

УДК 633.112.9«324»:631.57

## МИКСОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕСТА ИЗ МУКИ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ

Н.П. ШИШЛОВА

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по земледелию  
222160 Минская обл., Жодино, ул. Тимирязева, 1  
e-mail: triticale@tut.by

Проведен миксографический анализ теста из муки 12 сортов и сортобразцов озимого тритикале, выращенных в условиях Центрального региона Беларусь в 2013—2014 гг. Для сравнения использованы семена озимой и яровой пшеницы, озимой ржи. Оценена водопоглотительная способность муки и динамика вязкости теста при различных температурных режимах. Изучены корреляционные связи между физико-химическими и миксографическими показателями муки озимого тритикале и озимой пшеницы.

**Ключевые слова:** *Triticosecale* Wittm. & A. Camus, физико-химические свойства муки, миксографический анализ теста, корреляционные зависимости.

Изучение хлебопекарного потенциала новой высокопродуктивной культуры тритикале началось практически одновременно с распространением производственных посевов — в 1960—1970 г. [18, 19]. Многолетние исследования показали пригодность муки из зерна тритикале (как индивидуально, так и в смеси с пшеничной мукой) для изготовления различных видов хлебобулочных, кондитерских или кулинарных изделий [10—12, 17]. Высокие потребительские качества муки из зерна тритикале определялись сбалансированным аминокислотным составом, повышенным уровнем пищевых волокон, низкими калорийностью и себестоимостью, а также возможностью использования ее для изготовления диетических продуктов [3, 4, 13].

Тем не менее специфические технологические и реологические особенности зерна тритикале затрудняют внедрение культуры в сферу хлебопекарного производства. С одной стороны, удлиненная форма зерновки, шероховатая поверхность и глубокая бороздка негативно сказываются на показателях «натура зерна» и, соответственно, «выход муки», с другой — свойства белкового и углеводно-амилазного комплексов обусловливают нестабильность и низкую вязкость тритикалевых замесов. С учетом этого привлечение тритикале к производству хлебобулочных изделий требует внесения ряда изменений в мукомольный и хлебопекарный процессы [2, 3, 10, 12].

Биохимическое качество зерна тритикале, выращиваемого в климатических условиях Беларусь, остается не вполне удовлетворительным для хлебопекарной культуры, однако интенсивный селекционный процесс привел к созданию новых сортов и перспективных сортобразцов тритикале с улучшенными качественными показателями. Оценка их хле-

бопекарного потенциала приобретает актуальность и в связи с заметным изменением климатических условий на территории республики. В последние годы все чаще наблюдаются превышение температурной нормы и дефицит осадков в период активного накопления пластических веществ, который приходится для озимого тритикале на конец июня— первую половину июля. Жаркий сухой климат способствует не только накоплению сырого протеина и клейковины, но и улучшению их качества. При этом повышается степень кристалличности крахмала, снижается активность эндогенных амилолитических ферментов, что приводит к усилению реологических свойств.

Цель исследований заключалась в миксографическом анализе образцов озимого тритикале, пшеницы и ржи для сравнительной оценки реологического потенциала муки и теста, выявления достоверных зависимостей между изученными количественными признаками.

### Методика

Основным объектом исследований были семена 12 сортов и сортобразцов озимого гексаплоидного тритикале ( $X$  *Triticosecale* Wittm. & A. Camus,  $2n = 42$ ) отечественной и зарубежной селекции, выращенные на опытных полях Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию в 2013—2014 гг. Сравнительному анализу подвергали семена шести сортов и сортобразцов озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.,  $2n = 42$ ), яровой пшеницы сорта Дарья ( $2n = 42$ ) и озимой ржи (*Secale cereale* L.,  $2n = 28$ ) сорта Спадчына. Норма высева составляла 4,5 млн всхожих семян на 1 га, доза внесения минеральных удобрений —  $N_{120}P_{80}K_{120}$ . Уборку зерна проводили 31 июля—2 августа при наступлении технической спелости.

В семенах определяли содержание сырого протеина и клейковины методом ИК-спектроскопии [5], в муке — содержание крахмала поляриметрическим методом [1]. Муку получили при размоле семян на лабораторной мельнице LM 3100 (Швеция) с размером ячеек сита 0,8 мм. Реологический анализ теста проводили на комплексном анализаторе Mixolab (Франция) в режиме «Chopin Wheat+» [6]. В ходе исследования определяли водопоглотительную способность (ВПС) муки и крутящие моменты: во время замеса теста ( $C_1$ ), при его разжижении ( $C_2$ ), во время клейстеризации ( $C_3$ ), амилолиза ( $C_4$ ) и ретроградации ( $C_5$ ) крахмала. Рассчитали коэффициенты парной корреляции между изученными реологическими параметрами и физико-химическими показателями муки из семян озимого тритикале и озимой пшеницы.

### Результаты и обсуждение

Годы наблюдения (2013, 2014) различались по климатическим условиям в период формирования, налива и созревания (июнь—июль) зерна озимого тритикале. В июне 2013 г. погодные условия благоприятствовали этим процессам: повышенный температурный фон ( $\Delta t = +2,9$  °C) сочетался с незначительным дефицитом осадков (77,3 % нормы). Однако в первой и второй декадах июля, во время интенсивного накопления пластических веществ, количество осадков составило соответственно 0 и 46 % нормы.

Погодные условия в июне 2014 г. были близки к норме по температуре воздуха ( $\Delta t = -0,9$  °C) и количеству осадков (91 %). Июль был теплым ( $\Delta t = +2,7$  °C) и характеризовался более благоприятным, по сравнению с 2013 г., распределением осадков по декадам: первая — 62, вторая —

73 % нормы. Существенный дефицит осадков в июле 2013 г. негативно сказался на урожайности анализируемых образцов озимого тритикале: среднее значение составило 58,8 ц/га, что на 27 % меньше, чем в 2014 г. (74,7 ц/га). Несмотря на рост продуктивности, в 2014 г. отмечалось увеличение содержания сырого протеина и снижение содержания крахмала в зерне всех культур и образцов (табл. 1). Изменение содержания клейковины в зерне было разнонаправленным: для пшеницы отмечался рост показателя, для тритикале — снижение.

Миксографический анализ показал, что водопоглотительная способность муки анализируемых образцов тритикале находилась на уровне озимой пшеницы и заметно уступала ржи (табл. 2). Контрастность климатических условий в период созревания зерна не оказала заметного влияния на абсорбционную способность муки исследуемых образцов, за исключением сорта яровой пшеницы Дарья. Вариация признака была низкой для обоих лет наблюдений как для тритикале, так и для пшеницы.

В процессе замеса водно-мучной суспензии при постоянной температуре (30 °С) происходило образование теста, основу которого составлял вязко-эластичный белковый матрикс, прошитый водородными и дисульфидными связями. По средним значениям показателей время образования теста и стабильность теста образцы тритикале занимали промежуточное положение между образцами пшеницы и ржи. Показатели характеризовались значительной генотипической изменчивостью — 28,99—40,01 %. Образование теста из тритикалевой муки происходило в 1,9 раза быстрее, чем из пшеничной, и в 2,1 раза медленнее, чем из ржаной муки. Оно сохраняло свою консистенцию (стабильность теста) в среднем 2,77 мин, т.е. в 3,1 раза меньше, чем пшеничное тесто и в 2,0 раза дольше, чем ржаное. Примечательно, что для большинства анализируемых образцов тритикале, как и для сорта ржи Спадчына, стабильность теста примерно соответствовала времени его образования. Следует отметить, что сорт тритикале Grenado (Польша) и созданные с его участием сортообразцы по динамике образования теста демонстрировали больше сходства с пшеницей, характеризуясь высокими (для тритикале) значениями указанных выше показателей.

Крутящий момент в точке С<sub>1</sub> отражал консистенцию теста на этапе его образования при замесе водно-мучной суспензии. Показатель характеризовался низкой вариабельностью и близкими значениями для образцов тритикале и пшеницы (табл. 3). Озимая рожь имела более высокую вязкость теста, что связано с повышенным содержанием арабиноксиланов. Эти некрахмальные полисахариды способствуют улучшению хлебопекарного потенциала ржи за счет интенсивного водопоглощения и образования высоковязких растворов [16].

На втором этапе анализа, при повышении температуры от 30 до 60 °С, происходило разжижение теста и, соответственно, снижение крутящего момента в точке С<sub>2</sub>. Для тритикале оно было самым существенным — в 3—4 раза от первоначального уровня, что свидетельствовало о слабой структуре теста, обусловленной низкими качеством и количеством клейковины. В зерне анализируемых образцов тритикале содержание клейковины составило по результатам двухлетних исследований в среднем 14,2 %, в то время как в зерне озимой пшеницы — 25,6 %, яровой пшеницы — 29,2 % (см. табл. 1). Ее качество заметно хуже из-за меньшего количества высокомолекулярных проламинов и глютенинов [8, 14], а также водородных и дисульфидных связей между ними, из-за

ТАБЛИЦА 1. Содержание основных запасных веществ в зерне тритикале, пшеницы и рожи

| Характеристика                | Сырой протеин*, % |           | Сырая клейковина, % |           | Крахмал*, % |           |
|-------------------------------|-------------------|-----------|---------------------|-----------|-------------|-----------|
|                               | 2013 г.           | 2014 г.   | 2013 г.             | 2014 г.   | 2013 г.     | 2014 г.   |
| Озимое тритикале ( $n = 12$ ) |                   |           |                     |           |             |           |
| Среднее                       | 10,8±0,3          | 11,2±0,4  | 15,1±1,2            | 13,3±1,4  | 70,1±0,6    | 67,3±0,6  |
| Границы изменчивости          | 8,7–12,4          | 9,5–13,4  | 6,9–22,0            | 7,0–23,1  | 67,5–74,2   | 64,6–71,3 |
| Коэффициент вариации, %       | 11,0              | 11,36     | 28,70               | 36,81     | 3,12        | 2,84      |
| Озимая пшеница ( $n = 6$ )    |                   |           |                     |           |             |           |
| Среднее                       | 12,0±0,6          | 12,9±0,4  | 24,8±0,8            | 27,5±1,1  | 70,3±0,7    | 67,9±0,4  |
| Границы изменчивости          | 9,3–13,4          | 11,5–14,1 | 21,5–26,7           | 24,2–31,9 | 68,8–73,7   | 66,9–69,6 |
| Коэффициент вариации, %       | 12,34             | 6,88      | 7,69                | 9,89      | 2,55        | 1,36      |
| Яровая пшеница                |                   |           |                     |           |             |           |
| Дарья                         | 11,6              | 13,9      | 26,5                | 34,3      | 71,3        | 66,0      |
| Озимая рожь                   |                   |           |                     |           |             |           |
| Сталдьна                      | 10,3              | 11,0      | —                   | —         | 60,8        | 56,7      |

\*В расчете на абсолютно сухое вещество.

Таблица 2. Водопоглотительная способность муки и устойчивость теста трипикале, пшеницы и рожь

| Характеристика                    | Водопоглотительная способность муки, % |           | Время образования теста, мин |           | Стаабильность теста, мин |           |
|-----------------------------------|--|-----------|------------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
|                                   | 2013 г.                                | 2014 г.   | 2013 г.                      | 2014 г.   | 2013 г.                  | 2014 г.   |
| Озимое трипикале ( <i>n</i> = 12) |  |           |                              |           |                          |           |
| Среднее                           | 63,8±0,8                               | 63,5±0,4  | 2,26±0,19                    | 2,66±0,24 | 2,88±0,33                | 2,65±0,28 |
| Границы изменчивости              | 59,2—67,7                              | 61,0—64,7 | 1,22—3,27                    | 1,37—4,90 | 1,15—5,30                | 1,08—5,0  |
| Коэффициент вариации, %           | 4,32                                   | 1,97      | 28,99                        | 31,51     | 40,01                    | 36,92     |
| Озимая пшеница ( <i>n</i> = 6)    |  |           |                              |           |                          |           |
| Среднее                           | 64,3±1,1                               | 62,5±0,9  | 4,27±0,43                    | 4,86±0,22 | 8,67±0,51                | 8,46±0,21 |
| Границы изменчивости              | 60,3—68,9                              | 60,0—66,6 | 2,20—5,00                    | 4,38—5,75 | 6,38—10,13               | 7,82—9,15 |
| Коэффициент вариации, %           | 4,28                                   | 3,61      | 24,46                        | 11,05     | 14,37                    | 6,14      |
| Яровая пшеница                    |  |           |                              |           |                          |           |
| Дарья                             | 69,6                                   | 63,1      | 5,23                         | 4,03      | 5,43                     | 7,12      |
| Озимая рожь                       |  |           |                              |           |                          |           |
| Сталдчына                         | 71,2                                   | 69,5      | 1,23                         | 1,15      | 1,60                     | 1,15      |

ТАБЛИЦА 3. Консистенция теста из муки тритикале, пшеницы и ржи на этапах образования ( $C_1$ ) и разрыссеия ( $C_2$ )

| Характеристика                | $C_1$     |           | Круглящий момент, Н·м |           | $C_2$ |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------------------|-----------|-------|
|                               | 2013 г.   | 2014 г.   | 2013 г.               | 2014 г.   |       |
| Озимое тритикале ( $n = 12$ ) |           |           |                       |           |       |
| Среднее                       | 1,16±0,02 | 1,13±0,02 | 0,29±0,02             | 0,37±0,01 |       |
| Границы изменчивости          | 1,06–1,31 | 1,03–1,23 | 0,23–0,44             | 0,28–0,43 |       |
| Коэффициент вариации, %       | 5,68      | 5,17      | 20,16                 | 11,82     |       |
| Озимая пшеница ( $n = 6$ )    |           |           |                       |           |       |
| Среднее                       | 1,14±0,03 | 1,12±0,06 | 0,43±0,01             | 0,48±0,01 |       |
| Границы изменчивости          | 1,05–1,22 | 1,03–1,16 | 0,41–0,47             | 0,43–0,51 |       |
| Коэффициент вариации, %       | 5,79      | 4,59      | 5,56                  | 6,45      |       |
| Яровая пшеница                |           |           |                       |           |       |
| Дарья                         | 1,21      | 1,10      | 0,43                  | 0,40      |       |
| Озимая рожь                   |           |           |                       |           |       |
| Спальчина                     | 1,48      | 1,41      | 0,68                  | 0,62      |       |

чего клейковину тритикале можно отнести к удовлетворительно слабой II группы [3].

На третьем этапе анализа, с повышением температуры до 90 °С, вязкость теста возрастала за счет клейстеризации крахмала. В отличие от двух предыдущих этапов, отражающих, главным образом, свойства протеинов, определяющими на этом и последующих этапах являлись свойства углеводно-амилазного комплекса. Степень повреждения крахмальных гранул, фракционный состав крахмала, наличие в нем примесей (липиды и пентозаны), активность эндогенных ферментов и другие — все эти факторы оказывали существенное влияние на скорость и начальную температуру клейстеризации, вязкость образовавшегося клейстера, его стабильность [9, 13, 15, 16].

Крутящий момент  $C_3$  на пике вязкости для образцов озимого тритикале характеризовался минимальными значениями — 1,11 и 1,76 Н·м (табл. 4). В 2013 г. различия между культурами по этому показателю проявились сильнее, что связано с влиянием абиотических факторов. В более благоприятных условиях 2014 г. разница между максимальной вязкостью теста из муки тритикале, пшеницы и ржи заметно уменьшилась. Для озимой ржи наблюдалось снижение показателя, связанное с уменьшением количества водорастворимых арабиноксиланов, о чем свидетельствовало резкое падение вязкости водного экстракта зерна ржи: 2013 г. — 21,3, 2014 г. — 9,8 мПа·с.

На следующем этапе миксографического анализа изучалась устойчивость клейстеризованного крахмала к воздействию амилолитических ферментов. Вязкость теста тритикале в точке  $C_4$  была минимальной по результатам двухлетних исследований при очень высоком диапазоне изменчивости показателя. В ГОСТ Р 54498—2011 [6] указано, что «точка  $C_2$  является самой нижней на миксолабограмме». В отличие от пшеницы и ржи, это утверждение неприменимо к большинству анализируемых образцов тритикале, для которых самой нижней являлась точка  $C_4$ , отражающая степень гидролиза крахмала.

На заключительном этапе, при снижении температуры до 50 °С, происходила ретроградация крахмала, которая сопровождалась увеличением вязкости теста в точке  $C_5$  для всех культур и образцов независимо от года наблюдения. Это явление связано с постепенным переходом от аморфного состояния клейстеризованного крахмала к упорядоченной кристаллической структуре как термодинамически более выгодной [9, 16]. Главную роль в этом процессе играет амилопектин, отвечающий за долговременные реологические изменения. Низкие значения крутящего момента  $C_5$ , характерные для образцов тритикале, можно рассматривать как положительную специфическую особенность культуры, так как ретроградация крахмала является главным фактором черствения хлеба и крахмалсодержащих продуктов. Продукция из муки тритикале дольше сохраняет свежесть и товарный вид, чем ржаные и пшеничные хлебобулочные изделия [7].

Для выявления зависимостей между миксографическими и физико-химическими свойствами муки определили корреляционные связи для изученных количественных признаков озимого тритикале ( $n = 12$ ;  $P_{0,05} = 0,58 / P_{0,01} = 0,71$ ) и озимой пшеницы ( $n = 6$ ;  $0,81/0,92$ ). В 2013 г. отмечали наличие 25 достоверных зависимостей, из них 13 приходились на тритикале и 12 — на пшеницу. Наиболее значимым для тритикале оказалось влияние содержания запасных веществ на водопоглощение муки и стабильность теста, а также содержания крахмала — на величину крутящего момента на этапах клейстеризации и амилолиза. Для пшеницы,

ТАБЛИЦА 4. Консистенция теста на этапах клейстерилизации ( $C_3$ ), амилолиза ( $C_4$ ) и репрограммации ( $C_5$ ) крахмала

| Характеристика                | Крутящий момент, Н·м |           |           | $C_5$     |           |           |           |
|-------------------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                               | $C_3$                | 2014 г.   | $C_4$     |           | 2013 г.   | 2014 г.   | 2013 г.   |
| Озимое тритикале ( $n = 12$ ) |                      |           |           |           |           |           |           |
| Среднее                       | 1,11±0,07            | 1,76±0,04 | 0,16±0,04 | 0,44±0,07 | 0,27±0,07 | 0,73±0,11 | 0,13–1,33 |
| Границы изменчивости          | 0,78–1,40            | 1,52–1,94 | 0,01–0,44 | 0,07–0,83 | 0,01–0,72 | 52,29     | 86,52     |
| Коэффициент вариации, %       | 21,82                | 8,14      | 85,61     | 53,71     |           |           |           |
| Озимая пшеница ( $n = 6$ )    |                      |           |           |           |           |           |           |
| Среднее                       | 1,82±0,04            | 2,04±0,06 | 1,41±0,11 | 1,30±0,13 | 2,44±0,18 | 2,48±0,14 | 1,80–2,76 |
| Границы изменчивости          | 1,66–1,96            | 1,80–2,14 | 1,11–1,89 | 0,82–1,73 | 1,77–3,13 | 13,86     |           |
| Коэффициент вариации, %       | 5,30                 | 6,65      | 18,64     | 25,11     | 17,85     |           |           |
| Яровая пшеница                |                      |           |           |           |           |           |           |
| Дарья                         | 1,78                 | 1,78      | 1,28      | 1,40      | 2,18      | 2,43      |           |
| Спагеттина                    | 2,11                 | 1,89      | 0,73      | 0,62      | 1,28      | 0,99      |           |

в отличие от тритикале, уровень содержания запасных веществ не играл заметной роли в корреляционном анализе. Большая часть достоверных зависимостей приходилась на связи между миксографическими показателями, такими как время образования теста, температура теста и величина крутящего момента.

В 2014 г., более благоприятном для роста и развития растений, количество достоверных зависимостей уменьшилось до 15. Из них только 6 приходилось на тритикале, так как наблюдалось ослабление сопряженности между содержанием запасных веществ, ВПС и стабильностью теста, а также между содержанием крахмала и величиной крутящего момента. Для пшеницы связи между миксографическими показателями по-прежнему составляли большинство, но произошла смена достоверных зависимостей относительно 2013 г.

Корреляционный анализ усредненных значений физико-химических и миксографических показателей за 2013–2014 гг. выявил наиболее значимые и стабильные зависимости для образцов тритикале: ВПС—крахмал ( $r = -0,86$ ), —клейковина (0,82), —протеин ( $r = 0,79$ ); стабильность теста—протеин ( $-0,77$ ), —крахмал (0,67), —клейковина ( $-0,58$ ). Содержание запасных веществ в зерне тритикале достоверно не влияло на величину крутящих моментов на всех этапах миксографического анализа, за исключением второго:  $C_2$ —крахмал (0,68), —клейковина ( $-0,61$ ), —протеин ( $-0,60$ ). Вязкость тритикалевого теста достоверно положительно коррелировала с его температурой на этапах амилолиза (0,84) и ретроградации (0,82). Для озимой пшеницы выделены 5 достоверных зависимостей:  $C_3$ —крахмал ( $r = -0,92$ ); ВПС—температура  $C_5$  ( $-0,92$ ), —клейковина (0,83);  $C_4$ —температура  $C_4$  ( $-0,92$ ); стабильность теста—клейковина (0,85).

Таким образом, миксографический анализ показал наличие сходства и существенных различий между образцами тритикале, пшеницы и ржи с точки зрения реологических свойств. Тесто из муки тритикале, как и ржаное, характеризовалось быстрым формированием и низкой стабильностью. Его консистенция на первом этапе была ближе к вязкости теста из муки яровой и озимой пшеницы. Начиная со второго этапа, реологические показатели тритикале перестали занимать промежуточное положение между пшеницей и рожью, о чем свидетельствовали минимальные средние значения крутящих моментов на последующих этапах миксографического анализа. Особо следует выделить четвертый этап (гидролиз крахмала), на котором разница между культурами проявилась наиболее наглядно. Однако высокая вариабельность миксографических показателей теста из муки озимого тритикале, свидетельствующая о широком размахе генотипической изменчивости, позволяет вести отбор на улучшение его реологических свойств с хлебопекарной точки зрения.

1. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. и др. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А.И. Ермакова. — Л.: Агропромиздат, 1987. — 430 с.
2. Жигунов Д.А., Волошенко О.С., Брославцева И.В., Плеве А.А. Определение реологических характеристик теста на приборе «Миксолаб» из муки с различных систем технологического процесса // Хлебопродукты. — 2013. — № 2. — С. 50–54.
3. Касьянова Л.А., Урбанчик Е.Н. Повышение эффективности использования зерна тритикале на продовольственные цели. — Минск: ИЦ Белорус. гос. ун-та, 2008. — 255 с.
4. Урбанчик Е.Н. Совершенствование технологии и использование муки из зерна тритикале, выращиваемого в Республике Беларусь: Автотеф. дис. ... канд. техн. наук. — Могилев, 2002. — 22 с.

## МИКСОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕСТА ИЗ МУКИ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ

5. ГОСТ Р 50817—95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области.
6. ГОСТ Р 54498—2011. Зерно и мука из мягкой пшеницы. Определение водопоглощения и реологических свойств теста с применением миксолаба.
7. Bartolozzo J., Borneo R., Aguirre A. Effect of triticale-based edible coating on muffin quality maintenance during storage // J. Food Measur. and Charact. — 2016. — 10, N 1. — P. 88—95.
8. Dennet A.L., Cooper K.V., Trethowan R.M. The genotypic and phenotypic interaction of wheat and rye storage proteins in primary triticale // Euphytica. — 2013. — 194. — P. 235—242.
9. Gudmundsson M. Retrogradation of starch and role of its components // Thermochemical Acta. — 1994. — N 246. — P. 329—341.
10. Gustafsson J.P., Bushuk W., Dera A.R. Triticale: production and utilization // Handbook of cereal science and technology / K.J. Lorenz, K. Kulp (eds), Marcel Dekker, inc. NY, Basel, Hong Kong, 1991. — P. 373—399.
11. Leon A.E., Rubiolo A., Anon M.C. Use of triticale flours in cookies: quality factors // Cereal Chem. — 1996. — 73, N 6. — P. 779—784.
12. Linnemann A.R., Dijkstra D.S. Toward sustainable production of protein-rich foods: appraisal of eight crops for Western Europe. I. Analysis of the primary links of the production chain // Crit. Rev. in Food Sci. and Nutrition. — 2002. — 42, N 4. — P. 377—401.
13. Makowska A., Szwengiel A., Kubiak P., Tomaszewska-Gras J. Characteristics and structure of starch isolated from triticale // Starch. — 2014. — N 66. — P. 895—902.
14. Pattison A.L., Appelbee M., Trethowan R.M. Characteristics of modern triticale quality: glutenin and secalin subunit composition and mixograph properties // J. Agr. Food Chem. — 2014. — 62, N 21. — P. 4924—4931.
15. Roccia P., Moiraghi M., Ribotta P.D. et al. Use of solvent retention capacity profile to predict the quality of triticale flours // Cereal Chem. — 2006. — 83, N 3. — P. 243—249.
16. Rosell C.M., Collar C., Haros M. Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab // Food Hydrocolloids. — 2007. — N 21. — P. 452—462.
17. Seguchi M., Ishihara C., Yoshino Y. et al. Breadmaking properties of triticale flour with wheat flour and relationship to amylase activity // J. Food Sci. — 1999. — 64, N 4. — P. 582—586.
18. Tsen C.C., Hoover W.J., Farrell E.P. Baking quality of triticale flour // Cereal Chem. — 1973. — 50, N 1. — P. 16—26.
19. Unrau A.M., Jenkins B.C. Investigations on synthetic cereal species. Milling, baking, and some compositional characteristics of some triticale and parental species // Ibid. — 1964. — 41, N 3. — P. 365—375.

Получено 13.06.2016

## МІКСОГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ ТІСТА З БОРОШНА ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ

Н.П. Шишлова

Науково-практичний центр Національної академії наук Білорусі із землеробства, Жодіно

Проведено міксографічний аналіз тіста з борошна 12 сортів і сортозразків озимого тритикале, вирощених у умовах Центрального регіону Білорусі в 2013—2014 рр. Для порівняння використано насіння озимої та ярої пшениці, озимого жита. Оцінено водовбірну здатність борошна і динаміку в'язкості тіста за різних температурних режимів. Вивчено кореляційні зв'язки між фізико-хімічними й міксографічними показниками борошна озимого тритикале та озимої пшениці.

## MIXOGRAPH ANALYSIS OF WINTER TRITICALE FLOUR DOUGH

N.P. Shishlova

Research and Practical Centre, National Academy of Sciences of Belarus for Arable Farming  
1 Timiryazev St., Zhodino, Minsk region, 222160, Belarus

The mixograph analysis of flour dough of 12 winter triticale varieties and accessions grown in the Central region of Belarus in 2013—2014 was carried out. Seeds of winter and spring wheat and winter rye were used for comparison. Baking absorption and the dynamics of dough viscosity at different temperature regimes were evaluated. Correlational relationships between physico-chemical properties and mixograph parameters of winter triticale and winter wheat flour were studied.

*Key words:* *Triticosecale* Wittm. & A. Camus, physico-chemical properties of flour, mixograph analysis of dough, correlation dependencies.