ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-759-767

Оригинальная статья
http://fptt.ru

Технологический потенциал зерна яровой твердой пшеницы Саратовской селекции

М. К. Садыгова[1,*], С. Н. Гапонов[2], Г. И. Шутарева[2], Н. М. Цетва[2], Т. В. Кириллова[1], Д. К. Филина[1]

[1] *Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова, Саратов, Россия*

[2] *Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, Саратов, Россия*

Поступила в редакцию: 01.04.2021

Принята после рецензирования: 25.06.2021
Принята в печать: 01.12.2021

**e-mail: sadigova.madina@yandex.ru*
© М. К. Садыгова, С. Н. Гапонов, Г. И. Шутарева, Н. М. Цетва, Т. В. Кириллова, Д. К. Филина, 2021

Аннотация.
Введение. Твердая пшеница является единственным сырьем для производства высококачественных макаронных изделий. В статье исследовано качество сортов твердой пшеницы Саратовской селекции, которые имеют стабильно реализуемый высокий технологический потенциал. Цель работы – исследование влияния качества зерна твердой пшеницы на качество макаронных изделий.
Объекты и методы исследования. Сорта твердой пшеницы: Саратовская золотистая, Валентина, Ник, Краснокутка 13, Луч 25, Памяти Васильчука, Безенчукская 182 и Аннушка. Макаронные изделия изготавливали на оригинальном прессе ПСЛ-13, предназначенном для получения стандартных спагетти диаметром 1,8 мм в лабораторных условиях. Содержание белка, сырой клейковины и ее качество определяли стандартным методом. Варочные свойства изделий оценивали по методике, разработанной в лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока».
Результаты и их обсуждение. Между показателями содержания сырой клейковины и белка существует прямая корреляционная зависимость. У сортов Саратовская золотистая и Луч 25 высокое содержание белка (15,3–15,6 %) и высокое содержание сырой клейковины (33,2–35,1 %). Качество сырой клейковины сортов Саратовской селекции характеризуется как хорошее, тогда как у других сортов – удовлетворительно слабое. Этому соответствует показатель микроSDS-седиментации (30–36 мм), относимый к слабой группе. Прочность спагетти повышается при содержании сырой клейковины 33–35 % и с увеличением содержания белка до 15,3–15,6 %. Наблюдается высокая зависимость прочности спагетти, коэффициента детерминации $R^2 = 0{,}98$ и усилия перекуса $R^2 = 0{,}92$ от содержания белка.
Выводы. Установлены критерии отбора сортов твердой пшеницы для производства спагетти с повышенной прочностью: оптимальное значение показателя стекловидности не менее 80 %, содержание сырой клейковины 33–35 %, содержание белка выше на 5–7 %. Для показателя усилие перекуса спагетти оптимальное качество сырой клейковины в пределах 72–80 ед. пр. ИДК-1 у таких сортов, как Саратовская золотистая, Валентина, Аннушка и Луч 25.

Ключевые слова. Пшеница, спагетти, развариваемость, прочность, усилие перекуса, белок, клейковина

Для цитирования: Технологический потенциал зерна яровой твердой пшеницы Саратовской селекции / М. К. Садыгова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 4. С. 759–767. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-759-767.

Original article

Available online at http://fptt.ru/eng

Technological Potential of Saratov Spring Durum Wheat Grain

Madina K. Sadygova[1,*], Sergei N. Gaponov[2], Galina I. Shutareva[2], Natalya M. Tsetva[2], Tatyana V. Kirillova[1], Darya K. Filina[1]

[1] *N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University, Saratov, Russia*

[2] *Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, Saratov, Russia*

Received: April 01, 2021

Accepted in revised form: June 25, 2021
Accepted for publication: December 01, 2021

*e-mail: sadigova.madina@yandex.ru
© M.K. Sadygova, S.N. Gaponov, G.I. Shutareva, N.M. Tsetva, T.V. Kirillova, D.K. Filina, 2021

Abstract.
Introduction. Durum wheat is vital for high-quality pasta production. The present research tested the high technological potential of durum wheat varieties developed in the Saratov region. The research objective was to study the effect of the quality of durum wheat on the quality of pasta.
Study objects and methods. The study featured durum wheat of the following varieties: Saratovskaya Zolotistaya, Valentina, Nik, Krasnokutka 13, Luch 25, Pamyati Vasilchuka, Bezenchukskaya 182 and Annushka. The experiment involved an original PSL-13 press for standard spaghetti with a diameter of 1.8 mm. The content of protein, raw gluten, and their quality were determined by standard methods. The cooking properties of the pasta were evaluated according to the method developed in the South-Eastern Federal Agricultural Research Center.
Results and discussion. The indicators of raw gluten and protein are known to correlate. The samples of Saratovskaya Zolotistaya and Luch 25 had a high protein content of 15.3 and 15.6%, respectively, as well as a high content of raw gluten (33.2 and 35.1%, respectively). The raw gluten of Saratov varieties proved to be much better than in the control samples. The indicator of microSDs sedimentation was 30–36 mm. The strength of spaghetti followed the increase in crude gluten (33–35%) and protein (15.3–15.6%), which is typical of this type of pasta. The strength, coefficient of determination (R^2 = 0.98), and sharing force (R^2 = 0.92) depended on the protein content.
Conclusion. The study established the following optimal selection criteria for durum wheat varieties to be used in strong spaghetti production: virtuosity – 80%, raw gluten – 33–35%, protein content – 5–7% higher than normal, raw gluten – 72–80 units.

Keywords. Wheat, spaghetti, digestibility, strength, sharing force, protein, gliten

For citation: Sadygova MK, Gaponov SN, Shutareva GI, Tsetva NM, Kirillova TV, Filina DK. Technological Potential of Saratov Spring Durum Wheat Grain. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(4):759–767. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-759-767.

Введение

Для производства качественных макаронных изделий подходит только один вид сырья – твердая пшеницы. Она характеризуется высокой прочностью, янтарно-желтоватым оттенком, низкой развариваемостью, малой потерей веществ при варке, приятным вкусом и биологической ценностью.

Мировое производство твердой пшеницы в 2019–2020 гг. составило 33,6 млн т, в т. ч. в Евросоюзе – 7,5, в Мексике – 1,7, в США – 1,5 и в Канаде – 5,0 млн т. Согласно прогнозам Canadian Wheat Board (CWB) объемы мировой торговли твердой пшеницей (дурум) в 2020–2021 гг. составят до 34,3 млн т. Важнейшим фактором, влияющим на ценовую конъюнктуру и торговлю на рынке, является увеличение объема мирового предложения пшеницы (дурум). К сожалению, в России площади под твердую пшеницу сокращаются. В 2020 г. посевы пшеницы (дурум) заняли 661 тыс. га плодородных полей, в том числе в Саратовской области – 45 тыс. га. Это третье место после Оренбурга (265 тыс. га) и Челябинска (160 тыс. га). По данным Национального Союза Селекционеров и Семеноводов (НССиС), общий валовый сбор зерна по стране, при среднем урожае 12,6 ц/га, составил всего 822 тыс. т. Производителям макаронной продукции, таким как «Макфа», «МакПром» и «Барилла», ежегодно требуется от 80 до 220 тыс. т зерна твердой пшеницы с хорошим качеством клейковины, содержанием белка и каротиноидных пигментов.

Из-за нехватки сырья и крупки из твердой пшеницы макароны стали производить из муки мягкой пшеницы. Себестоимость таких изделий гораздо ниже. Поэтому основное количество покупок приходится на долю дешевых и средних по цене, но низких по качеству изделий. Такое положение обостряет конкуренцию между российскими производителями, но не стимулирует производство надлежащего сырья – высококачественного зерна яровой твердой пшеницы.

Сравнивая два вида пшениц (твердую и мягкую), можно говорить о том, что макаронные изделия из второй значительно уступают в пищевой и биологической ценности для организма человека. Такой продукт способствует набору веса, в то время как большинство людей склонны к полноте. В связи с этим в ряде стран производство макаронных изделий из мягкой пшеницы запрещено полностью.

В Италии, несмотря на запрет изготовления макаронных изделий из фарины (крупки) мягкой пшеницы, ученые проводят исследования по изучению реологических свойств теста на основе композитной смеси из сортов твердой (семолины) и мягкой (фарины) пшеницы. Было выявлено, что для усиления прочности изделий из подобных смесей в рецептуру следует добавлять соль.

Исследования ученых направлены на повышение пищевой ценности макаронных изделий [1–6]. В Научно-исследовательском институте пищеконцентратной промышленности и специальной пищевой технологии – филиале ФГБУН «ФИЦ

питания, биотехнологии и безопасности пищи» разработаны макаронные изделия с использованием гречневой муки и овощных порошков в рецептуре макаронного теста из цельнозерновой полбяной муки. Это повысило содержание селена в макаронных изделиях на 40,7–186,2 % [7].

S. Savita и др. считают, что среди всех источников белка, используемых на различных уровнях, 15 % муки из бобов мунг, 10 % концентрата сывороточного белка и 6 % яичного белка дали макароны высокого качества [12]. Ученые из Алматинского технологического университета установили на основании полученных экспериментальных данных, что использование ионной озонированной воды при приготовлении теста способствует улучшению качества макаронных изделий на основе муки из зерновых и бобовых культур [8].

Создание и внедрение в производство новых и перспективных сортов озимой твердой пшеницы – один из факторов в решении стабильности производства зерна твердой пшеницы высокого качества. Об этом говорят ученые из Федерального аграрного научного центра «Донской» [9].

По данным Е. П. Мелешкиной, на улучшение качества можно надеется только в том случае, если будут соблюдаться все современные подходы к качеству. Эффективное и рациональное применение зерновых культур может обеспечиваться соединением всех этапов производства в единую аграрно-пищевую технологическую цепь, в которой конечный продукт определяет требования к сырью [10].

По мнению ученых ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», экономический кризис и задачи по импортозамещению ставят целью ускорить создание адаптированных к условиям Поволжья скороспелых, засухоустойчивых, конкурентоспособных и коммерчески ценных сортов, которые бы могли давать стабильный урожай качественного зерна [11–13]. В связи с этим первостепенная задача производителей – уделить внимание производству яровой твердой пшеницы на базе существующих на сегодняшний день сортов.

Целью работы является исследование влияния качества зерна твердой пшеницы на качество макаронных изделий.

Большинство научных сотрудников и технологов, которые являются авторами множества трудов, связанных с изучением сортов твердой пшеницы, выделяют уникальные свойства макаронных изделий как продукта потребления:

– способность длительного хранения без резкого падения вкусовых и питательных свойств; при этом макаронные изделия имеют меньший показатель гигроскопичности, чем сухари, галеты и бисквиты; хорошо переносят транспортировку;

– малые временные затраты на приготовление: продолжительность варки колеблется от 3–5 до 15–20 мин;

– высокая питательность, значительно превышающая пшеничный хлеб, т. к. для производства макаронных изделий выбирается мука с высоким содержанием белковых веществ;

– большая усвояемость углеводов и белковых веществ, что важно для диетического и детского питания.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились в лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». Объекты исследования – сорта яровой твердой пшеницы Саратовской селекции.

Для увеличения конкурентоспособности зерна твердой пшеницы на мировом рынке был разработан и предложен к выращиванию в 1993 г. сорт Саратовская золотистая. Он характеризуется высоким содержанием каротиноидных пигментов и белка, уникальным индексом желтизны (семолины) и отличным качеством клейковины (табл. 1). Готовые макаронные изделия выделяются товарным видом и кулинарными свойствами.

Сорт Валентина, допущенный к использованию в производстве в 1998 г., сочетает высокую продуктивность, массу 1000 зерен с хорошим показателем натуры зерна. Содержание каротиноидов в зерне у него выше, чем у сорта Краснокутка 13 (стандарт), но ниже, чем у Саратовской золотистой. Высокая масса 1000 зерен и хорошая натура зерна обеспечивают высокий выход семолины (крупки) при размоле зерна.

Сорт яровой твердой пшеницы Ник характеризуется способностью в засушливые годы сохранять высокий показатель урожайности в Саратовской области. По качеству массы 1000 зерен, клейковины и содержанию каротиноидов находится на уровне сорта Саратовская золотистая. Это подтверждается индексом желтизны (B): 20,3 % против 23 % у Саратовской золотистой.

Сорт Аннушка выделяется высокой натурой и отличными технологическими качествами зерна. Содержание сырой клейковины держится в диапазоне от 28,0 до 40,0 %, а спагетти характеризуются красивым желтым цветом и устойчивы к переварке.

Сорт Луч 25 характеризуется высокой продуктивностью и показателями качества зерна на уровне сорта Саратовская золотистая.

По содержанию каротиноидов сорт Памяти Васильчука превышает сорт Луч 25 на 2,0 мг/кг, а Краснокутку 13 на 2,4 мг/кг. Это подтверждается индексом желтизны B = 22,2 %. Преимуществом этого сорта является качество клейковины: очень прочная и упругая.

Сорт яровой твердой пшеницы Краснокутка 13 выведен на Краснокутской селекционно-опытной станции НИИСХ Юго-Востока. Характеризуется высокой засухоустойчивостью, скороспелостью и урожайностью.

Таблица 1. Показатели качества зерна твердой пшеницы за 2016–2020 гг.

Table 1. Indicators of durum wheat quality (2016–2020)

Сорта	Содержание белка, %	Содержание сырой клейковины, %	Качество сырой клейковины, ед. ИДК	МикроSDS-седиментация, мм	Индекс желтизны, *B*%	Содержание каротиноидов, мг/кг
Саратовская золотистая	15,3	35,1	79	40	23,0	6,8
Валентина	14,9	32,7	76	49	19,5	4,8
Ник	14,3	29,2	72	53	20,3	6,4
Аннушка	14,7	33,6	80	56	20,0	5,8
Луч 25	15,6	33,2	81	52	19,5	4,7
Памяти Васильчука	14,2	29,6	62	52	22,2	6,7
Краснокутка 13, st	13,8	27,2	85	36	17,7	4,3
Безенчукская 182	14,8	30,7	89	30	18,5	4,7
Среднее	14,7	31,4	78	48	20,1	5,5
$НСР_{0,05}$	0,4	2,7	2,9	1,4	3,2	0,5

При сотрудничестве с Самарским и Оренбургским НИИСХ выведен сорт Безенчукская 182. Он характеризуется высоким показателем урожайности, который обеспечивается за счет высокой массы 1000 зерен. Что касается качества клейковины и кулинарных достоинств макаронных изделий, а также показателей приборов ИДК и SDS-седиментации, то сорт находится на уровне стандартных сортов Харьковская 46 и Безенчукская 139. Однако лучше их по содержанию каротиноидных пигментов в среднем на 17 %.

Все сорта высевались на делянках площадью 10 м^2 в четырехкратной повторности. Нормативные показатели высева составили 4 млн всхожих зерен на 1 га. Делянки располагались рендомизированно по методике полевого опыта. Способ посева – сплошной. Модель сеялки СКС-6-10, предшественник которой был черный пар. Материал для изучения выращивался на специализированных полях селекционного севооборота по типичной агротехнике в условиях Саратовской области.

Зерно твердой пшеницы оценивали по следующим показателям качества:

– содержание сырой клейковины и ее качество по ГОСТ 27839-88 (способность оказывать сопротивление прилагаемой силе при сжатии образца на приборе ИДК-1);

– содержание белка по ГОСТ 10846;

– варочные свойства изделий оценивали по методике, разработанной в лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» [14].

По методике микроSDS-седиментации был проведен анализ прочности клейковины. Навеску размолотого зерна в 1 г помещали в пробирку, приливали 4 мл дистиллированной воды и взбалтывали 2–3 мин. Затем оставляли в спокойном состоянии еще на 7,5 мин. Добавляли 12 мл рабочего раствора (1 часть 9,4 %-ого раствора молочной кислоты и 48 частей 2 %-ого раствора додецилсульфата натрия), закрывали пробкой и перемешивали, переворачивая пробирку минимум 10 раз. Через 15 мин измеряли высоту осадка, что и являлось микроSDS-седиментационным числом [15].

Индекс желтизны семолины (*B*%) определялся на приборе SPEKOL-11, снабженным отражающей приставкой [16]. Отражение образца семолины измерялось при длине волны λ = 546 нм и λ = 436 нм. Вычисление индекса желтизны (*B*%) проводилось по формуле 1.

$$B\% = \frac{7(Y - Z)}{\sqrt{Y}} \quad (1)$$

где Y – процент отражения семолины при λ = 546 нм; Z – процент отражения семолины при λ = 436 нм.

Ученые Всероссийского научно-исследовательского института зерна и продуктов его переработки – филиала ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН для получения цифрового изображения исследуемой пробы определяли цветовые характеристики на экспериментальном образце сканирующего анализатора муки (САМ). Он был разработан во ВНИИЗ совместно с ООО «НИЦ ИСС». Компоненты (продукцию) оценивают по оптическим свойствам: показателю «желтизна», рассчитанному по специальному алгоритму с учетом трех базовых цветов (зеленого G, синего B и красного R), и по характеристике цвета в синем участке спектра в цветовом пространстве RGB [20].

На приборе ИПС-2 (измеритель прочности спагетти), разработанном Н. С. Васильчуком и Е. Н. Смирновым, оценивали следующие параметры: усилие необходимое для перекуса готовых спагетти (измерялось в граммах), а также прочность продукта. Интеграл деформации говорит о «работе», затраченной на перекус и измеряется в г·см. Оборудование

позволяло без участия человека плавно увеличивать усилие на «зубе» и максимально точно фиксировать момент перелома и/или перекуса с одновременным определением диаметра.

Пресс спагетный лабораторный ПСЛ-13 разработан и изготовлен Н. С. Васильчуком совместно с инженером-конструктором Е. Н. Смирновым и техником Ю. В. Головенко [10]. Спагетти диаметром до 1,8 мм изготавливали в лаборатории путем выпресовывания тестового полуфабриката массой 25–50 г через цилиндр и калибровочные отверстия матрицы в нем.

Определение влажности семолины производилось перед замесом тестового полуфабриката путем отбора навески в 50 г в стакан тестомесилки ТЛ1-75, а также добавлением дистиллированной воды температурой не выше 55 °С. Если клейковина слабая (например, у сортов Безенчукская 182, Краснокутка 13), то воду добавляли в количестве необходимом для достижения влажности 34 %, если клейковина сильная (Саратовская золотистая, Валентина, Луч 25) – 35 %. Замес производился в течение минуты. Затем собирались все крошки, а полуфабрикат проминали вручную зубчатыми валиками на подставке из дерева в течение 3 мин. Тесту придавали форму жгута диаметром 20–23 мм и помещали в разогретый до температуры 50 °С рабочий цилиндр пресса ПСЛ-13 с завернутой заглушкой вместо матрицы. В цилиндр вставляли прилагаемый поршень, после чего помещали под винтовой пресс. Прессом задавали максимально возможное давление на тесто, которое удерживали в течение 10 мин для лучшей его гомогенизации. Затем усилие снимали и вместо заглушки ставили матрицу, а цилиндр помещали строго под поршнем пресса ПСЛ-13.

По окончании цикла выдавливания спагетти вешали на 1 мин в комнате на бастуны. Сам процесс сушки происходит следующим образом: в заранее прогретый термостат до 40 °С помещают ванночку с водой, в которую опускают двойные листы фильтровальной бумаги вдоль боковых стенок. Это необходимо для обеспечения относительной влажности воздуха в камере до 80 %. Далее в камеру термостата на 24 ч при температуре 40 °С помещают подвешенные на «палочках» спагетти. После извлечения спагетти из камеры их охлаждают при комнатной температуре и заворачивают в темную бумагу для хранения.

Результаты и их обсуждение

Важными показателями для рынка макаронной продукции является содержание и структура белка (качество клейковины), а также цвет изделий (макароны, крупа) [20]. Желтый пигмент накапливается путем повышения содержания каротиноидов в эндосперме, обладающих провитаминными и антиоксидантными свойствами. Т. С. Штейнберг и др. методом регрессионного анализа установили, что цвет макаронных изделий, изготовленных из муки сортов твердой пшеницы, зависит от содержания каротиноидов в муке, от крупности частиц муки и от содержания неэндоспермных включений [20].

По содержанию каротиноидов выделяются сорта Саратовская золотистая, Ник и Памяти Васильчука. По сравнению с сортом Краснокутка 13 (стандарт) содержание каротиноидов в них выше на 55–58 % (табл. 1).

Как видно из данных таблицы 1, у сорта Саратовская золотистая и Луч 25 самое высокое содержание белка, которое превышает сорт Краснокутка 13. Между показателями содержания сырой клейковины и содержанием белка существует прямая корреляционная зависимость. Поэтому высокое содержание сырой клейковины у сортов Саратовская золотистая и Луч 25 закономерно. Однако такая зависимость отсутствует, если анализировать данные по сортам Валентина и Безенчукская 182.

Учеными ФГБНУ ВНИИК им. И. Г. Калинина установлена взаимосвязь SDS-седиментации с главными признаками качества зерна озимой твердой пшеницы. Это дает возможность применять этот метод оценки для выборки высококачественных генотипов [19].

Согласно классификации ВНИИЗК по показателю седиментации твердой пшеницы выделяют следующие группы: первая – очень сильная клейковины (40 и > мл), вторая – сильная (35–39 мл), третья – средняя (30–34 мл), четвертая – слабая (29 и < мл).

Качество сырой клейковины сортов Саратовской селекции характеризуется как хорошее, тогда как у сортов Безенчукская 182 и Краснокутка 13 удовлетворительно слабое. Этому соответствует и показатель микроSDS-седиментации, относимый к слабой группе. Изучение по методу SDS-седиментации качества зерна сортов твердой пшеницы различного происхождения показало, что существует варьирование (от 30 до 56 мл) и статистически значимая дифференциация. Распределение образцов по объему седиментационного осадка было следующим: 6 отличались очень сильной клейковиной (40 мл и более), 1 – средней (31–36 мл) и 1 – слабой (28–30 мл).

Макаронные изделия высокого качества содержат не менее 12 % белковых веществ и более 72 % углеводов, не более 13 % влаги, 0,5–0,7 % жиров (нежелательных в продуктах, предназначенных для длительного хранения, т. к. растительные жиры быстро прогоркают), малое количества минеральных солей и минимум клетчатки, не усваиваемой человеческим организмом. Усвояемость белковых веществ и углеводов изделий должна быть выше 90 %, содержание каротиноидных пигментов не менее 6,0 мг/кг при индексе желтизны не менее 22 % [21].

Таблица 2. Показатели качества спагетти

Table 2. Spaghetti quality indicators

Сорта и линии	Коэффициент развариваемости	Прочность спагетти, г·см	Сухие вещества, перешедшие в варочную воду, %	Усилие перекуса, г
Саратовская золотистая	3,0	5,1	4,8	48,9
Валентина	3,0	4,6	4,8	45,7
Ник	3,0	4,6	4,9	45,9
Аннушка	2,9	4,4	4,5	44,2
Луч 25	3,0	5,1	4,4	50,7
Памяти Васильчука	2,8	4,2	4,4	44,0
Краснокутка 13, st	3,0	4,5	4,6	46,7
Безенчукская 182	3,0	4,8	4,5	48,4
Среднее	3,0	4,7	4,6	46,8
$НСР_{0,05}$	0,2	1,1	0,4	7,2

Ученые из Оренбургского ГУ считают, что на качество макаронных изделий влияет крупность помола муки. При крупитчатой структуре изделия получаются лучше по цвету и стекловиднее в изломе. Оптимальный размер частиц должен быть 200–350 мкм. Такая мука имеет наилучшее соотношение прочности и пластичности [20].

Спагетти получали по вышеуказанной методике. Показатели качества представлены в таблице 2.

Развариваемость макаронных изделий зависит от стекловидности зерна, содержания сырой клейковины и ее качества. Высокая корреляционная зависимость прочности спагетти от содержания сырой клейковины представлена на рисунке 1. Кулинарные показатели макаронных изделий оцениваются при термической обработке (варке). Прочность и упругость спагетти, количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, развариваемость продукта за определенный промежуток времени, изменение в оттенке – особенности, которые зависят не только от сортовых особенностей семолины, но и от ее качества [14].

Рядом исследователей было установлено, что высокое качество белка говорит об устойчивости продукта к перевариванию, что дает высокие кулинарные достоинства [19].

Как видно из данных рисунка 1, прочность спагетти повышается при содержании сырой клейковины 33–35 % и с увеличением содержания белка, что характерно для этого вида макаронных изделий. Для других видов макаронных изделий при увеличении содержания клейковины в муке выше 40 % требуется более длительное время варки, а готовые изделия имеют резинообразную текстуру. Однако коэффициент развариваемости практически одинаков для всех образцов исследуемых сортов твердой пшеницы (рис. 2).

На способность макаронных изделий вбирать в себя воду в процессе варки указывает коэффициент развариваемости, представляющий собой отношение

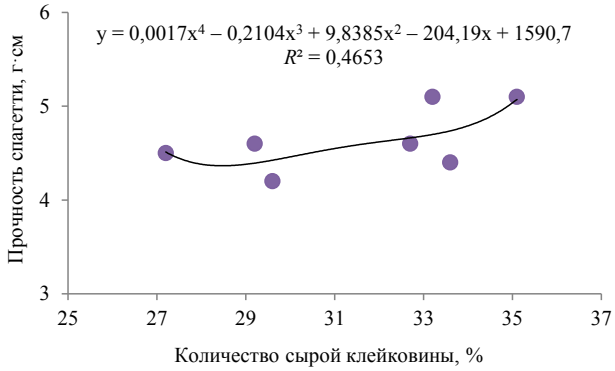

Рисунок 1. Влияние содержания сырой клейковины и белка на прочность спагетти

Figure 1. Effect of crude gluten and protein content on spaghetti strength

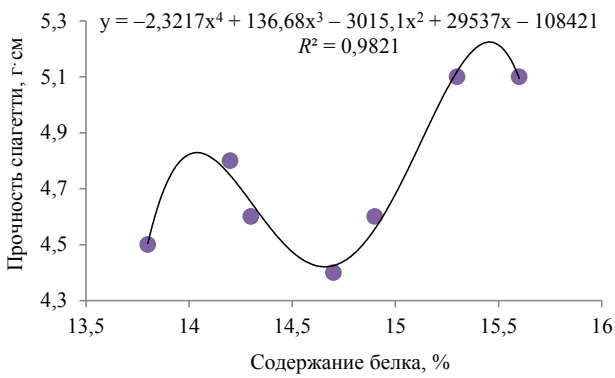

Рисунок 2. Влияние содержания клейковины на коэффициент развариваемости изделий

Figure 2. Effect of gluten content on cooking quality

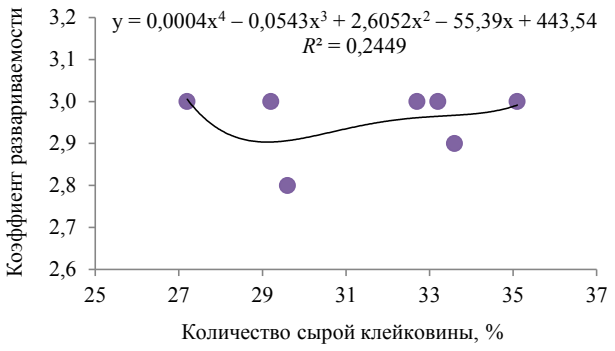

Рисунок 3. Влияние содержания сырой клейковины и белка на сухой остаток и усилие перекуса спагетти

Figure 3. Effect of crude gluten and protein on dry matter and sharing force

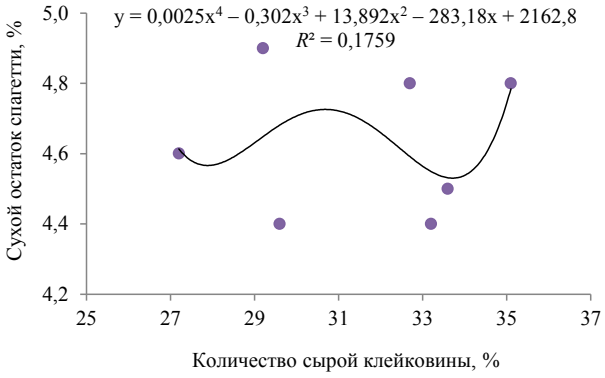

Рисунок 4. Влияние качества сырой клейковины на усилие перекуса спагетти

Figure 4. Effect of raw gluten quality on sharing force

веса спагетти до и после варки. Он должен быть в 2,8–3,5 раза больше веса сухих спагетти [11].

Как видно из данных рисунка 2, коэффициент развариваемости изделий отличается, что обусловлено сортовыми особенностями.

Упругость макаронных изделий и количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, зависит от качества и количества сырой клейковины в муке (рис. 3) [11]. В данной работе сухой остаток в варочной воде гораздо меньше допустимых 6 %, принятых в международных оценках на кулинарное качество готовой продукции.

Как видно из данных рисунка 4, усилие перекуса спагетти увеличивается при показателе качества сырой клейковины 74–82 ед. пр. ИДК-1. По данным ученых Федерального аграрного научного центра Юго-Востока для получения макаронных изделий с повышенной прочностью нужно, чтобы зерно твердой пшеницы имело качество клейковины 80–85 ед. пр. ИДК-1 [13].

Кулинарные достоинства также зависят от усилия перекуса и пресности продукта. Прочность и развариваемость макаронных изделий оказывают влияние на вкусовые достоинства и способность организма человека усвоить спагетти. Излишнее набухание, склеивание и слипание в комья превращают продукт в неприятную на вкус вязкую массу, плохо проницаемую для пищеварительных соков. Хорошая прочность после 12-ти минутной варки должна быть 5–7 г·см [13].

Выводы

В результате проведенных исследований установлены критерии отбора сортов твердой пшеницы для производства спагетти. Сорта твердой пшеницы Саратовской селекции имеют стабильно реализуемый высокий технологический потенциал. Содержание каротиноидов в зерне твердой пшеницы сортов Саратовской селекции выше на 55–58 %, по сравнению с сортом Краснокутка 13, а содержание белка выше на 5–7 %. Качество сырой клейковины сортов Саратовской селекции характеризуется как хорошее, тогда как у сортов Безенчукская 182 и Краснокутка 13 удовлетворительно слабое. Этому соответствует показатель микроSDS-седиментации, относимый к группе слабых.

Установлено, что для повышения прочности спагетти необходимо содержание сырой клейковины 32–35 %, тогда как для других видов макаронных изделий это неприемлемо. Для показателя усилия перекуса спагетти оптимальное качество сырой клейковины в пределах 74–82 ед. пр. ИДК-1, тогда как для других видов макаронных изделий оптимально качество клейковины в пределах 80–85 ед. пр. ИДК-1.

Критерии авторства

М. К. Садыгова руководила проектом. Селекционеры С. Н. Гапонов, Г. Н. Шутарева, Н. М. Цетва проводили селекционные работы на своих опытных полях. Т. В. Кириллова статистически обрабатывала материал. Д. К. Филина ассистировала всем участникам проекта.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что конфликт интересов отсутствует.

Contribution

M.K. Sadygova supervised the project. S.N. Gaponov, G.N. Shutareva, and N.M. Tsetva performed the selection work on experimental fields. T.V. Kirillova was responsible for statistical processing. D.K. Filina was the project assistant.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Список литературы

1. Thomas C., Maître I., Symoneaux R. Consumer-led eco-development of food products: a case study to propose a framework // British Food Journal. 2021. Vol. 123. № 7. P. 2430–2448. https://doi.org/10.1108/BFJ-11-2020-1050.

2. A generalized phenological model for durum wheat: application to the Italian peninsula / A. Di Paola [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2020. Vol. 100. № 11. P. 4093–4100. https://doi.org/10.1002/jsfa.9864.

3. Effect of drying methods on the physical properties of durum wheat pasta / M. Piwińska [et al.] // CYTA – Journal of Food. 2015. Vol. 14. № 4. P. 523–528. https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1149226.

4. High moisture extrusion of wheat gluten: Relationship between process parameters, protein polymerization, and final product characteristics / V. L. Pietsch [et al.] // Journal of Food Engineering. 2019. Vol. 259. P. 3–11. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.04.006.

5. Zula A. T., Ayele D. A., Egigayhu W. A. Proximate composition, antinutritional content, microbial load, and sensory acceptability of noodles formulated from moringa (*Moringa oleifera*) leaf powder and wheat flour blend // International Journal of Food Science. 2021. Vol. 2021. https://doi.org/10.1155/2021/6689247.

6. Смирнова С. О., Фазуллина О. Ф. Использование нетрадиционного сырья в производстве макаронных изделий повышенной пищевой ценности // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 3. С. 454–469. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-454-469.

7. Содержание селена в макаронных изделиях на основе полбяной и гречневой муки, а также овощных порошков / О. Ф. Фазуллина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50. № 2. С. 242–251. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-242-251.

8. Influence of different protein sources on cooking and sensory quality of pasta / S. Savita [et al.] // International Journal of Engineering Research and Applications. 2013. Vol. 3. № 2. P. 1757–1763.

9. The improvement of quality of pasta on the basis of the vegetable raw materials / A. I. Iztaev [et al.] // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015. Vol. 12. № 3. P. 2117–2124. https://doi.org/10.13005/bbra/1881.

10. Характеристика сортов озимой твердой пшеницы по качеству зерна и макаронным свойствам / Н. С. Кравченко [и др.] // Зерновое хозяйство России. 2020. Т. 69. № 3. С. 26–31. https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-69-3-26-31.

11. Мелешкина Е. П. Современные аспекты качества зерна пшеницы // Аграрный вестник Юго-Востока. 2009. Т. 3. № 3. С. 4–7.

12. Основные достижения и направления селекции яровой твердой пшеницы в ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» / С. Н. Гапонов [и др.] // Зерновое хозяйство России. 2017. Т. 52. № 4. С. 17–21.

13. Оценка прочности клейковины в процессе селекции твердой пшеницы (Triticum durum Desf.) / Н. С. Васильчук [и др.] // Аграрный вестник Юго-Востока. 2009. Т. 3. № 3. С. 34–40.

14. Использование метода SDS-седиментации в оценке исходного материала твердой озимой пшеницы на качество / Н. Е. Самофалова [и др.] // Зерновое хозяйство России. 2014. № 4. С. 25–31.

15. К разработке системы прослеживаемости при производстве макаронных изделий группы А по оптическим свойствам компонентов / Т. С. Штейнберг [и др.] // Хлебопродукты. 2020. № 1. С. 52–55. https://doi.org/10.32462/0235-2508-2020-29-1-52-55.

16. Штейнберг Т. С., Семикина Л. И., Морозова О. В. Оперативный контроль качества муки из зерна твердой пшеницы по показателю «цвет» взамен показателя «зольность» // Хлебопродукты. 2014. № 12. С. 54–57.

17. Лещенко М. А., Самофалов А. П. Сравнительная характеристика групп сортов и линий озимой твердой пшеницы с разным уровнем показателя SDS-седиментации // Молодой ученый. 2015. Т. 89. № 9–2. С. 106–108.

18. Усовершенствование метода реологической оценки качества зерна в селекции яровой твердой пшеницы / С. Н. Гапонов [и др.] // Зерновое хозяйство России. 2020. Т. 67. № 1. С. 49–53. https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-67-1-49-53.

19. Тарасенко С. С., Владимирова Н. П. Реологические характеристики макаронной муки // Хлебопродукты. 2016. № 8. С. 47–49.

20. Sissons M. Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread. Food. 2008. Vol. 2. № 2. P. 75–90.

21. Identification of early represented gluten proteins during durum wheat grain development / M. F. Mazzeo [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017. Vol. 65. № 15. P. 3242–3250. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00571.

References

1. Thomas C, Maître I, Symoneaux R. Consumer-led eco-development of food products: a case study to propose a framework. British Food Journal. 202;123(7):2430–2448. https://doi.org/10.1108/BFJ-11-2020-1050.

2. Di Paola A, Ventura F, Vignudelli M, Bombelli A, Severini M. A generalized phenological model for durum wheat: application to the Italian peninsula. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2020;100(11):4093–4100. https://doi.org/10.1002/jsfa.9864.

3. Piwińska M, Wyrwisz J, Kurek MA, Wierzbicka A. Effect of drying methods on the physical properties of durum wheat pasta. CYTA – Journal of Food. 2015;14(4):523–528. https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1149226.

4. Pietsch VL, Werner R, Karbstein HP, Emin MA. High moisture extrusion of wheat gluten: Relationship between process parameters, protein polymerization, and final product characteristics. Journal of Food Engineering. 2019;259:3–11. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.04.006.

5. Zula AT, Ayele DA, Egigayhu WA. Proximate composition, antinutritional content, microbial load, and sensory acceptability of noodles formulated from moringa (*Moringa oleifera*) leaf powder and wheat flour blend. International Journal of Food Science. 2021;2021. https://doi.org/10.1155/2021/6689247.

6. Smirnov SO, Fazullina OF. Non-traditional raw materials in pasta production of high nutrition value. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(3):454–469. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-454-469.

7. Fazullina OF, Ponomareva SM, Smirnov SO, Semenova LI. Selenium content in spelt, buckwheat, and vegetable pasta. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):242–251. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-242-251.

8. Savita S, Arshwinder K, Gurkirat K, Vikas N. Influence of different protein sources on cooking and sensory quality of pasta. International Journal of Engineering Research and Applications. 2013;3(2):1757–1763.

9. Iztaev AI, Iskakova GK, Kulazhanov KS, Baimagambetova G, Iztaev BA. The improvement of quality of pasta on the basis of the vegetable raw materials. Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015;12(3):2117–2124. https://doi.org/10.13005/bbra/1881.

10. Kravchenko NS, Samofalova NE, Oldyreva IM, Makarova TS. The characteristics of the winter durum wheat varieties according to grain quality and pasta properties. Grain Economy of Russia. 2020;69(3):26–31. (In Russ.). https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-69-3-26-31.

11. Meleshkina EP. Modern aspects of wheat grain quality. Agrarian Reporter of South-East. 2009;3(3):4–7. (In Russ.).

12. Gaponov SN, Popova VM, Shutareva GI, Eremenko LV, Tsetva NM, Parshikova TM. The main achievements and trends of spring durum wheat breeding in FSBSI “RIA of South-East”. Grain Economy of Russia. 2017;52(4):17–21. (In Russ.).

13. Vassiltchouk NS, Gaponov SN, Yeremenko LV, Parshikova TM, Popova VM, Tsetva NM, et al. Gluten strength estimation during durum wheat breeding (Triticum durum Desf.). Agrarian Reporter of South-East. 2009;3(3):34–40. (In Russ.).

14. Samofalova NE, Leshchenko MA, Samofalov AP, Kopus MM. Use of SDS-sedimentation in qualitative evaluation of initial material of durum winter wheat. Grain Economy of Russia. 2014;(4):25–31. (In Russ.).

15. Shteinberg TS, Shvedova OG, Morozova OV, Kolomietz SN, Koval AI. On the development of a traceability system in the production of group “A” pasta by optical properties of components. Bread products. 2020;(1):52–55. (In Russ.). https://doi.org/10.32462/0235-2508-2020-29-1-52-55.

16. Shteinberg TS, Semikina LI, Morozova OV. Operational control of the quality of flour from durum wheat in terms of color instead of the indicator ash. Bread products. 2014;(12):54–57. (In Russ.).

17. Leshchenko MA, Samofalov AP. Comparative characteristics of groups of varieties and lines of winter durum wheat with different levels of indicator SDS-sedimentation. Young Scientist. 2015;89(9–2):106–108. (In Russ.).

18. Gaponov SN, Shutareva GI, Tsetva NM, Tsetva IS, Milovanov IV. Improvement of the method of rheological assessment of grain quality in the spring wheat breeding. Grain Economy of Russia. 2020;67(1):49–53. (In Russ.). https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-67-1-49-53.

19. Tarasenko SS, Vladimirov NP. Rheological characteristics of pasta flour. Bread products. 2016;(8):47–49. (In Russ.).

20. Sissons M. Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread. Food. 2008;2(2):75–90.

21. Mazzeo MF, Di Stasio L, D’Ambrosio C, Arena S, Scaloni A, Corneti S, et al. Identification of early represented gluten proteins during durum wheat grain development. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017;65(15):3242–3250. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00571.