озимой и яровой), характеризовавшейся стабильно высокими значениями индекса. Образцы тритикале занимали промежуточное положение между пшеницей и рожью, амилазная активность которой была максимальной, о чем свидетельствовали самые низкие значения индекса. В от-

Таблица 2 – Характеристика реологического профиля образцов озимого тритикале, пшеницы и ржи в ходе термической обработки теста

Культура, образец	Индекс профайлера, балл					
	Максимальная вязкость		Амилолитическая активность		Ретроградация крахмала	
	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
Озимое тритикале:						
Прометей – контроль	1	5	4	3	1	4
Динамо	1	7	4	3	2	5
Благо	—	2	4	4	1	2
Жемчуг	—	3	4	4	1	2
Атлет	—	6	4	3	1	3
Grenado	1	6	4	2	2	2
<i>Среднее</i>	<i>0,5</i>	<i>4,8</i>	<i>4,0</i>	<i>3,2</i>	<i>1,3</i>	<i>3,0</i>
Озимая пшеница						
Капылянка	4	3	6	6	6	7
Яровая пшеница Дарья	5	5	7	8	8	8
Озимая рожь Спадчына	6	4	2	2	5	3

личие от показателя «максимальная вязкость», индекс «амилолитическая активность» характеризовался стабильностью в проявлении по годам и низкой генотипической изменчивостью.

Ретроградация крахмала представляет собой процесс постепенной его рекристаллизации, т.е. восстановления ближнего и дальнего порядка в разрушенной при нагревании структуре полисахарида. Крахмальный гель, остывая, кристаллизуется, приобретает прочность и жесткость, что негативно сказывается на текстуре конечного хлебобулочного продукта, вызывая его черствение [6]. Низкие значения индекса «ретроградация крахмала» свидетельствуют о возможности длительного сохранении свежести и качества изделия. Образцы тритикале выгодно отличались от пшеницы и ржи по этому показателю: в 2013 г. они характеризовались лучшими (минимальными) значениями для анализируемой выборки, в 2014 г. превосходили пшеницу и находились на уровне ржи.

Фирма-разработчик прибора Mixolab Chopin Technologies предложила диапазоны допустимых значений индексов для различного вида хлебобулочной продукции (таблица 3). Исходя из предлагаемых значений, можно провести предварительную дифференциацию анализируемых образцов озимого тритикале по направлениям их использования.

Анализируемые образцы тритикале соответствовали требованиям, предъявляемым к муке для изготовления формового хлеба по двум реологическим показателям: водопоглощение и хлебопекарный индекс. Наибольшие отклонения от оптимальных значений по результатам двухлетних исследований наблюдались для показателей «устойчивость к замесу» и «ретроградация крахмала». Нестабильность индекса «максимальная вязкость» также можно отнести к отрицательным признакам тритикалевой муки. При этом следует принять во

внимание низкое содержание клейковины в зерне тритикале (менее 23%), при котором не рекомендуется использовать такое зерно для производства хлеба.

Таблица 3 – Диапазоны значений индексов миксографического профиля в зависимости от вида хлебобулочной продукции

Вид хлебобулочной продукции	Индексы профайлера, балл					
	Водопоглощение	Устойчивость к замесу	Хлебопеккарный индекс	Максимальная вязкость	Амилотитическая активность	Ретроградация крахмала
Формовой хлеб	5-6	4-5	6-7	5-6	7-8	7-8
Багет	5-6	1-3	3-4	2-4	2-3	1-2
Печенье	1-2	1-5	6-7	7-8	7-8	7-8

В случае с печеньем ситуация для тритикале более благоприятная, т.к. для его изготовления не требуется высокой устойчивости к замесу. Содержание клейковины также допускается ниже указанного предела, а ее качество может быть невысоким [3, 7], что, как правило, наблюдается для подавляющего большинства образцов тритикале. Сорта озимого тритикале Прометей, Динамо и Grenado характеризовались наиболее приемлемыми для изготовления печенья реологическими индексами и биохимическими показателями.

Пригодность тритикалевой муки для изготовления багетов подтвердилась соответствием всех индексов профайлера допустимым диапазонам с незначительными колебаниями по годам. Изученные образцы озимого тритикале могут рассматриваться как возможное сырье для багетов и продуктов, традиционно изготавливаемых из муки низкобелковой пшеницы [10].

Выводы

1. По результатам миксографического анализа выявили наиболее характерные реологические отличия образцов озимого тритикале от пшеницы и ржи. К ним относятся, в первую очередь, минимальная устойчивость к замесу, проявляемая независимо от года наблюдения, затем генотипическая и модификационная нестабильность индекса «максимальная вязкость», а также низкие значения индекса «ретроградация крахмала».

2. Предлагаемые фирмой Chopin Technologies реологические профили целевого назначения зерна и муки позволили сделать предварительные выводы о нецелесообразности использования муки тритикале анализируемых образцов для изготовления формового хлеба. Сорта озимого тритикале Прометей, Динамо и Grenado могут рассматриваться как сырье для изготовления печенья. В соответствии с диапазонами допустимых значений определили, что тритикалевая

мука наиболее пригодна для производства багетов и подобных хлебобулочных продуктов.

Литература

1. ГОСТ Р 54498-2011. Зерно и мука из мягкой пшеницы. Определение водопоглощения и реологических свойств теста с применением миксолаба.
2. Жигунов, Д.А. Определение реологических характеристик теста на приборе «Миксолаб» из муки с различных систем технологического процесса / Д.А. Жигунов [и др.] // Хлебобпродукты. – 2013. – №2. – С. 50-54.
3. Касьянова, Л.А. Повышение эффективности использования зерна тритикале на продовольственные цели / Л.А. Касьянова, Е.Н. Урбанчик. – Минск: Изд. центр БГУ, 2008. – 255 с.
4. Кондратенко, Р.Г. Тритикалевая сеяная мука – перспективное сырье в производстве мучных кондитерских изделий / Р.Г. Кондратенко, Е.А. Назаренко // Техника и технология пищевых производств: тез. докл. II Межд. н.-т. конф., 22-24 ноября, 2000. – Могилев, 2000. – С. 73-74.
5. Урбанчик, Е.Н. Совершенствование технологии и использование муки из зерна тритикале, выращиваемого в Республике Беларусь. Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.03 / Е.Н. Урбанчик; Могилевский гос. ун-т продовольствия. – Могилев, 2002. – 22 с.
6. Gudmundsson, M. Retrogradation of starch and the role of its components / M. Gudmundsson // *Thermochimica Acta*. – 1994. – № 246. – P. 329-341.
7. Leon, A.E. Use of triticale flour in cookies: quality factors / A.E. Leon, A. Rubiolo, M.C. Anon // *Cereal Chem.* – 1996. – Vol. 73, №6. – P. 779-784.
8. Linnemann, A.R. Toward sustainable production of protein-rich foods: appraisal of eight crops for Western Europe. I. Analysis of the primary links of the production chain / A.R. Linnemann, D.S. Dijkstra // *Crit. Rev. in Food Sci. and Nutrition*. – 2002. – Vol. 42, №4. – P. 377-401.
9. Makowska, A. Characteristics and structure of starch isolated from triticale / A. Makowska, A. Szwengel [et al.] // *Starch*. – 2014. – №66. – P. 895-902.
10. Pattison A.L. Characteristics of modern triticale quality: glutenin and secalin subunit composition and mixograph properties / A.L. Pattison, M. Appelbee, R.M. Trethowan // *J. Agric. Food Chem.* – 2014. – №5. – P. A-H.
11. Roccia, P. Use of solvent retention capacity profile to predict the quality of triticale flours / P. Roccia, M. Moiraghi [et al.] // *Cereal Chem.* – 2006. – Vol. 83, №3. – P. 243-249.
12. Rosell, C.M. Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab / C.M. Rosell, C. Collar, M. Haros // *Food Hydrocolloids*. – 2007. – №21. – P. 452-462.
13. Seguchi, M. Breadmaking properties of triticale flour with wheat flour and relationship to amylase activity / M. Seguchi, C. Ishihara [et al.] // *J. of Food Sci.* – 1999. – Vol. 64, №4. – P. 582-586.

CHARACTERISTICS OF WINTER TRITICALE BAKING POTENTIAL USING MIXOGRAPH ANALYSIS RESULTS

N.P. Shishlova, E.L. Dolgova, E.V. Laputko, T.P. Shempel

The results of mixograph analysis of winter triticale varieties and advantageous accessions in comparison with wheat and rye for 2013-2014 are presented in the article. The triticale accessions were characterized in whole by low resistance to setting, genotypic and modification variability of "peak viscosity" index as well as slow retrogradation of starch. The complex of rheological indices was used for the characterization of genotype baking potential and the evaluation of genotype availability as raw materials for making of bakery and confectionary products.