

УДК 664.788/ 664.668.9

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ СОРТА «ТИМИРЯЗЕВСКАЯ 150»

Витол И.С., канд. биол. наук, Мелешкина Е.П. д-р техн. наук,  
Туляков Д. Г., Герасина А.Ю.

*Всероссийский научно исследовательский институт зерна и продуктов его переработки – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (Москва)*

**Реферат.** В статье представлены результаты изучения технологических и биохимических показателей зерна тритикале нового сорта Тимирязевская 150, играющих ключевую роль при переработке и определяющих его хлебопекарные достоинства. Проведена оценка белково-протеиназного комплекса. Оценка углеводно-амилазного комплекса свидетельствует о повышенной амилолитической активности в данных образцах зерна тритикале. Реологические свойства теста из зерна тритикале сорта Тимирязевская 150 свидетельствуют о том, что исследуемые образцы зерна имеют достаточно высокий технологический потенциал для использования в продовольственных целях, особенно в технологиях, где высокая амилолитическая активность не является отрицательным фактором.

**Ключевые слова:** тритикале, технологические и биохимические показатели, протеолитическая активность, активность амилаз, реологические свойства теста

**Summary.** The article presents the results of studying the technological and biochemical parameters of the triticale grain of the new grade Timiryazevskaya 150 e, which play a key role in its processing and determine its baking advantages. The protein-proteinase complex was evaluated. Evaluation of the carbohydrates-amylase complex increased amylolytic activity in these samples of triticale grain. The rheological properties of the triticale grain of the Timiryazevskaya 150 is shown that the investigated samples of grain have a sufficiently high technological potential for use in food purposes, especially in technologies where high amylolytic activity is not a negative factor.

**Keywords:** triticale, technological and biochemical indicators, proteolytic activity, activity of amylase, rheological properties of dough

**Введение.** Тритикале – это первая зерновая культура, полученная скрещиванием пшеницы (*Triticum*) с рожью (*Secale*). Новый вид хлебных злаков обладает высоким биологическим потенциалом и пищевой ценностью. Использование тритикале как продовольственной культуры в нашей стране остается до сих пор крайне ограниченным, тем не менее, это интересное, перспективное направление расширения сырьевой базы и ассортимента выпускаемой продукции для перерабатывающих отраслей пищевой индустрии. Во Всероссийском НИИ зерна и продуктов его переработки на основе многолетних исследований впервые в РФ разработаны межгосударственные стандарты на зерно и муку из зерна тритикале: ГОСТ 341032-2016. «Тритикале. Технические условия», ГОСТ 34142-2017. «Мука тритикалевая. Технические условия», в которых сформулированы требования для зерна и муки, с позиции возможности их использования для переработки в продовольственных целях.

Сорт тритикале Тимирязевская 150 – новый сорт озимой гексаплоидной тритикале, созданный учеными РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева [1] и включенный в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в России в 2017 году. Известно, что качество зерна, в том числе и тритикале, зависит от особенностей

сорта, поэтому комплексное изучение технологических, биохимических особенностей новых сортов, в частности сорта Тимирязевская 150, позволит в полной мере выявить их биопотенциал, а значит полноценно и целенаправленно использовать как зерно тритикале, так и продукты его переработки в различных отраслях пищевой индустрии [2-4]. Оценка многочисленных факторов, от которых зависят хлебопекарные свойства зерна и муки, и которые в свою очередь зависят от свойств всех компонентов муки, их взаимодействия и взаимовлияния, по отдельности крайне длительна и трудоемка. Изучение реологических свойств теста, которые определяют качество хлеба и хлебобулочных изделий, позволяет за короткое время оценить назначение зерна или муки [5-7].

**Объекты и методы исследований.** В работе использовали зерно озимого тритикале сорта Тимирязевская 150, урожая 2015 – 2017 годов, предоставленное Селекционной станцией им. П.И. Лисицына РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Оценка технологических показателей качества проводили в соответствии с действующими стандартами, принятыми в отрасли. Число падения определяли по ГОСТ 27676-88. Фракционный состав белков и ферментативную активность протеаз по общепринятым методикам [8].

Оценку реологических свойств теста осуществляли на приборе Миксолаб фирмы Chopin Technologies (Франция). Принцип метода основан на постоянной регистрации изменения момента силы на приводе месильных лопастей в процессе замеса теста при заданных изменениях температуры, что позволяет объективно оценить свойства зерна или муки и определить его целевое назначение [5,9].

Для анализа цельносмолотого зерна тритикале сорта Тимирязевская 150 использовали протокол Chopin Wheat+, предлагающий 5 интервалов температур, при которых идет исследование. Измеряемый крутящий момент в анализируемых точках графика с точки зрения биохимии характеризует различные процессы.

Первый этап (С1) характеризует время замеса, образования теста, его устойчивость. Продолжительность 1-ой фазы составляет 8 мин, при этом оптимальная консистенция обеспечивается путем подбора количества добавляемой воды, что характеризует водопоглотительную способность муки из целого зерна. Также на этом этапе определяется оптимальный крутящий момент для дальнейшего эксперимента. На втором этапе (С2) регистрируется разжижение теста при его нагреве до 90 °С, которое, как считается, связано с изменениями в белковом комплексе зерна, вызванными механическим воздействием и температурой. Общая продолжительность 2-ого этапа составляет 7 мин (скорость нагрева 4 °С/мин). Продолжительность 3-его этапа составляет 5 мин. Во время этой фазы в тестомесилке поддерживается постоянная температура 90 °С. На 4-ом и 5-ом этапах измеряют консистенцию теста при его охлаждении до 50 °С и выдерживании при этой температуре в течение 5 мин (С4, С5 – начало и окончание ретроградации крахмала). Продолжительность составляет 10 и 5 мин соответственно. Скорость охлаждения на 4-ой фазе – 4 °С/мин. Расчетные величины:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – скорости биохимических реакций.

**Обсуждение результатов.** Проведена оценка технологических тритикале сорта Тимирязевская 150 урожая 2015-2017 годов, результаты которой представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Показатели качества зерна тритикале сорта Тимирязевская 150

Год урожая	Влажность, %	Масса 1000 зерен, г на с.в.	Натура, г/дм <sup>3</sup>	Стекловидность, %		Зольность, %
				общая	полная	
2015	9,9	41,26	785	53	7	1,94
2016	9,6	40,76	766	55	10	2,04
2017	9,2	37,06	792	52	12	1,96

Состояние белково-протеиназного комплекса оценивали по общему содержанию белка, количеству и качеству клейковины (табл. 2).

Таблица 2 – Характеристика белкового комплекса зерна тритикале сорта Тимирязевская 150

Год урожая	Содержание белка (N×6,25), %	Количество клейковины, %	Качество клейковины	
		Сырой	ед. ИДК	группа
2015	9,9	8,40	35	II – удовлетворительная крепкая
2016	9,6	17,33	49	II – удовлетворительная крепкая
2017	10,8	12,0	40	II – удовлетворительная крепкая

Изучение количественного соотношения и свойств различных фракций растворимых белковых веществ зерна представляет, наряду с теоретическим интересом, и большой практический интерес для технологий, использующих зерно в качестве основного сырья. Несмотря на то, что разделение белковых веществ по растворимости достаточно условно, тем не менее, оно применяется достаточно широко и в настоящее время. Однако многие вопросы остаются до сих пор не выясненными. Это связано, чаще всего, с различием в методическом подходе разных исследователей.

Изучение фракционного состава растворимых белков показало, что процентное соотношение всех фракций примерно одинаковое и составляет 20-25 %, при этом следует отметить, что в образце зерна тритикале урожая 2016 года доля спирто- и щелочерастворимых белков суммарно больше, чем в образце зерна тритикале урожая 2015 года (47,22 и 49,58 % соответственно). Образец зерна тритикале урожая 2017 г. занимает промежуточное положение (табл. 3).

Таблица 3 – Фракционный состав растворимых белков зерна озимого тритикале сорта Тимирязевская 150

Год урожая	Фракционный состав белков, % от общего содержания белка				
	альбумины	глобулины	проламины	глютелины	нерастворимый остаток
2015	21,48	22,32	23,75	23,47	8,71
2016	20,14	21,64	25,08	24,50	8,64
2017	21,08	22,10	24,15	23,88	8,79

Известно, что протеолитические ферменты играют существенную роль в процессах, протекающих в зерне при его хранении и переработке. Мука, получаемая при механическом воздействии на зерно, нарушении его целостности, представляет собой с биохимической точки зрения совершенно другой объект исследования. Объект, в котором активируются, в первую очередь, окислительные и гидролитические процессы, в том числе процессы, связанные с протеолизом эндогенных белков.

В работах, проводимых в Всероссийском НИИ зерна и продуктов его переработки по изучению протеолитических ферментов зерна тритикале, было показано наличие трех типов протеиназ при действии на бычий сывороточный альбумин (стандартный субстрат) и

собственные белки: кислые протеиназы с оптимумом рН 3,5; нейтральные протеиназы с оптимумом рН 6,5; щелочные протеиназы с оптимумом рН 9,5 [10,11].

В табл. 4 представлены данные об активности кислых и нейтральных протеиназ зерна тритикале сорта Тимирязевская 150.

Таблица 4 – Активность протеиназ зерна тритикале сорта Тимирязевская 150

Образец, год урожая	Белок, мг/мл	Протеолитическая способность	
		Кислые протеиназы, ед. $\Delta A_{280}$ /мг белка	Нейтральные протеиназы, ед. $\Delta A_{280}$ /мг белка
2015	0,110	1,20	1,90
2016	0,150	1,30	2,20
2017	0,150	1,10	2,10

Из представленных данных следует, что активность нейтральных протеаз в 1,5–2,0 раза выше активности кислых протеиназ.

Величина протеолитической активности в исследуемых образцах зерна тритикале имеет, наряду с другими биохимическими показателями, принципиальное значение, поскольку протеиназы способны активно гидролизовать собственные, в том числе и клейковинные белки, что, в конечном счете, сказывается на технологическом процессе и готовом продукте. Кроме того, протеолитические ферменты участвуют в регуляции активности других ферментных систем, например, амилаз.

Активность амилолитических ферментов зерна и муки – еще одна важная технологическая и биохимическая характеристика, которая определяет наряду с другими показателями, хлебопекарные достоинства муки. Для зерна тритикале урожая 2015 г. число падения составило 133 с, для зерна тритикале урожая 2016 г. – 96 с., урожая 2017 г. – 169 с. Это косвенно свидетельствует о повышенной амилолитической активности в данных образцах зерна тритикале.

Анализ реологических свойств теста из зерна тритикале сорта Тимирязевская 150 урожая 2017 г. выявил следующие основные параметры реологических свойств и расчетные показатели скоростей реакций (табл. 5, рис. 1).

Таблица 5 – Основные параметры миксолабограммы зерна тритикале сорта Тимирязевская 150 (протокол ChopinWheat+) и расчетные показатели скоростей реакций

Параметры	Время, мин	Крутящий момент, Н·м	Температура теста, °С
C1	3,27	1,090	26,8
CS	8,00	0,857	27,3
C2	18,50	0,363	53,6
C3	22,90	1,472	70,6
C4	32,27	0,706	78,5
C5	45,00	1,173	48,3
Угловые коэффициенты, Н·м/мин			
$a^* = -0,050$		$\beta^{**} = 0,486$	$\gamma^{***} = -0,094$

\* $\alpha$  – характеристика скорости реакции разжижения, выражаемая углом наклона касательной к миксолабограмме от момента достижения температуры 30 °С до точки C2;

\*\* $\beta$  – характеристика скорости реакции клейстеризации крахмала, выражаемая углом наклона касательной к миксолабограмме на участке C2 – C3;

\*\*\* $\gamma$  – характеристика скорости амилолиза, выражаемая углом наклона касательной к миксолабограмме на участке C3 – C4.

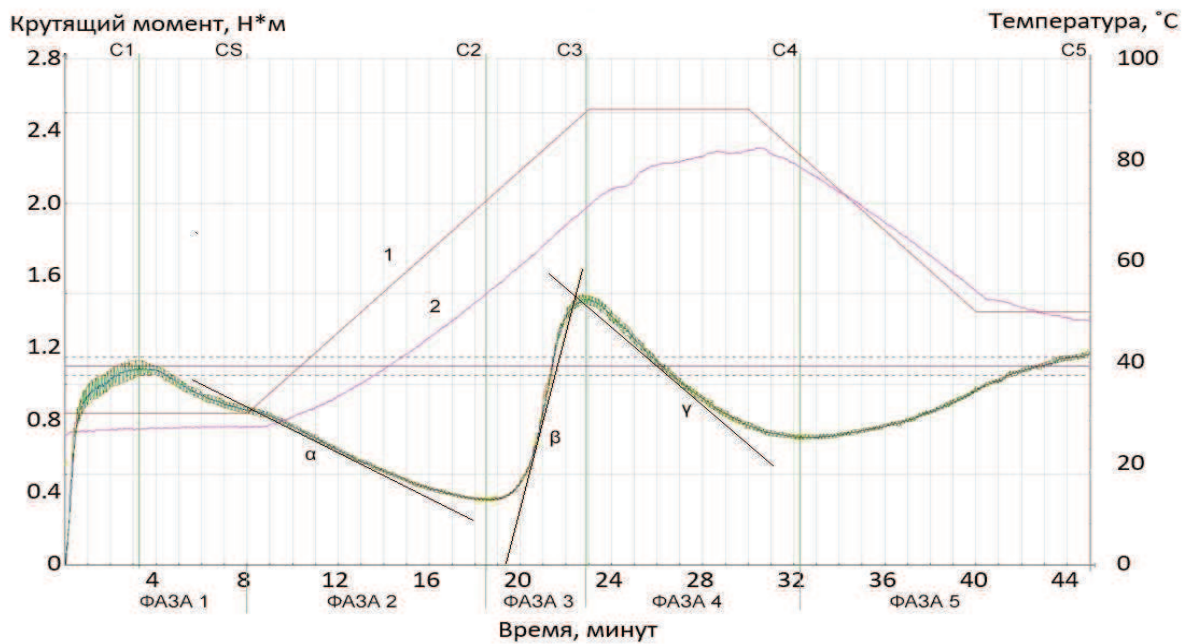


Рис.1. Миксолабограмма зерна тритикале сорта Тимирязевская 150

1 – температура тестомесилки, 2 – температура теста, C1, C2, C3, C4, C5 – анализируемые точки графика, в которых измеряют момент силы

1-ая фаза (C1) время от добавления воды до достижения оптимального крутящего момента при анализе цельносомлотого зерна тритикале составило 3,27 минуты. Следует отметить, что для зерна тритикале, как и для тритикалевой муки, время, характеризующее устойчивость теста и степень его разжижения, примерно в 5 раз меньше, чем для пшеницы и пшеничной муки и составляет 1,25 и 5,02 минуты соответственно [6,12].

2-ая фаза (C2) – разжижение теста связано с механическим и температурным воздействием. При этом высокое значение C2 указывает на хорошее качество белка [12]. Крутящий момент на втором этапе составил 0,363 Н·м. Дополнительным параметром, характеризующим скорость изменений в белковом комплексе зерна при нагревании, к которым следует отнести, как указывалось выше, денатурационные процессы и частичный протеолиз под действием собственных протеиназ зерна, является угловой коэффициент альфа ( $\alpha$ ), который характеризует скорость разжижения теста при нагреве (табл.5).

Крутящий момент на 3-ей фазе (C3) составил 1,472 Н·м, что является самой высокой точкой на графике и обусловлен максимальной вязкостью и набуханием гранул крахмала. Наблюдается стремительный и крутой подъем кривой на графике, что свидетельствует о высокой скорости клейстеризации крахмала.

На 4-ой фазе (C4), температура месильной камеры выходит на свой максимум ( $90^{\circ}\text{C}$ ) и поддерживается в течение 7 минут. В это время наблюдается снижение вязкости за счёт разрыва водородных связей, обеспечивающих более плотную упаковку амилозы и амилопектина. Образец размолотого зерна Тимирязевская-150 характеризуется низкой стабильностью крахмального клейстера, что может быть связано со структурными особенностями крахмала тритикале и высокой долей поврежденных крахмальных зерен. Крутящий момент составил 0,706 Н·м.

На 5-ой фазе (C5) при постепенном охлаждении с  $90^{\circ}\text{C}$  до  $50^{\circ}\text{C}$  происходит так называемая ретроградация крахмала, суть которой сводится к тому, что молекулы амилозы и амилопектина вновь выстраивают кристаллические цепочки за счёт водородных связей. Чем выше крутящий момент, тем быстрее идёт процесс ретроградации. Можно про-

гнозировать, что продукты из данного зерна будут относительно устойчивыми после выпечки, так как крутящий момент на этом этапе невысокий и составляет 1,173 Н·м.

На рис. 2 представлены основные индексы исследуемого образца зерна сорта Тимирязевская 150. Данные интегральной оценки реологических свойств теста визуализируются на графике в виде круговой диаграммы (рис. 2).

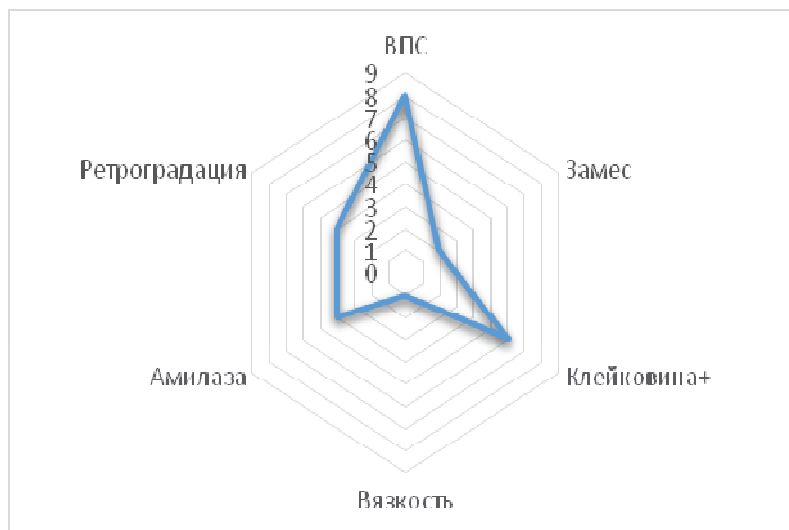


Рис. 2. Круговая диаграмма (профайлер миксолаба) зерна тритикале сорта Тимирязевская 150

Анализируя данные интегральной оценки реологических свойств теста по 6-ти основным показателям профайлера миксолаба, установлено, что в баллах они имели следующие значения: ВПС – 8, Замес – 2, Клейковина+ – 6, Вязкость – 1, Амилаза – 4, Ретроградация крахмала – 4. Можно констатировать, что исследуемый образец зерна характеризуется высокой водопоглотительной способностью, так как содержит, в отличие от муки, большее количество белков, некрахмальных полисахаридов за счет присутствия периферийных частей зерновки.

Низкий «показатель замеса» свидетельствует о недостаточной стабильности теста во время замешивания и соответствует слабой или средней муке, которая может быть рекомендована для хлеба с малым объемом, слоеного теста, крекеров, лапши [13].

«Показатель клейковины» отражает два очень важных процесса, которые происходят во время нагревания теста от 30 °С до 40 °С: крахмальные гранулы набухают, но их структура остается неизменной, при этом действие α-амилазы совсем незначительное; структура клейковинных белков изменяется, что связано с особенностями белковых комплексов, разрывом водородных связей, другими факторами, оказывающими влияние на структуру и свойства клейковины, а именно липидов, углеводов, ферментов (протеазы и их белковые ингибиторы, амилазы, липоксигеназа) [14]. Исследуемый образец зерна тритикале имеет индекс клейковины – 6, группу качества по показаниям ИДК – II удовлетворительная крепкая (40 ед. ИДК).

«Показатель вязкости» описывает фазу, при которой наибольшее количество физико-химических и биохимических параметров вступают во взаимодействие. На этой стадии роль белков отходит на второй план, а наибольшее значение приобретает состояние крахмала, его клейстеризация и активность амилаз, которая достигает своего максимума при температуре 60-70 °С. Низкий уровень индекса вязкости свидетельствует о высокой амилитической активности, что коррелирует с индексом амилазы и подтверждается данными, полученными с использованием метода числа падения.

«Показатель ретроградации крахмала» напрямую связан со способностью конечного продукта противостоять черствению. Исследуемый образец зерна имеет средний уровень индекса ретроградации крахмала, что позволяет предположить достаточно долгую сохранность свежести после выпечки.

**Выводы.** Мировая практика лабораторных исследований в области качества и безопасности продуктов питания свидетельствует о постоянном расширении списка контролируемых показателей пищевого сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Таким образом, комплексные исследования биохимических, технологических и реологических свойств зерна, с использованием различных методов, их сравнительный анализ, по нашему глубокому убеждению, необходимы для правильной интерпретации показателей и более полного понимания их практического применения. Комплексная оценка качества зерна тритикале сорта Тимирязевская 150 с использованием традиционных и современных методов исследования показала, что исследуемые образцы зерна имеют достаточно хороший технологический потенциал для использования в продовольственных целях, особенно в технологиях, где высокая амилолитическая активность не является отрицательным фактором.

### Литература

1. Рубец, В.С. Селекция озимой тритикале в РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева: история, особенности, достижения // Известия ТСХА. – 2014. – № 1. – С.115-124.
2. Леонова, С.А. Оценка хлебопекарных свойств перспективных селекционных видов тритикале / С.А. Леонова, Л.И. Пусенкова, Е.В. Погонец // Хлебопродукты. – 2013. – № 6. – С. 40.
3. Технологические и биохимические показатели как составляющие качества муки тритикале/ Е.П.Мелешкина [и др.] // Контроль качества продукции (Методы оценки соответствия). – 2017. – № 2. – С. 38-44.
4. Технологические свойства новых сортов тритикалевой муки/ Г.Н. Панкратов [и др.] // Хлебопродукты. – 2016. – № 1. – С. 60-62.
5. Оценка муки из зерна тритикале на основе реологических свойств с использованием системы Миксолаб/ Д.Г. Туляков [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. – № 1 – С. 20-23.
6. Antanas S. Studies regarding rheological properties of triticale, wheat and rye flours / S.Antanas // J. of Horticulture, Forestry and Biotechnology. – 2013. – v.17. – № 1. – P. 345-349.
7. Dapcevic T., Evaluation of the possibility to replace conventional rheological wheat flour quality control instruments with the new measurement tool – mixolab // Agriculturae Conspectus Scientificus. – 2009. – V. 74. – № 3. – P. 169-174.
8. Пищевая химия. Лабораторный практикум/ Нечаев А.П. [и др.]. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 304 с.
9. ГОСТ ISO 17718-2015. Зерно и мука из мягкой пшеницы. Определение реологических свойств теста в зависимости от условий замеса и повышения температуры. – М.: Стандартинформ. – 2015. – 31с.
10. Белково-протеиназный комплекс зерна тритикале/ И.С. Витол [и др.]// Хранение и переработка сельхозсырья. – 2015. – № 8. – С. 36-39.
11. Биохимическая характеристика новых сортов тритикалевой муки/И.С. Витол [и др.]//Хлебопродукты. – 2016. – № 2. – С. 42-44.
12. Aprodu J. Effect of the industrial milling process on the rheological behavior of different types of wheat flour // Scientific Study and Research: Chemistry and Chemical Engineering. – 2010. – № 11. – P. 429-437.
13. Dubat A. Le mixolab Profiler: un outil complet pour le controle qualite des bles et des farines // Industries des Cereales. – 2009. – № 161. – P. 11-26.
14. Биохимические и реологические показатели в оценке хлебопекарных свойств разных видов муки / Д.Г. Туляков [и др.] // Хлебопродукты. – 2017. – № 6. – С. 30-34.