

## ХАРАКТЕРИСТИКА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ СВОЙСТВ ЗЕРНА БЕЛОРУССКОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗНЫХ СОРТОВ

*Е. В. Нелюбина, Д. М. Сычева, Я. А. Кравченко*

Изучены особенности хлебопекарных свойств восьми сортов яровой и озимой пшеницы белорусской селекции. Результаты исследований показали, что изучаемые сорта пшеницы имеют достаточно высокое содержание клейковины второй группы качества и пониженную автолитическую активность, что снижает хлебопекарные свойства исследуемых сортов и требует соответствующей корректировки при формировании помольных партий и проведении выпечки хлеба.

### Введение

В структуре зернового хозяйства Республики Беларусь особое место занимает продовольственная пшеница, которая служит сырьем для производства важнейших продуктов питания и в первую очередь пшеничной муки. Главное целевое назначение продовольственной пшеницы – обеспечить население страны хлебом, поэтому в оценке качества пшеницы особенно важны хлебопекарные свойства. Зерно пшеницы, выращиваемое в Республике Беларусь, имеет ряд специфических особенностей, обусловленных почвенно-климатическими условиями выращивания. Это относится и к хлебопекарным свойствам зерна пшеницы и получаемой из него муки. Вследствие этого большое научное и практическое значение имеет изучение хлебопекарных свойств выращиваемого в Республике Беларусь зерна пшеницы, что и явилось целью данного исследования.

### Результаты исследований и их обсуждение

Объектом исследования явилось зерно различных сортов мягкой пшеницы, выращенное на сортоучастках РУП «Могилевская областная сельскохозяйственная опытная станция НАНБ» (озимые сорта Богатка, Сюита, яровые сорта Ласка, Бомбона) и полях сельскохозяйственного предприятия ОАО «Агрокомбинат «Восход» Могилевской области (озимый сорт Фантазия, яровые сорта Василиса, Сабина, Тома, Ласка) урожая 2015 г., а также мука 70 % выхода, полученная из этих сортов путем пробного лабораторного помола. В исследуемых образцах зерна и муки стандартными и общепринятыми методами были изучены основные показатели качества (таблица 1) и определены показатели, характеризующие состояние их белково-протеиназного и углеводно-амилазного комплексов.

Таблица 1 – Качество зерна пшеницы исследуемых сортов

Сорт	Натура, г/л	Стекловидность, %	Масса 1000 зерен, г	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Крупность, остаток на сите 2,5×2,5, %	Твердозерность	
						ПСИ, %	Класс
Богатка	727	50	31,6	1,33	36,0	14,1	высокотвердозерная
Сюита	736	51	35,6	1,36	53,0	16,5	высокотвердозерная
Ласка (Д)	776	53	34,8	1,35	41,0	14,4	высокотвердозерная
Бомбона	786	52	35,9	1,38	57,0	25,7	ниже средней твердозерности
Фантазия	759	51	33,3	1,35	56,0	19,9	средней твердозерности
Василиса	767	51	33,6	1,35	32,0	11,9	высокотвердозерная
Сабина	746	49	32,6	1,33	43,0	21,3	средней твердозерности
Тома	756	50	31,8	1,34	34,0	14,1	высокотвердозерная
Ласка (В)	747	49	31,4	1,33	31,0	18,5	средней твердозерности

Исследования показали, что зерно изучаемых сортов пшеницы можно характеризовать как достаточно крупное (выше средней крупности) и выравненное, со средней натурой (727–786 г/л), средней стекловидностью (49–53 %), невысокой плотностью (1,33–1,38 г/см<sup>3</sup>), с массой 1000 зерен ниже средней (31,6–35,9 г). По показателю твердозерности зерно исследуемых сортов относится к мягкой твердозерной пшенице разных классов твердозерности (показатель степени измельчения (ПСИ) – 11,9 %–25,7 %). По комплексу этих показателей относительно лучшим является сорт яровой пшеницы Бомбона, худшим – сорт озимой пшеницы Богатка, остальные сорта находятся на среднем уровне.

В оценке качества продовольственной пшеницы огромное значение имеют ее хлебопекарные свойства. Решающую роль в формировании хлебопекарных достоинств зерна играет количество и качество клейковины, которая составляет основу пшеничного теста и определяет его физические свойства.

Количество клейковины, как правило, тесно связано с количеством белка. При нормальных условиях развития, уборки, подработки и хранения соотношение между массовой долей сырой клейковины и содержанием белка в зерне мягкой яровой и озимой пшеницы колеблется в пределах 2,1–2,4. В таблице 2 представлена характеристика клейковинного комплекса исследуемых сортов пшеницы и полученной из них муки 70 % выхода

Таблица 2 – Характеристика клейковинного комплекса исследуемых сортов пшеницы и полученной из них муки 70 % выхода

Сорт	Массовая доля				Качество клейковины ИДК, ед. пр.		ВПС, %		Седиментационный осадок, мл	
	сырой клейковины, %		сухой клейковины, %		зерно	мука	зерно	мука	зерно	мука
	зерно	мука	зерно	мука						
Богатка	30,8	32,9	11,2	12,6	102	81	175	162	11	27
Сюита	28,1	32,2	11,2	11,4	85	80	151	182	19	30
Ласка (Д)	39,8	41,9	14,3	14,8	90	94	178	183	14	37
Бомбона	38,5	40,9	14,4	14,7	92	88	167	178	24	38
Фантазия	17,6	23,1	6,1	8,5	86	97	189	172	12	23
Василиса	32,4	38,1	12,0	13,9	101	100	170	174	18	29
Сабина	34,2	37,9	13,9	12,8	103	102	153	196	21	29
Тома	31,7	37,6	12,6	12,9	90	89	152	191	19	31
Ласка (В)	30,5	31,2	11,8	11,2	99	89	158	179	14	36

Анализ показал, что у большинства сортов массовая доля сырой клейковины выше 30 % (30,5–39,8 %), низкое содержание отмечено только у озимого сорта Фантазия (17,6 %). Вместе с тем несмотря на достаточно высокое содержание клейковины, во всех исследуемых сортах качество клейковины, определяемое на приборе ИДК-3, находится на уровне второй группы (удовлетворительно слабая) и колеблется в пределах 85–103 ед. прибора. В результате ни один из исследуемых сортов нельзя отнести к группе сильной или ценной пшеницы, у которых показатель ИДК должен быть не ниже первой группы (45–75 ед. пр.).

Определение массовой доли сырой клейковины в муке 70 % выхода, полученной из зерна исследуемых сортов пшеницы, показало, что массовая доля сырой клейковины в муке выше, чем в зерне, из которого она была получена, на 2,1–5,9 % и по данному показателю соответствует муке высших сортов, за исключением сорта Фантазия. Качество клейковины в муке несколько отличается от качества клейковины в зерне, но остается в пределах второй группы (80 – 102 ед. прибора).

Для оценки качества клейковины большое значение имеет соотношение массы сырой и сухой клейковины. Разница между массой сырой и сухой клейковины, выраженная в процентах, представляет собой ее водопоглотительную (гидратационную) способность (ВПС), т.е. способность поглощать и связывать влагу. Она может изменяться в широких пределах (от 150 до 250 %). В анализируемых образцах гидратационная способность клейковины находится на достаточно низком уровне – 152–189 % для клейковины зерна и 162–196 % для

клейковины муки.

Комплексным показателем, характеризующим состояние клейковинного комплекса зерна пшеницы и пшеничной муки, является показатель седиментации. Он характеризует качество белкового комплекса по набухаемости частиц муки и скорости их осаждения в растворах слабых органических кислот. По величине седиментационного осадка можно косвенно оценивать «силу» муки. Показатель седиментации (величина седиментационного осадка) для ряда исследуемых сортов зерна находится на достаточно низком уровне (менее 15 мл), кроме сортов Сюита, Бомбона, Василиса, Сабина, Тома. В муке всех сортов показатель седиментации значительно выше и колеблется от 23 мл до 38 мл, что позволяет классифицировать ее как среднюю по силе.

По ряду показателей, характеризующих состояние клейковинного комплекса исследуемых сортов пшеницы, можно выделить в качестве лучших сорта Бомбона, Тома (яровые) и Сюита (озимый). Сорт Фантазия обладает наилучшими показателями.

Полученные результаты изучения количественно-качественной характеристики клейковины исследуемых сортов пшеницы в целом подтверждаются показателями реологических свойств теста из муки исследуемых сортов зерна, которые определяли на приборе альвеограф-консистограф NG марки Chopin (таблица 3).

Таблица 3 – Реологические свойства теста, полученного из муки исследуемых сортов пшеницы, по альвеографу

Сорт	Показатели альвеограмм				
	T, мм	A, мм	T/A	Fb, Дж·10 <sup>-4</sup>	ВПС, %
Богатка	60	100	0,60	197	53,8
Сюита	57	128	0,45	219	52,6
Ласка (Д)	41	175	0,23	165	55,7
Бомбона	48	189	0,25	227	53,8
Фантазия	84	41	2,05	127	51,9
Василиса	37	103	0,36	78	55,1
Сабина	35	136	0,26	85	56,1
Тома	103	85	1,21	245	54,1
Ласка (В)	41	192	0,21	189	54,6

Альвеограф предназначен для определения реологических свойств теста из пшеничной муки по величине оказываемого им сопротивления давлению нагнетаемого воздуха. Важными характеристиками, полученными при исследовании на альвеографе, являются максимальное избыточное давление (T, мм) или упругость теста, и среднее значение абсциссы при разрыве (A, мм) – растяжимость теста. Эти характеристики можно связать с количеством и качеством клейковины в муке.

Анализ показал, что упругие свойства теста меняются в широком диапазоне – от 35 до 103 мм. Считается, что для сильной и ценной пшеницы этот показатель должен быть не менее 75 – 80 мм, для слабых – меньше 50 мм. Растяжимость теста у исследованных сортов находится в пределах от 41 до 192 мм. Наибольшая растяжимость теста отмечена у сортов Ласка и Бомбона.

В оценке хлебопекарной силы зерна большое значение имеют не просто величины T и A, а их соотношение. Исследования показывают, что только при сбалансированном значении этих показателей можно получить хороший хлеб. Анализируя данные, приведенные в таблице 3, можно отметить, что сорт Тома обладает большой упругостью и хорошей растяжимостью, сорт Фантазия имеет большую упругость и недостаточную растяжимость, а остальные сорта имеют слабую упругость и большую растяжимость. Наиболее сбалансировано отношение T и A с учетом величины Fb для сортов яровой пшеницы Тома, Бомбона и озимой пшеницы Сюита и Богатка.

При характеристике физических свойств теста на альвеографе наиболее информативным

показателем является энергия деформации теста  $F_b \cdot 10^{-4}$  Дж, по величине которой оценивают силу муки. Для сильной пшеницы этот показатель должен быть не менее  $280 \cdot 10^{-4}$  Дж, для слабой – менее  $180 \cdot 10^{-4}$  Дж. Исходя из полученных данных (таблица 3), можно сделать вывод, что сорта пшеницы Тома, Бомбона, Сюита, Богатка можно классифицировать как средние по силе, а остальные – как слабые.

По величине водопоглотительной способности все сорта имеют низкую ВПС (51,9–56,1 %), характерную для зерна слабой пшеницы.

Комплексную оценку хлебопекарных свойств зерна и муки дает метод пробной лабораторной выпечки. По ее результатам можно судить о влиянии свойств муки на качество готовых изделий, причем на качество хлеба влияет состояние как белково-протеиназного, так и углеводно-амилазного комплексов, а также их взаимодействие в процессе производства хлеба. Результаты пробной лабораторной выпечки представлены в таблице 4. При проведении выпечек использовали безопасный способ приготовления теста.

Таблица 4 – Физико-химические показатели качества хлеба из муки исследуемых сортов пшеницы

Сорт	Влажность, %	Кислотность, град	Объемный выход хлеба, см <sup>3</sup> /100г	Формоустойчивость Н/Д	Пористость, %
Богатка	39,9	4,6	309	0,38	70,0
Сюита	40,2	3,2	386	0,37	70,0
Ласка	39,8	4,0	396	0,38	62,0
Бомбона	39,6	4,0	349	0,30	60,0
Фантазия	39,8	4,2	335	0,38	67,0
Василиса	40,2	3,4	401	0,29	64,0
Сабина	40,4	4,2	432	0,30	65,0
Тома	39,8	4,0	432	0,30	71,0
Ласка (В)	39,8	4,2	421	0,37	70,0

Из таблицы видно, что влажность и кислотность всех образцов хлеба не превышает допустимых значений. Показатель пористости хлеба соответствует требованиям для пшеничного хлеба – не менее 54 %.

Основными показателями при определении качества муки при пробной лабораторной выпечке являются объемный выход хлеба и формоустойчивость хлеба. По этим показателям также можно судить о «силе» муки. Если объемный выход хлеба более 500 см<sup>3</sup>/100 г – это сильная мука, если объемный выход хлеба находится в пределах 400 – 500 см<sup>3</sup>/100 г – это средняя по силе мука, и если меньше 400 см<sup>3</sup>/100 г – слабая.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что сорта Тома, Сабина, Василиса, Ласка (В) относятся к средним по силе пшеницам, остальные – к слабым.

По показателю формоустойчивости хлеба (отношение Н/Д) все сорта имеют формоустойчивость, характерную для средней по силе пшеницы (0,3 – 0,4), у сорта Василиса он находится на границе средние-слабые.

Формоустойчивость хлеба тесно связана с объемным выходом хлеба, что, в свою очередь, связано с содержанием белковых веществ и клейковины с ее свойствами. Вместе с тем исследования показали, что большинство сортов пшеницы имеют высокое содержание клейковины, но при этом недостаточно высокий показатель по объемному выходу хлеба и общей хлебопекарной оценке. В частности, мука из сорта Богатка имеет высокое содержание клейковины (32,9 %), по качеству близкой к хорошей (81 ед. пр.), достаточно высокий (в сравнении с другими сортами) показатель хлебопекарной способности ( $197 \cdot 10^{-4}$  Дж), но объемный выход хлеба самый низкий из исследуемых сортов (309 см<sup>3</sup>/100 г). Очевидно, здесь сказывается влияние другой составляющей хлебопекарных свойств муки – состояние углеводно-амилазного комплекса. В этой связи представляет большой интерес изучение углеводно-амилазного комплекса зерна пшеницы и муки, полученной из него.

К сожалению, в селекции пшеницы при создании сорта, как правило, контролируется

белково-протеиназный комплекс и недостаточно принимается во внимание углеводно-амилазный комплекс, хотя показатель числа падения, характеризующий его состояние, является необходимым при оценке пшеницы и включен в стандарты.

Для более полной характеристики уровня хлебопекарных свойств и выявления особенностей состояния углеводно-амилазного комплекса были проведены исследования по определению числа падения, газообразующей и сахарообразующей способностей муки, полученной из зерна исследуемых сортов пшеницы. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристика хлебопекарных свойств муки из исследуемых сортов пшеницы, обусловленных состоянием углеводно-амилазного комплекса

Сорт	Показатели			
	Число падения, с		Газообразующая способность, см <sup>3</sup> CO <sub>2</sub>	Сахарообразующая способность, мг мальтозы
	зерно	мука		
Богатка	208	273	1276	80,0
Сюита	265	289	1716	147,9
Ласка (Д)	328	357	1404	138,6
Бомбона	327	381	1148	75,0
Фантазия	277	338	1052	127,2
Василиса	259	312	1599	120,0
Сабина	274	291	1720	121,1
Тома	280	303	1340	70,3
Ласка (В)	297	354	1280	98,7

Важнейшей характеристикой углеводно-амилазного комплекса пшеницы и пшеничной муки является число падения. Этот показатель характеризует активность ферментов, прежде всего амилолитических, влияющих на формоустойчивость, объем и структурно-механические свойства хлеба. Число падения – это время в секундах, необходимое для свободного падения шток-мешалки прибора под действием своей массы в клейстеризованной водно-мучной суспензии. Чем выше активность амилолитических ферментов, тем ниже вязкость крахмального геля, тем меньше значение числа падения и тем выше автолитическая активность. Взаимосвязь значений показателей числа падения и автолитической активности муки представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Градация числа падения для зерна пшеницы [1]

Число падения	Характеристика
Менее 150 с	Высокая автолитическая активность
150 – 300 с	Средняя автолитическая активность
Более 300 с	Низкая автолитическая активность

Известно, что высокая автолитическая активность (низкое значение числа падения) является причиной образования большого количества декстринов и простых сахаров, что ведет к ухудшению структурно-механических свойств хлебного мякиша (он становится липким, заминающимся), снижению формоустойчивости и объема готового хлеба. С другой стороны, при недостаточной активности ферментов, расщепляющих крахмал, мякиш хлеба получается излишне сухим, а хлеб – «обжимистым» с низким объемом и пористостью. Амилазы наиболее активны в проросшем и незрелом зерне. Поэтому число падения еще является показателем здорового состояния и степени зрелости зерна.

Анализ полученных данных по числу падения показал, что у исследуемых сортов пшеницы число падения меняется от 208 с до 328 с, то есть находится на среднем уровне, за исключением сортов Бомбона и Ласка, имеющих низкий уровень автолитической активности.

Вместе с тем в муке, полученной из всех сортов пшеницы, показатель числа падения выше, чем в зерне. Очевидно, это связано с тем, что значительная часть ферментов содержится в периферийных слоях зерновки, которые удаляются в процессе помола, поэтому в муке автолитическая активность ниже, чем в зерне, а число падения – выше.

Установлено, что оптимальной автолитической активностью пшеничной муки всех сортов, позволяющей получать хлеб наилучшего качества, является автолитическая активность по числу падения, равная  $(235 \pm 15)$  с [2]. Для муки всех исследуемых сортов пшеницы число падения меняется в пределах от 273 до 357 с, что свидетельствует об их низкой автолитической активности.

Также важными характеристиками углеводно-амилазного комплекса пшеничной муки являются газообразующая и сахаробразующая способности, которые тесно связаны с показателем числа падения. От газообразующей способности пшеничной муки во многом зависит ход технологического процесса, в частности, интенсивность брожения, объем, пористость, цвет, вкус и запах готового хлеба. Из таблицы 5 видно, что высокую газообразующую способность имеют образцы муки сорта Сабина, Сюита ( $1720$  и  $1716$  см<sup>3</sup> СО<sub>2</sub> соответственно). Мука из сортов Ласка (В), Василиса имеют среднюю газообразующую способность, остальные образцы – пониженную.

Газообразующая способность муки в основном определяется сахаробразующей способностью муки. Под сахаробразующей способностью муки понимают способность приготовленной из нее водно-мучной смеси образовывать при установленной температуре и за определенный период времени то или иное количество мальтозы. В тесте из муки с низкой сахаробразующей способностью собственные сахара муки будут сброжены в первые два часа брожения, и недостаток сахаров при брожении теста в расстойке и начальном периоде выпечки хлеба приведет к получению хлеба с неразвитой пористостью, малого объема, с бледноокрашенной коркой. Сахаробразующая способность муки зависит как от количества и активности амилолитических ферментов ( $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы), так и от размеров, характера и состояния частиц муки и крахмальных зерен в этих частицах. Исследования крупности муки, полученной при лабораторном помоле зерна исследуемых сортов пшеницы, показали, что средний размер частиц муки из разных сортов колеблется от 79 до 105 мкм, он достаточно близок между собой и находится на оптимальном уровне для хлебопекарной муки.

Из таблицы 5 видно, что сахаробразующая способность муки образцов из сорта Сюита, Ласка (Д), Фантазия, Василиса, Сабина характеризуется как нормальная (на уровне 100–230 мг мальтозы), остальные образцы имеют пониженную сахаробразующую способность – ниже 100 мг мальтозы.

Хлебопекарные показатели муки, характеризующиеся состоянием углеводно-амилазного комплекса, в частности число падения, газообразующая и сахаробразующая способности, тесно взаимосвязаны между собой. При достаточно высоких значениях числа падения газообразующая и сахаробразующая способности достигают критических значений (газообразующая способность менее 1300 см<sup>3</sup> СО<sub>2</sub>), создающих трудности в процессе хлебопечения. По мере понижения показателя числа падения происходит повышение активности  $\alpha$ -амилазы, вызывающее, в свою очередь, повышение атакваемости крахмала  $\beta$ -амилазой, что отражается на увеличении газо- и сахаробразующей способности муки и, как следствие, на характеристиках хлеба.

Таким образом, состояние углеводно-амилазного комплекса играет огромную роль в оценке хлебопекарных свойств зерна пшеницы. В частности, сорта пшеницы Богатка (озимый) и Бомбона (яровой) характеризуются хорошим состоянием белково-протеиназного комплекса, но имеют низкий уровень показателей, характеризующих углеводно-амилазный комплекс, в результате чего у этих сортов отмечены пониженный объемный выход и формоустойчивость хлеба. Сорта яровой пшеницы Василиса и Сабина имеют недостаточно хороший клейковинный комплекс, но отличаются хорошим состоянием углеводно-амилазного комплекса, что положительно сказалось на результатах выпечки хлеба.

### **Заключение**

Таким образом, комплексное исследование показателей хлебопекарных свойств сортов мягкой пшеницы, выращенной в 2015 году в Могилевской области, показало, что большинство из них по уровню этих свойств можно характеризовать как средние по силе. Лучшими по комплексу этих свойств из исследуемых сортов является яровая пшеница Тома, Сабина, Ласка, Василиса, озимая пшеница Сюита. Наиболее низкие хлебопекарные свойства отмечены у озимой пшеницы Фантазия и Богатка.

Проведенные исследования позволили выявить общие особенности в характеристике хлебопекарных свойств изученных сортов пшеницы. Во-первых, это достаточное и в ряде случаев высокое содержание сырой клейковины, но низкого качества, на уровне второй группы (удовлетворительно-слабая). Во-вторых, особенностью хлебопекарных свойств исследуемых сортов является повышенное значение числа падения, что свидетельствует о недостаточной активности амилолитических ферментов, и, как следствие, недостаточной газообразующей способности, что существенно снижает уровень хлебопекарных свойств.

Выявленные особенности хлебопекарных свойств зерна белорусской пшеницы исследуемых сортов потребуют корректировки данных показателей при формировании помольных партий на мукомольных заводах и применения специальных подходов при выпечке хлеба, в том числе применения улучшителей, укрепляющих клейковину пшеничной муки, и улучшителей амилолитического действия.

### **Литература**

- 1 Мелешкина, Е. Контроль качества зерна пшеницы от поля до потребителя / Е. Мелешкина, Р. Поландова // Хлебопродукты. – 2006. – № 2. – С. 44–45.
- 2 Черных, В. Информационно-измерительная система для оценки хлебопекарных свойств муки / В. Черных, М. Ширинков, В. Белоусова, Т. Лущик. // Хлебопродукты. – 2000. – № 8. – С. 21–25.

*Поступила в редакцию 19.06.2017*