

# ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ОБРАЗЦОВ КУКУРУЗЫ ПО ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ ЕЕ ЗАПАСНЫХ ПОЛИМЕРОВ С БЕЛКОВЫМ И УГЛЕВОДНЫМ КОМПЛЕКСАМИ ПШЕНИЦЫ

**КИБКАЛО Илья Анатольевич**, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы»

**ЖУК Екатерина Александровна**, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы»

*Определено число падения у 24 образцов кукурузы, а также у образцов пшеницы с замещением 20 % навески материалом кукурузы. Дана оценка атакуемости крахмала кукурузы через изменение числа падения при провокации амилазноактивным материалом пшеницы. В опыте с мукой высшего сорта с сильной клейковиной наблюдалась тенденция увеличения содержания сырой клейковины в смесевых образцах. Прибавку отмечали у значительного числа образцов: РНИИСК-1, Радуга, Заря, Забава, № 515, 554, 592, 638, 797, 876, 891. По упруго-вязким свойствам сохранялась тенденция укрепления клейковины, хотя и не настолько большая, как в опыте со слабой пшеницей. Математически доказано укрепление клейковины в смесевых образцах с сортами Клинок, Стимул, Цукерка. Ряд образцов имели тенденцию умеренного ослабления клейковины (максимальное у № 515), которое не доказывалось. Увеличение растяжимости доказывалось у № 513, 515, 638, 891, при этом значимо сокращаясь только у сорта Стимул. Экстремальное укрепление клейковины можно назвать скорее деструктивным процессом. Таким образом, для смесей со слабой пшеницей должны использоваться образцы с минимальным укреплением, например, сорт Радуга, который можно рассматривать как улучшитель. Для смешивания с сильной пшеницей пригодно большинство образцов кукурузы, однако единичные образцы могут ухудшать реологию клейковины и, как следствие, теста.*

14

АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

1  
2021

**Введение.** Одним из основных направлений развития отрасли является разработка новых, совершенствование традиционных технологий и создание продуктов переработки различных видов зерна с заданными составом и свойствами, в том числе и продуктов глубокой переработки [3]. В условиях приоритетной задачи по импортозамещению ингредиентов, получаемых путем глубокой переработки сырья, основное направление исследований должно способствовать улучшению качества вырабатываемой продукции, расширению сырья, внедрению интенсивных наукоемких технологий [5].

Основным сырьем для производства продукции глубокой переработки зерна являются кукуруза и пшеница. Кроме крупяной отрасли, продукты размола кукурузного зерна широко используются в смесях с мукой из хлебных злаков, прежде всего с пшеничной мукой, для получения хлебобулочных изделий. С точки зрения технологических критериев в недостаточной степени описаны сортовые особенности продуктов размола кукурузного зерна, влияющие на конечный продукт. В литературных источниках указано, что кукурузная добавка снижает содержание сырой клейковины, особенно при добавке в количестве 20 %. Однако смешивание кукурузной муки с мукой пшеничной высшего сорта способствует повышению качества клейковины [2, 4].

Цель исследований – изучение наиболее простых технологических свойств сортообразцов кукурузы, которые могут влиять на конечный продукт их совместной переработки с зерном пшеницы.

**Методика исследований.** Объектами изучения были сорта кукурузы селекции ФГБНУ

РосНИИСК «Россорго»: РНИИСК -1, Радуга, Аврора, Заря, Клинок, Стимул, Дублёр, Цукерка, Забава (два последних сорта – кукуруза сахарная), а также 15 коллекционных номеров различного географического происхождения, выращенных в 2019 г. в селекционном севообороте института.

Для определения качества крахмала кукурузного зерна использовали метод определения числа падения (ЧП) по Хагбергу-Пертену [1]. Этот же метод использовали для косвенного определения атакуемости крахмала при амилазной провокации и для определения состояния углеводно-амилазного комплекса пшеницы при замене 20 % навески материалом кукурузы. В качестве амилазноактивного компонента использовали пророщенное, высушенное и размолотое зерно пшеницы. В смесях с продуктами размола кукурузы использовали муку мягкой пшеницы с производственного посева с пониженным значением ЧП.

Для определения характера воздействия материала кукурузы на клейковинный комплекс пшеницы различного качества использовали товарную хлебопекарную муку высшего сорта, а также цельносмолотое зерно мягкой пшеницы с производственного посева. Регистрировали изменение количества клейковины, отмытой при участии продуктов размола кукурузы, а также изменение реологических свойств клейковины, определяемых на приборе ИДК-4 и через изменение ее растяжимости. Биохимический анализ зерна кукурузы проводили на ИК-анализаторе SpectraStar XT.

**Результаты исследований.** В изучаемом наборе сортообразцов были получены сущес-

твенные различия по величине числа падения (табл. 1). При этом два сорта сахарной кукурузы не формировали вязкого клейстера, возможно, по причине повышенной жирности зерна (до 8 %), поэтому были исключены из математической обработки и из опыта с амилазной провокацией.

Чтобы проверить возможность влияния количественного содержания биополимеров зерна и других веществ на величину ЧП, определяли биохимический состав зерна испытуемых образцов. Корреляционный анализ полученных данных показал отсутствие взаимосвязи содержания биохимических компонентов (белка, крахмала, клетчатки, жира, золы, безазотистых экстрактивных веществ) с числом падения, что говорит о ее качественной природе. Значимыми оказались различия по числу падения образцов и после воздействия активными амилазами пшеничного зерна (табл. 2).

Коэффициент вариации данных по опыту значительно снизился, однако дифференциация осталась существенной. Изначальное ЧП образца не всегда показывало высокие значения вязкости клейстера (ЧП больше 300 с) после амилазной провокации, как в случае с сортом Стимул, который снизил ЧП с 530 до 320 с или № 787 (с 678 до 301 с). Выявлена общая тенденция, при которой, чем выше величина ЧП начального образца, тем больше падение значения этого показателя. В результате число падения значительной части испытуемого материала после воздействия активными амилазами находилось в диапазоне 230–295 с. Однако среди них тоже встречались образцы, снизившие вязкость клейстера на рекордно невысокие значения – на 58–77 с, что можно характеризовать как наличие относительной устойчивости к воздействию ферментов.

Выявлены образцы, проявившие и индивидуальные свойства углеводной системы. Так, ЧП у сорта Дублёр снизилось от близкого к среднему

Таблица 1

#### Статистическая дифференциация образцов кукурузы по числу падения

Пределы варьирования, с	113–765
Средняя по опыту, с	474
Коэффициент вариации	29,4
F-критерий	207,3*
НСР	28,3

\* значимо на 5%-м уровне (здесь и далее).

Таблица 2

#### Статистическая дифференциация образцов кукурузы по числу падения при воздействии активных амилаз

Пределы варьирования, с	78–320
Средняя по опыту, с	245
Коэффициент вариации	11,8
F-критерий	38,6*
НСР	22,73

по опыту (496 с) значения до почти максимального после амилазной провокации (315 с), что свидетельствует об относительной устойчивости, а № 515 проявил почти максимальную атакуемость крахмала (значение ЧП упало с 445 до 78 с).

Необычной была реакция и у № 883 с самым низким изначальным значением ЧП – 113 с. После добавления амилазноактивного компонента значение ЧП увеличилось до 156 с. Это свидетельствовало о том, что крахмал данного образца уже был гидролизован, поэтому добавление опытного материала привело к некоторому увеличению вязкости за счёт повышения общего количества компонентов, участвующих в клейстеризации.

Был проведен опыт по определению числа падения образцов пшеницы с заменой 20 % навески материалом образцов кукурузы. Образец мягкой пшеницы с производственного посева в чистом виде характеризовался невысоким значением ЧП (145 с). В этом опыте наряду с другими образцами использовали и два сорта сахарной кукурузы. Математическая обработка полученных данных показала существенные различия между испытуемыми образцами (табл. 3).

Следует отметить, что ни один из испытуемых образцов кукурузы не увеличил значение ЧП пшеничного зерна выше 200 с. Два образца (Цукерка, № 883) значимо снижали пшеничный показатель, а 5 образцов статистически существенно увеличивали вязкость пшеничного клейстера (Стимул, Дублёр, Клинок, № 513 и 533). Воздействие остальных образцов находилось в пределах ошибки опыта и не доказывалось.

В целом по опыту, без учета данных образцов сахарной кукурузы, изначально выпадающих по биохимическому составу из общей выборки, не выявлено существенного влияния на величину ЧП смесевых образцов биохимического состава зерна. Хотя содержание крахмала находилось на границе значимости по корреляционному коэффициенту (0,40). Таким образом, найденные между образцами различия обусловлены в большей степени качеством крахмала.

Смешивание продуктов размола кукурузы и пшеницы при переработке, в частности при тестоведении, не может не сказываться на свойствах клейковинного комплекса пшеницы, являющегося основой и каркасом формоустойчивости при выпечках. Представляло интерес изучение сортового разнообразия образцов кукурузы с этой точки зрения. Для этого к двум

Таблица 3

#### Различия образцов кукурузы по числу падения (замена 20 % навески пшеницы)

Пределы варьирования, с	101–179
Средняя по опыту, с	146
Коэффициент вариации	11,83
F-критерий	23,8*
НСР	12,2



контрастным образцам пшеницы с известными данными по количеству и качеству клейковины добавляли материал размола образцов кукурузы. Определяли количество сырой клейковины в смесевом образце и характеризовали ее реологические свойства. Были получены статистически значимые различия между испытуемы-

ми образцами по регистрируемыми критериям (табл. 4).

В целом по опыту наблюдалась следующая тенденция (табл. 5). По изменению количества клейковины в смесевых образцах с низкокачественной пшеницей существенных различий не наблюдалось. Однако выявлено сильное воздей-

Таблица 4

**Статистическая дифференциация образцов кукурузы по взаимодействию запасных полимеров с клейковинным комплексом пшеницы**

Пределы варьирования интеграции материала кукурузы с клейковинным комплексом пшеницы, %	0–21,0
F-критерий	5,9*
НСР	10,4
Пределы варьирования показателя ИДК пшеничной клейковины, отмытой с участием материала кукурузы, усл. ед.	27,4–70,0
F-критерий	9,3*
НСР	11,7
Пределы варьирования растяжимости клейковины, отмытой с участием материала кукурузы, см	7,0–20,0
F-критерий	419,3*
НСР	3,9

Таблица 5

**Взаимодействие запасных полимеров зерна кукурузы с белковым комплексом клейковины**

Сортообразец	Интеграция запасных полимеров кукурузы с клейковинным комплексом пшеницы с производственного посева, %	Интеграция запасных полимеров кукурузы с клейковинным комплексом пшеничной муки высшего сорта, %	Изменение показателя ИДК клейковины зерна с производственного посева под воздействием материала кукурузы, усл. ед	Изменение показателя ИДК клейковины из пшеничной муки высшего сорта под воздействием материала кукурузы, усл. ед.	Растяжимость клейковины пшеничной муки, см	Растяжимость клейковины пшеничной муки высшего сорта, см
	1	2	3	4	5	6
Пшеница мягкая, показатели*	27,2	28,0	87,0	58,5	16,0	14,0
Радуга	-2,8	15,3	-26,7 (60,3)	-1,2 (57,3)	16,0	16,5
РНИИСК-1	-0,6	11,0	-44,5 (42,5)	-3,6 (54,9)	12,5	16,5
Аврора	-0,6	5,2	-46,8 (40,2)	-11,6 (46,9)	11,5	11,0
Заря	0,7	21,0	-53,0 (34,0)	4,8 (63,3)	11,0	13,5
Клинок	-1,8	9,0	-42,1 (44,9)	-16,1 (42,4)	11,5	11,5
Стимул	-5,9	4,2	-48,1 (38,9)	-24,9 (33,6)	12,0	7,0
Цукерка	-2,4	4,4	-49,5 (37,7)	-20,2 (38,3)	8,0	11,0
Забавка	-2,7	17,2	-49,1 (37,9)	-0,5 (58,0)	11,5	13,0
513	-6,7	3,4	-37,0 (50,0)	-7,7 (50,8)	13,0	19,0
515	-0,9	20,8	-32,5 (54,3)	11,5 (70,0)	13,0	18,0
554	-3,3	12,4	-43,5 (43,5)	-8,1 (50,4)	13,0	14,5
592	-4,9	13,0	-36,4 (50,6)	3,9 (62,4)	13,0	13,5
608	0,7	3,6	-59,6 (27,4)	-4,9 (53,6)	10,0	17,5
638	-0,7	17,0	-38,9 (48,1)	1,7 (60,2)	14,0	19,0
661	-4,6	6,8	-47,07 (39,93)	-3,4 (55,1)	11,5	14,5
797	2,6	13,4	-51,5 (35,5)	1,7 (60,2)	12,0	17,0
841	4,6	9,8	-37,9 (49,1)	6,9 (65,4)	9,0	16,5
876	1,5	16,2	-50,9 (36,9)	4,1 (62,6)	12,0	16,0
883	-5,4	5,2	-47,9 (39,1)	-8,0 (50,5)	9,0	15,5
891	2,8	17,4	-37,1 (49,9)	8,6 (67,1)	12,0	20,0

Примечание: \* исходные значения двух образцов пшеницы по количеству сырой клейковины, показателю ИДК и растяжимости клейковины; графы 1 и 2 – отрицательные значения цифр показывают процент потери клейковины от исходного образца, положительные значения – процент материала сорго, интегрированного с клейковиной; графы 3 и 4 – в скобках приведены фактические значения показателя ИДК, без скобок – увеличение или уменьшение показателя от исходного образца.



твие на ее реологические свойства. Все образцы кукурузы значительно укрепляли ее, хотя различались по степени укрепления. Существенно сокращалась и растяжимость клейковины. Доказано, что образцы с участием РНИИСК-1 и № 513, 514, 554, 592, 638 не отличались от исходного образца пшеницы по растяжимости.

**Заключение.** В опыте с мукой высшего сорта с сильной клейковиной наблюдалась тенденция увеличения содержания сырой клейковины в смесевых образцах. Прибавка отмечалась у значительного числа образцов: РНИИСК-1, Радуга, Заря, Забава, № 515, 554, 592, 638, 797, 876, 891. При этом по упруго-вязким свойствам сохранилась тенденция укрепления клейковины, хотя и не настолько большая, как в опыте со слабой пшеницей. Математически доказывалось укрепление клейковины в смесевых образцах с сортами Клинок, Стимул, Цукерка. Ряд образцов имели тенденцию умеренного ослабления клейковины (максимальное у № 515). Увеличение растяжимости было установлено у № 513, 515, 638, 891, при этом значимо сокращаясь только у сорта Стимул. Таким образом проявлялось сортовое разнообразие.

Экстремальное укрепление клейковины, особенно проявившееся в опыте со слабой пшеницей, сопровождавшееся формированием короткорвущейся клейковины с минимальным значением ИДК до 27,4 усл. ед. (неудовлетворительно крепкая), можно назвать скорее деструктивным процессом. Таким образом, для смесей со слабой пшеницей должны рассматриваться образцы с минимальным укреплением, например, сорт Радуга, который можно использовать как улучшитель. Для смешивания с сильной

пшеницей пригодно большинство образцов кукурузы, но единичные образцы могут ухудшать реологию клейковины и, как следствие, теста.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Василенко И.И., Комаров В.И. Оценка качества зерна: Справочник. – М.: Агропромиздат, 1987. – 208 с.
2. Зубкова Т.В. Влияние добавления кукурузной муки на хлебопекарные свойства сортовой пшеничной муки // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2016. – № 2(2). – С. 26–32.
3. Кандроков Р.Х. Технологические свойства пшенично-тритикалевой муки // Вестник ЮУрГУ. Серия: пищевые и биотехнологии. – 2019. – Т. 7. – № 3. – С. 13–22.
4. Миронов В.Н. Влияние кукурузной муки на свойства пшеничного хлеба // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 2–3. – С. 391а.
5. Переработка муки тритикале на клейковину и крахмал / Н.Р. Андреев [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. – № 9. – С. 8.

**Кибкало Илья Анатольевич**, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела биохимии и биотехнологии, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы». Россия.

**Жук Екатерина Александровна**, канд. с.-х. наук, главный научный сотрудник отдела биохимии и биотехнологии, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы». Россия.

410050, г. Саратов, 1-й Институтский проезд, 4.  
Тел.: (8452) 79-49-64.

**Ключевые слова:** запасные полимеры; крахмал; клейковина; число падения; амилаза; кукуруза; качество.

#### DIFFERENTIATION OF CORN SAMPLES BY THE INTERACTION OF ITS SPARE POLYMERS WITH WHEAT PROTEIN AND CARBOHYDRATE COMPLEXES

**Kibkalo Ilya Anatolevich**, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Design and Technology Institute of Sorghum and Corn Federal State Government-Funded Scientific Institution. Russia.

**Zhuk Ekaterina Aleksandrovna**, Candidate of Agricultural Sciences, Chief Researcher, Design and Technology Institute of Sorghum and Corn Federal State Government-Funded Scientific Institution. Russia.

**Keywords:** storage polymers; starch; gluten; falling number; amylase; corn; quality

**The research objectives were to determine the fall number for 24 samples of corn, as well as for wheat samples with the replacement of 20% of the sample with corn material. An assessment of the attackability of maize starch through the change in the falling number upon provocation with an amylase-active material of wheat was carried out.**

**In the experiment with high-grade flour with strong gluten, there was a tendency to increase the content of wet gluten in the blended samples. The increase was proved in a significant number of samples: RNIISK-1, Raduga, Zarya, Zabava, No. 515, 554, 592, 638, 797, 876, 891. At the same time, in terms of elastic-viscous properties, the tendency to strengthen gluten remained, although not as large as in the experiment with weak wheat. The strengthening of gluten in mixed samples with varieties Klinok, Stimul, Zukerka was mathematically proved. A number of samples tended to have a moderate weakening of gluten (maximum in No. 515), which was not proven. An increase in elongation was proved in Nos. 513, 515, 638, 891, while significantly decreasing only in the Stimul variety. Thus, varietal diversity was manifested. Most corn samples are suitable for mixing with strong wheat, however, single samples can impair the rheology of the gluten and, as a result, the dough.**

