

Зависимость цветовых характеристик крупки и макаронных изделий от вида пшеницы

Елена Сергеевна Жиганова

Аспирант кафедры «Технологии продуктов питания»
Саратовский университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова
Саратов, Россия
Младший научный сотрудник «Лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы»
Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока
Саратов, Россия
zhiganova@arisersar.ru
ORCID 0000-0002-1551-0084

Мадина Карипулловна Садыгова

Доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии продуктов питания»
Саратовский университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова
Саратов, Россия
sadygova@vavilovsar.ru
ORCID 0000-0002-9918-852X

Гульнара Адиятовна Бекетова

Старший научный сотрудник «Лаборатории селекции и семеноводства яровой мягкой пшеницы»
Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока
Саратов, Россия
beketova@arisersar.ru
ORCID 0000-0001-5277-3169

Сергей Николаевич Сибикеев

Доктор биологических наук, главный научный сотрудник «Лаборатории генетики и цитологии»
Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока
Саратов, Россия
sibikeev@arisersar.ru
ORCID 0000-0001-8324-9765

Нина Сергеевна Соловова

Младший научный сотрудник «Лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы»
Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока
Саратов, Россия
solovova@arisersar.ru
ORCID 0009-0004-3784-8547

Никита Александрович Семилет

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии продуктов питания»
Саратовский университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова
Саратов, Россия
semilet@vavilovsar.ru
ORCID 0000-0003-4200-0896

Поступила в редакцию 01.11.2023

Принята 16.11.2023

Опубликована 15.12.2023

УДК 664.8:633.11

EDN ECBPIN

BAK 4.3.3. Пищевые системы (технические науки)

OECD 02.11.JY FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

Аннотация

В настоящее время макаронная продукция России выходит на мировой уровень качества. Для этого нужно, чтобы сырьё, а точнее, зерно твёрдой пшеницы, соответствовало заявленным характеристикам. Одним из таких критериев является цвет крупки. Данный показатель является наследственным признаком, то есть полностью зависит от сорта. Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока уже более тридцати лет ведёт селекцию сортов яровой твердой пшеницы по данному показателю. В статье приведены результаты исследования крупки и готовых макаронных изделий по их цвету и содержанию каротиноидных пигментов. Для этого проводили исследование не только сортов твёрдой пшеницы, но и сортов мягкой пшеницы высокой стекловидности – как возможного дополнительного сырья макаронной продукции. В современных сортах яровой твёрдой пшеницы Тамара, Памяти Васильчука, Саратовская золотистая, Елизаветинская высокое содержание каротиноидных пигментов – от 6,60 до 7,75 мг/кг, при этом эти сорта имеют индекс цвета крупки, соответствующий требованиям макаронной отрасли – 21,9-23,9%, тогда как по индексу цвета крупки сортов яровой мягкой пшеницы Александрит на 11%, а Саратовская 70 на 53% меньше заявленных норм для макаронной отрасли. Высокие положительные корреляционные зависимости выявлены между содержанием каротиноидов и цветом крупки ($r=0,96$); содержанием каротиноидов и цветностью полуфабриката ($r=0,84$); цветом крупки и цветностью полуфабриката ($r=0,90$). В композитных смесях твердой и мягкой пшеницы отмечаются уменьшение степени цветности на 6-32% и увеличение осветлённости полуфабриката на 10-20%. Минимальное уменьшение цветности в композитных смесях сорта твердой пшеницы Тамара с Александритом – 6%, с Саратовской 70 – 9%. Наихудший результат в смесях Саратовская золотистая и Саратовской 70 – 32%, Краснокутка – 13% и Александрит – 20%. Рекомендуются для макаронной отрасли новые сорта яровой твёрдой пшеницы Тамара, Памяти Васильчука и Елизаветинская, которые придадут устойчивый янтарно-жёлтый цвет макаронным изделиям даже в смесях с крупкой из мягкой пшеницы. При этом сорт мягкой пшеницы Александрит требует дальнейшего изучения цветовых характеристик из-за биологических особенностей.

Ключевые слова

макаронные изделия, каротиноидные пигменты, яровая мягкая пшеница, яровая твёрдая пшеница.

Введение

Макаронная продукция является одной из самых популярных продуктов питания у 64% российских семей по данным экспертов рынка в 2023 году (Леднева, 2023). Маркетинговые исследования показали, что одним из основных критериев выбора макарон потребителями – качество, то есть потребители отдают предпочтение более качественным изделиям: полупрозрачным, стекловидным и не разваривающимся во время приготовления. Первое, на что обращает внимание покупатель, придя в магазин, это цвет и форма макаронных изделий. (Мелешкина, 2011; Леднева, 2023)

Цвет макаронных изделий зависит от нескольких факторов, которые оказывают влияние на итоговый результат. Один из главных факторов – вид используемого сырья. Твёрдая пшеница является основным сырьём для производства муки высшего сорта специального макаронного помола (крупки), предназначенной для производства макаронных изделий высшего качества. Порядка 80% валового сбора зерна твёрдой пшеницы приходится на Алтайский край, Оренбургскую, Челябинскую, Омскую, Саратовскую, Самарскую и Волгоградскую области, однако этого недостаточно. В 2022 году Правительством РФ была внесена программа увеличения объёмов производства зерна твёрдой пшеницы отечественного производства (Алтухов, 2017; Мелешкина 2009, 2011).

Крупнейшие производители макаронной продукции, такие как Харрис СНГ (Барилла Рус), ГК СИ Групп (Шебекинские), ОАО Макфа, Омская макаронная фабрика (Добродеев) и др., предъявляют жёсткие требования к цвету крупки и содержанию каротиноидов в зерне (Леднева, 2023; Мелешкина 2013, 2016).

Каротиноидные пигменты не только придают привлекательный янтарно-желтый цвет изделиям, но и являются полезными витаминами, объединенными в одну общую группу – каротины. В зерне твёрдой пшеницы большой набор каротиноидных пигментов, однако в эндосперме самой зерновки содержится лютеин до 94%. (Васильчук, 2001; Дигесу, 2009). В крупке твёрдой пшеницы его количество доходит до 83%, в отрубях же – до 75% (Хусейн, 2015; Фу, 2017; Мальчиков 2020). Лютеин, наравне с β -каротином, является исходным веществом для образования витамина А. Исследованиями показано, что до 40% суточной нормы лютеина может быть удовлетворено при употреблении продукции из твёрдой пшеницы с самым высоким его содержанием. Таким образом, каротиноидные пигменты, содержащиеся в твёрдой пшенице, являются ценными для профилактического питания людей с проблемами зрения, кожными заболеваниями, а также являются ценными для питания детей с раннего возраста, что подтверждено многими испытаниями (Васильчук, 2009; Конь, 2012; Хусейн, 2015; Мальчиков, 2020).

Селекция твёрдой пшеницы ориентирована на решение проблем макаронной отрасли. Как считают Мясникова с соавторами, «концентрация каротиноидных пигментов в зерне твёрдой пшеницы определяет до 30,0% качества конечной продукции». (Мясникова, Мальчиков, 2019, с.3)

При этом цвет является наследственным показателем сорта на 80%, поэтому вот уже на протяжении более 30 лет одна из основных задач, стоящая перед селекционерами ФАНЦ Юго-Востока, – выведение сортов зерна твёрдой пшеницы с высоким содержанием каротиноидных пигментов. Одним из таких ценных селекционных материалов является сорт Саратовская золотистая, выведенная в 1993 году учёными лаборатории селекции и семеноводства яровой твёрдой пшеницы Н.С. Васильчуком, В.М. Поповой, Г.И. Шутаревой и др. (Васильчук, 2009; Гапонов, 2018)

В Италии производство паста-продуктов строго регламентируется законом. Обязательное требование – производство данного вида продуктов из зерна твёрдой пшеницы. По ГОСТ 31743-2017 РФ для группы А макаронных изделий допускается внесение мягкой пшеницы не более 15%, для групп Б и В данный показатель не нормируется. В связи с нехваткой зерна твёрдой пшеницы производители допускают добавление в рецептуру макаронных изделий 25-30% муки из мягкой пшеницы. Поэтому необходимо подобрать сырьё таким образом, чтобы качество макаронных изделий не ухудшилось. Селекционеры ФАНЦ Юго-Востока предложили для исследования следующие сорта яровой мягкой пшеницы с высокой стекловидностью: Саратовская 70, Лаборатория селекции и семеноводства яровой мягкой пшеницы (Кузьменко, Ильина, Бекетова, 2002), Александрит, Лаборатория генетики и цитологии (Сибикеев, Дружин, 2020), районированные в нашей зоне.

Целью работы является исследование влияния вида пшеницы на содержание каротиноидных пигментов в зерне, цвет крупки и макаронных изделий.

Материалы и методы исследования

Итак, в данном исследовании как объекты исследования взяты: сорта местной селекции яровой твёрдой пшеницы: Гордеиформе 432, Саратовская золотистая, Луч 25, Памяти Васильчука, Тамара, Краснокутка 13 и Елизаветинская; сорта яровой мягкой пшеницы с высокой стекловидностью Саратовская 70 (стекловидность до 74%) и Александрит (стекловидность до 84%).

Исследования проводились по известным и общепринятым методикам в соответствии с нормативными документами. Материал взят за 2021-2022 годы. Шрот получали на лабораторной мельнице циклонного типа ЛМЦ-5 «Циклон» 1989 года выпуска.

Содержание каротиноидных пигментов определялось по ГОСТ Р 56576-2015. Данный ГОСТ базируется на методике определения красящих веществ книги «Методы оценки технологических качеств» 1971 года под редакцией академика ВАСХНИЛ В. Н. Ремесло. Метод основан на выделении каротиноидных пигментов из всей зерновки (шрот) экстракцией *n*-бутанолом с последующим спектрофотометрическим определением плотности раствора при длине волны 435,8 нм (Васильчук, 2001; автор, 2021). По этому же принципу определяют каротиноидные пигменты в зерне в

международных организациях : «стандартный метод 152 Международной ассоциации науки и техники о зерне (ICC) и международный официальный метод (AACC 14-50.01)» (Мальчиков, 2020).

Для выработки макаронных изделий изготавливали крупку. Зерно предварительно очищали от примесей, определяли влажность, отволаживание проводили до влажности 15% в течение 17-18 часов. Семолину получали на лабораторной мельнице Брабендер Квадрумат Юниор 1993 года производства и просеивали на ситах. Сход муки с крупяного сита 0,40 мм использовали в работе. (Васильчук, 2001)

Цвет полученной крупки определялся на спектрофотометре Spekol-10 1981 года выпуска. Метод основан на степени отражения света от белого и чёрного тела на основных трёх цветовых спектрах – красный, зеленый и синий. Для определения цвета в пшенице используют два спектра: зеленый и синий, так как различия есть только по степени основного цвета – жёлтого. Индекс желтизны крупки измеряется степенью отражения при длине волны $\lambda=546,1$ нм и $\lambda=435,8$ нм. Степень желтизны (b%) вычисляется по формуле, исходя из полученных значений:

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

Y – процент отражения крупки при $\lambda = 546,1$ нм; Z – процент отражения семолины при $\lambda = 435,8$ нм. (Васильчук 2001,2009)

Макаронные изделия вырабатывали в условиях лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы. Замес теста для изготовления спагетти осуществлялся вручную. Навеску 50 г крупки доводили до влажности 35%. Затем тесто помещали в поршень пресса ПСЛ-13 1992 года выпуска. Пресс спагеттный лабораторный разработан Н.С. Васильчуком, Е.Н. Смирновым и Ю.В. Головенко в 1992 году. Данный пресс предназначен для получения спагетти диаметром 1,8 мм. (Васильчук, 2001)

Режим сушки проходил в сушильном шкафу ТС-200 СПУ (2021 года выпуска) разогретом до температуры 40°C и относительной влажности воздуха 80%. Сушка осуществлялась 24 часа, затем выключали парогенератор и спагетти оставляли для стабилизации в шкафу на 4 часа. Спагетти заворачивали в темную бумагу, оставляли на отлежку не менее 10 суток в темном месте. Опытные варианты изделий вырабатывали с добавлением 25% крупки из зерна мягкой пшеницы.

Цвет макаронных полуфабрикатов определяли на колориметре NR 110 1998 года выпуска. Метод основан на геометрии измерений $8/d$, игнорируя различия в текстуре объектов и измеряет цвет независимо от других факторов. Данный метод позволяет определить цвет в цветовых характеристиках красный-зеленый (+a, -a), желтый-синий (+b, -b), и на основе данных координат высчитывается степень цветности изделия (C) и освещенности ($L=0-100$). Прибор был откалиброван со значениями цветовой гаммы $Y = 93.13$, $x = 0,3138$, $y = 0,3199$. Цвет образцов определялся путем расчета степени белизны, цветности (C^*), общей характеристики цвета ΔE , используя следующие уравнения (Н'Диай, 2017):

$$\Delta E^*_{ab} = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2} \quad (2)$$

$$\% \text{ of } \Delta E^*_{\max} = (\Delta E^* \times 100) / \Delta E_{\max} \quad (3)$$

$$C^*_{ab} = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2} \quad (4)$$

$$h_{ab} = \tan^{-1} (b^*/a^*) \quad (5)$$

$$\Delta H = ((\Delta E^*_{ab})^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2)^{1/2} \quad (6)$$

где L^* – ось светлость (0 – чёрный, 100 – белый); a^* = красный – зелёный («+» – значения красного, «-» – значения зелёный, 0 – является нейтральным); b^* = синий – желтый («+» желтый, «-» синий, 0 является нейтральным), ΔE_{\max} – стандартная величина ($\Delta E_{\max} = 196,98$).

Величина ΔE показывает разность стандарта и взятого образца, не указывая направление изменения (за-за L, a, b или их вариаций). В свою очередь определение угла цветового тона говорит нам об абсолютной разнице цвета, а ΔH описывает эвклидову разницу в цвете от стандарта.

Результаты и обсуждение

Содержание каротиноидов в зерне и, соответственно, цвет паста-продуктов, обеспечивает наследственный признак цветности сорта. Это подтверждается многолетними исследованиями Самарским НИИСХ – филиал СамНЦ РАН, ФАНЦ Юго-Востока, ФАНЦА Алтая и зарубежными центрами Канады, Италии и США (Васильчук, 2009; Мальчиков, 2020; Мясникова и др., 2019; Н'Диай, 2017; Гапонов, 2017, 2022; Кравченко, 2020; Кадушкина, 2022). Поэтому селекция сортов яровой твердой пшеницы по

данному показателю необходима при нынешних требованиях производителей и переработчиков твёрдой пшеницы.

Для получения приятной желтой окраски макаронной продукции достаточно 4-4,5 мг/кг каротиноидов в зерне (Васильчук 2001, 2009; Мальчиков, Мясникова, 2020). Даже при потерях при размоле и замесе, обесцвечивания при варке и хранении, этого количества достаточно. Но селекция ведётся на увеличение данного показателя – сейчас данный показатель у современных сортов доходит до 8,2 мг/кг (Гапонов и др. 2017, 2022).

Усредненные данные за 2021-2022 год урожая твёрдой пшеницы по содержанию каротиноидных пигментов в зерне и цвет крупки приведены в таблице 1.

Таблица 1. Содержание каротиноидных пигментов и цвет крупки мягкой и твёрдой пшеницы селекции ФАНЦ Юго-востока за 2021-2022 гг.

Наименование вида и сорта	Содержание каротиноидов, мг/кг	ИЖ, b%
Яр.мяг.пш Саратовская 70	2,80	10,4
Яр.тв.пш Краснокутка 13	4,80	17,0
Яр.тв.пш Гордеиформе 432	5,05	18,0
Яр.тв.пш Луч 25	5,95	20,5
Яр.мяг.пш Александрит	6,50	19,6
Яр.тв.пш Елизаветинская	6,60	22,7
Яр.тв.пш Саратовская золотистая	7,20	22,6
Яр.тв.пш Памяти Васильчука	7,65	21,9
Яр.тв.пш Тамара	7,75	23,9

Примечание: ИЖ – индекс желтизны. Измерение на приборе Specol-10.

Из таблицы 1 видно, что содержание каротиноидных пигментов в мягкой пшенице Саратовская 70 составляет 2,8 мг/кг, что на 30% меньше необходимой минимальной нормы для получения необходимой окраски продукта. Это обусловлено тем, что селекция на содержание желтых пигментов в зерне мягкой пшеницы не ведётся, так как для хлебопечения, как основного целевого назначения, ценится белизна муки (Мелешкина, 2014). Тогда как сорт мягкой пшеницы Александрит по содержанию каротиноидов имеет хорошие показатели – 6,5 мг/кг.

Образцы твёрдой пшеницы местной селекции имеют различный диапазон этого показателя – от минимального 4,8 до максимума 7,75 мг/кг. Особенно выделяются два сорта – Памяти Васильчука и Тамара, которые по содержанию каротиноидных пигментов превышают сорт Гордеиформе 432 на 51-53%. Сорт Гордеиформе 432 – первый сорт твердой пшеницы местной селекции – используется для сравнения и оценки эффективности селекции по всем значимым показателям качества (Васильчук, 2009).

Расчёт корреляционных показателей между содержанием каротиноидов в зерне и цветом крупки – $r = 0,96$. Это говорит о прямой положительной зависимости данных показателей, так как основная часть каротиноидных пигментов содержится в эндосперме зерна (Васильчук 2001; Дигесу, 2009), а лютеин имеет большую стабильность к размолу по сравнению с другими каротиноидами (Кин., 2011).

Показатель индекса цвета крупки, представленный в таблице 1, отображает данную зависимость. При приёмке зерна производители макаронных изделий предъявляют требования к цвету, который должен быть не менее 22 ед.пр. Minolta (Васильчук, 2001, 2009; Мальчиков, 2020; автор, 2022). При сравнении измерений на Specol-10 и Минолта показатели коррелируют, поэтому данный метод используется при оценке селекционного материала в ФАНЦ Юго-Востока (Васильчук, 2001, 2009).

Таким образом, сорта Елизаветинская, Саратовская золотистая, Памяти Васильчука и Тамара имеют показатели, соответствующие этим требованиям – 21,9-23,9%. Наибольший показатель цветности крупки у сорта Тамара 23,9%, что подтверждает высокую ценность данного сорта по этому показателю.

На рисунке 1 показаны результаты измерения цвета готовых спагетти из исследуемых образцов в зависимости от сорта.

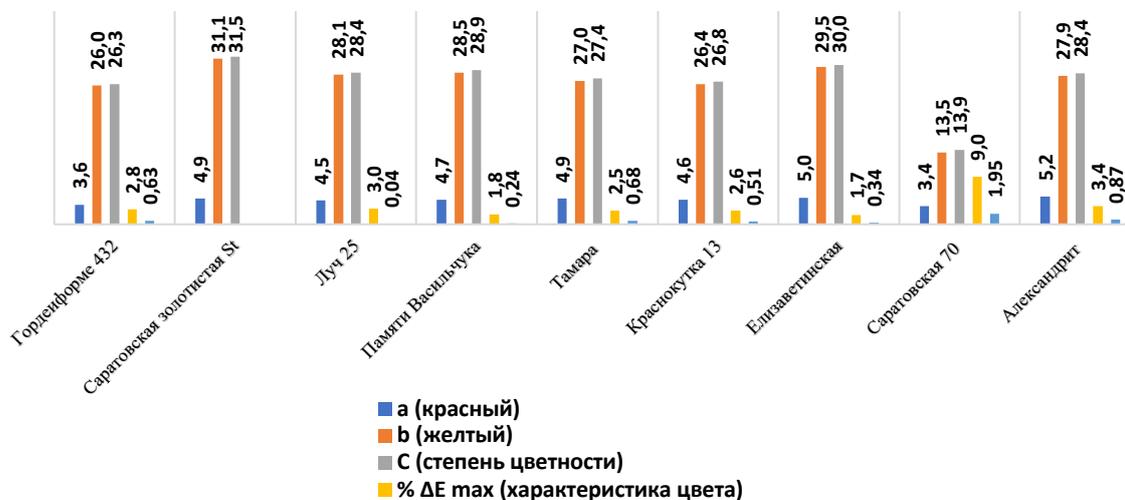


Рисунок 1. Измерения цвета на колориметре NR 110 по сортам, средние значения за 2021-2022 гг.

Сравнительная оценка цвета на колориметре и подсчёт результатов проводили по данному показателю относительно сорта стандарта Саратовская золотистая. Из данных рисунка 1 видно, что сорт-стандарт имеет высший показатель степень цветности 31,5. При этом высокие показатели так же у сортов: Елизаветинская (30,0), Памяти Васильчука (28,9), Луч 25 и Александрит (по 28,4) и Тамара (27,4). Самый низкий показатель у сорта Саратовская 70 – 13,9. По корреляционной зависимости между содержанием каротиноидных пигментов и цветностью спагетти зависимость положительная – $r = 0,84$, а между цветом крупки и цветностью спагетти – $r = 0,90$.

Наименьшее отклонение общего показателя цвета относительно стандарта менее 2% у сортов: Елизаветинская и Памяти Васильчука, до 3% – у сортов Тамара и Краснокутка 13. Высокое отклонение по цвету от стандарта показал сорт яровой мягкой пшеницы Саратовская 70 -9%. Также данный образец имеет наименьший угол цветового тона, тем самым эвклидова разница ΔH увеличивается, что отразилось и при его смешивании с крупкой твёрдой пшеницы на качестве спагетти (табл. 2). У всех остальных образцов данный показатель до единицы, наименьший показатель у сортов Луч 25, Памяти Васильчука и Елизаветинская.

Таблица 2. Показатели степени цветности за 2021-2022 гг. по сортам яровой твёрдой пшеницы, и по ним же – с добавлением мягкой яровой пшеницы Саратовская 70 и Александрит

Наименование вида и сорта	C*	C	
		+25% яр.мяг.пш Саратовская70	+25% яр.мяг.пш Александрит
Яр. мяг. пш Саратовская 70	13,92	-	-
Яр. тв. пш Гордеиформе 432	26,29	21,34	27,10
Яр. тв. пш Краснокутка 13	26,78	20,94	21,36
Яр. тв. пш Тамара	27,39	24,92	25,88
Яр. мяг. пш Александрит	28,39	-	-
Яр. тв. пш Луч 25	28,44	25,14	25,70
Яр. тв. пш Памяти Васильчука	28,90	23,64	24,23
Яр. тв. пш Елизаветинская	29,96	23,89	28,17
Яр. тв. пш Саратовская золотистая	31,51	21,53	27,61

*Примечание: C – степень цветности.

При анализе данных таблицы 2 видно, что при исследовании образцов спагетти из композитной смеси твёрдой пшеницы с добавлением 25% мягкой пшеницы наблюдается уменьшение степени цветности. Соответственно, наблюдается увеличение осветленности полуфабриката (рис. 2а). Отмечается, что при добавлении крупки из сорта Саратовской 70 наименьшая цветность у образцов спагетти с сортом твёрдой пшеницы Краснокутка 13 – 20,94 ед.п. Хорошие результаты у образцов с композитной смесью с сортами твёрдой пшеницы Луч 25, Тамара и Елизаветинская.

Стоит отметить, что в композитных смесях с сортом мягкой пшеницы Александрит и сортами твёрдой пшеницы Елизаветинская, Саратовская золотистая, Тамара и Луч 25 наблюдается высокая степень цветности. Даже при смешивании с сортом Гордеиформе 432 повышается степень цветности на 3%, тогда как при смешивании с сортом Краснокутка 13 самый низкий показатель – 21,36 ед.пр.

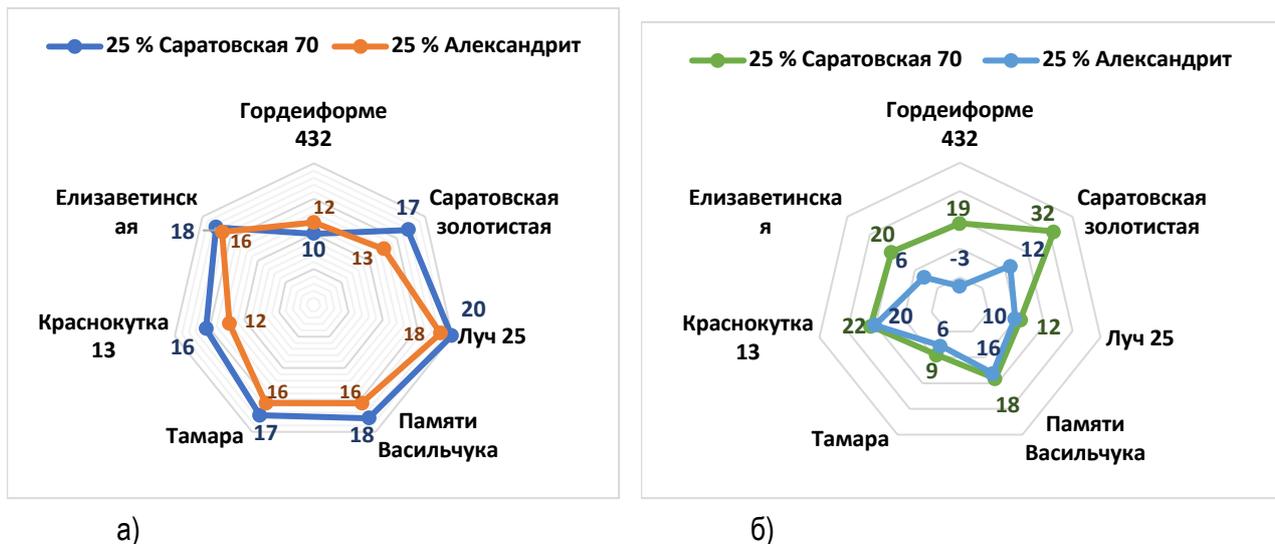


Рисунок 2. а) процент увеличения осветленности (L) с внесением яровой мягкой пшеницы Саратовская 70 и Александрит в количестве 25% к сортам яровой твердой пшеницы; б) процент уменьшения степени цвета (C) с внесением яровой мягкой пшеницы Саратовская 70 и Александрит в количестве 25% к сортам яровой твёрдой пшеницы

Из данных рисунка 2 б видно, что наибольшее изменение цвета в композитной смеси из сорта твердой пшеницы Саратовская золотистая и мягкой пшеницы Саратовская 70 – 32%. Сорт Краснокутка 13 в композитных смесях с сортами исследуемых мягких пшениц уменьшил цветность на 20-22 %. И только в композитных смесях с сортом твердой пшеницы Тамара незначительные изменения в цветности, при этом цвет спагетти уменьшился на 6-9%, что подтверждает высокую смесительную способность этого сорта по стабильности цвета.

Заключение

В результате проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

1. Достижения Саратовской селекции по содержанию каротиноидных пигментов в зерне твёрдой пшеницы доказывают высокое качество сырья. В современных сортах яровой твёрдой пшеницы Тамара, Памяти Васильчука, Саратовская золотистая, Елизаветинская содержание каротиноидных пигментов от 6,60 до 7,75 мг/кг. Соответственно, эти же сорта имеют индекс цвета крупки, соответствующий требованиям макаронной отрасли, – 21,9-23,9%, тогда как по индексу цвета крупки сортов яровой мягкой пшеницы Александрит – на 11%, а Саратовская 70 – на 53% меньше заявленных норм для макаронной отрасли.

2. Высокие положительные корреляционные зависимости: между содержанием каротиноидов и цветом крупки ($r=0,96$); содержанием каротиноидов и цветностью полуфабриката ($r=0,84$); цветом крупки и цветностью полуфабриката ($r=0,90$).

3. Высокую степень цветности полуфабрикатов имеют сорта твёрдой пшеницы Елизаветинская (30,0), Памяти Васильчука (28,9), Луч 25, Тамара (27,4) и сорт мягкой пшеницы Александрит (28,4), что может быть связано с красnozерностью данного сырья, так как цветовые характеристики высокие в красном диапазоне α^* , низкий показатель, соответственно, у сорта мягкой пшеницы Саратовская 70 – 13,9.

4. Наименьшее отклонение по цвету $\% \Delta E_{\max}$ до 2% имеют сорта твёрдой пшеницы Елизаветинская (1,7%) и Памяти Васильчука (1,8%), до 3% сорта Тамара (2,5%) и Краснокутка 13 (2,6%), наибольшее отклонение цвета у сорта мягкой пшеницы Саратовская 70 (9%). Эвклидова разница ΔN у всех образцов до 1, кроме Саратовская 70 (1,95), наименьший показатель у сортов Луч 25 (0,04), Памяти Васильчука (0,024) и Елизаветинская (0,34).

5. В композитных смесях твёрдой и мягкой пшеницы отмечаются уменьшение степени цветности на 6-32% и увеличение осветлённости полуфабриката на 10-20%. Минимальное уменьшение цветности в композитных смесях сорта твёрдой пшеницы Тамара с Александритом – 6%, с Саратовской 70 – 9%. Наихудший результат в смесях Саратовская золотистая и Саратовской 70 – 32%, Краснокутка 13 и Александрит – 20%.

6. Исходя из результатов исследования, можно рекомендовать для макаронной отрасли новые сорта яровой твёрдой пшеницы Тамара, Памяти Васильчука и Елизаветинская, что позволит придать устойчивый янтарно-жёлтый цвет макаронным изделиям даже в смесях с крупкой из мягкой пшеницы. При этом сорт мягкой пшеницы Александрит требует дальнейшего изучения цветовых характеристик из-за биологических особенностей.

Список литературы

1. Алтухов А.И. Производству высококачественной пшеницы необходима государственная поддержка // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. №3 (23). С. 9.
2. Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы. Саратов, 2001. 123 с.
3. Васильчук Н.С., Гапонов С.Н., Еременко Л.В. Селекция твёрдой яровой пшеницы на высокое содержание каротиноидов в зерне // Сборник научных трудов. Саратов: ООО «Ракурс», 2009. С. 89-100.
4. Гапонов С.Н., Попова В.М., Шутарева Г.И., Еременко Л.В., Цетва Н.М., Паршикова Т.М. Основные достижения и направления селекции яровой твердой пшеницы в Федеральном аграрном научном центре Юго-Востока // Зерновое хозяйство России. 2017. № (4). С. 17-21.
5. Гапонов С.Н., Попова В.М., Шутарева Г.М., Цетва Н.М., Паршикова Т.М., Щукин С.А. 25 лет сорту Саратовская золотистая // Зерновое хозяйство России. 2018. № (5). С. 57-60.
6. Гапонов С.Н., Шутарева Г.И., Цетва Н.М., Цетва И.С., Милованов И.В., Бурмистров Н.А., Жиганова Е.С., Куликова В.А. Новый сорт яровой твердой пшеницы Тамара – источник каротиноидных пигментов // Зерновое хозяйство России. 2022. № (3). С. 51-56.
7. Дигесу А.М., Платани К., Каттивелли Л., Манджини Г., Бланко А. Генетическая изменчивость компонентов желтого пигмента у культурных и диких тетраплоидных пшениц // Журнал Cereal Science. 2009. № 50 (2). С. 210-218.
8. Жиганова Е.С., Садыгова М.К., Соловова Н.С. Сравнительный анализ содержания каротиноидов в зерне твердой пшеницы Саратовской селекции // Состояние и пути развития производства и переработки продукции животноводства, охотничьего и рыбного хозяйства: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию технологического факультета Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова, Улан-Удэ, 24-26 июня 2022 года. Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, 2022. С. 22-28.
9. Кадушкина В.П., Грабовец А.И., Коваленко С.А. Роль генофонда при селекции яровой твёрдой пшеницы в условиях нарастания аридности климата // Рисоводство. 2022. № 3(56). С. 41-47.
10. Конь И.Я. Современные представления о роли каротиноида лютеина в питании детей раннего возраста // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. 2012. №1. С. 7.

11. Кин Э.Г., Борденаве Н., Эджета Г., Хамакер Б.Р., Ферруцци М.Г. Биодоступность каротиноидов из цельнозерновой каши из сорго с декортикированным желтым эндоспермом // Журнал Cereal Science. 2011. № 54 (3). С. 450-459.
12. Кравченко Н.С., Самофалова Н.Е., Олдырева И.М., Макарова Т.С. Характеристика сортов озимой твердой пшеницы по качеству зерна и макаронным свойствам // Зерновое хозяйство России. 2020. № (3). С. 26-31.
13. Леднева О.В., Цыпин А.П., Гаджимирзоев Г.И. Статистический анализ состояния и перспектив развития российского рынка макаронных изделий // АПК: экономика, управление. 2023. № 4. С. 41-49.
14. Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Содержание жёлтых пигментов в зерне твёрдой пшеницы (*Triticum durum* Desf.): биосинтез, генетический контроль, маркерная селекция // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. № 24(5). С. 501-511.
15. Мелешкина Е.П. Современные аспекты качества зерна пшеницы // Аграрный вестник Юго-Востока. 2009. № 3(3). С. 4-7.
16. Мелешкина Е. Нужно ли нам качество зерна? // Хлебопродукты. 2011. № 6. С. 12-16.
17. Мелешкина Е.П., Коломиец С.Н., Шеленкова Л.В., Коваль А.И. Целевое использование зерна и муки – требование времени // Пищевая промышленность. 2013. №9. С. 3.
18. Мелешкина Е.П. О новых подходах к качеству пшеничной муки // Контроль качества продукции. 2016. № 11. С. 13-18.
19. Мясникова М.Г., Мальчиков П.Н., Шаболкина Е.Н., Анисимкина Н.В., Розова М.А., Чახеева Т.В. Результаты селекции твердой пшеницы в России на содержание каротиноидных пигментов в зерне // Зерновое хозяйство России. 2019. № (6). С. 37-40.
20. Н'Диай А., Хейл Дж.К., Кори А.Т., Кларк Ф.Р., Кларк Дж.М., Нокс Р.Э. Анализ ассоциаций цвета манной крупы и макаронных изделий на основе одного маркера и гаплотипов в селекционных линиях элитной твёрдой пшеницы с использованием консенсусной карты высокой плотности // PLoS ONE. 2017. № 12(1). pp.170-941.
21. Садыгова М.К., Гапонов С.Н., Шутарева Г.И., Филина Д.К. Технологический потенциал зерна яровой твердой пшеницы Саратовской селекции // Техника и технология пищевых производств. 2021. № 51(4). С. 759-767.
22. Самофалова Н.Е., Иличкина Н.П., Безуглая Т.С., Кравченко Н.С., Иванисова А.С., Кабанова Н.В., Дубинина О.А. Сопряженность признаков качества зерна, крупки и макарон у пшеницы твердой озимой // Зерновое хозяйство России. 2022. № (4). С. 62-69.
23. Ремесло В.Н. Методы оценки технологических качеств зерна. Ред. коллегия: акад. ВАСХНИЛ В.Н. Ремесло; Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В.И. Ленина. Науч. совет по качеству зерна. Москва: 1971. 136 с.
24. Фу Б.Х., Чиремба К., Позняк С.Дж., Ван К., Нам С. Суммарное содержание фенольных и желтых пигментов и антиоксидантная активность мукомольных фракций твердой пшеницы // Антиоксиданты. 2017. № 6 (4).
25. Хуссейн А., Ларссон Х., Куктайте Р., Олссон М.Е., Йоханссон Э. Содержание каротиноидов в органически произведённой пшенице: значение для здоровья человека при потреблении // Международное общественное здравоохранение в области окружающей среды. 2015. №12 (11). С. 68-83.

Dependence of the color characteristics of cereals and pasta on the type of wheat

Elena S. Zhiganova

Postgraduate student at the Department of Food Technologies
Saratov University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilova
Saratov, Russia
Junior Researcher, Laboratory of Breeding and Seed Production of Spring Durum Wheat
Federal Agrarian Research Center of the South-East
Saratov, Russia
zhiganova@arisersar.ru
ORCID 0000-0002-1551-0084

Madina K. Sadigova

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Technologies
Saratov University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilova
Saratov, Russia
sadygova@vavilovsar.ru
ORCID 0000-0002-9918-852X

Gulnara A. Beketova

Senior Researcher at the Laboratory of Breeding and Seed Production of Spring Soft Wheat
Federal Agrarian Research Center of the South-East
Saratov, Russia
beketova@arisersar.ru
ORCID 0000-0001-5277-3169

Sergey N. Sibikeev

Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of the Laboratory of Genetics and Cytology
Federal Agrarian Research Center of the South-East
Saratov, Russia
sibikeev@arisersar.ru
ORCID 0000-0001-8324-9765

Nina S. Solovova

Junior Researcher, Laboratory of Breeding and Seed Production of Spring Durum Wheat
Federal Agrarian Research Center of the South-East
Saratov, Russia
solovova@arisersar.ru
ORCID 0009-0004-3784-8547

Nikita A. Semilet

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technologies
Saratov University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilova
Saratov, Russia
semilet@vavilovsar.ru
ORCID 0000-0003-4200-0896

Received 01.10.2023

Accepted 16.11.2023

Published 15.12.2023

UDC 664.8:633.11

EDN ECBPIN

VAK 4.3.3. Food systems (engineering sciences)

OECD 02.11.JY FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

Abstract

Currently, Russian pasta products are reaching the world level of quality. To do this, it is necessary that the raw materials, or rather durum wheat grain, meet the declared characteristics. One of these criteria is the color of the grain. This indicator is a hereditary trait, i.e. completely depends on the variety. The Federal Agrarian Research Center of the South-East has been selecting varieties of spring durum wheat for this indicator for more than thirty years. The article presents the results of a study of grains and finished pasta based on their color and content of carotenoid pigments. For this purpose, a study was carried out not only on durum wheat varieties, but also on high-vitreous soft wheat varieties, as a possible additional raw material for pasta products. Modern varieties of spring durum wheat Tamara, Pamyati Vasilchuka, Saratovskaya Zolotistaya, Elizavetinskaya have a high content of carotenoid pigments from 6.60 to 7.75 mg/kg, while they have a grain color index that meets the requirements of the pasta industry of 21.9-23.9%, whereas according to the grain color index of the spring soft wheat varieties Alexandrit is 11%, and Saratovskaya 70 is 53% less than the declared standards for the pasta industry. High positive correlations: between the content of carotenoids and the color of the grain ($r=0.96$); content of carotenoids and color of the semi-finished product ($r=0.84$); the color of the grain and the color of the semi-finished product ($r = 0.90$). In composite mixtures of durum and soft wheat, a decrease in the degree of color by 6-32% and an increase in the lightness of the semi-finished product by 10-20% are noted. The minimum reduction in color in composite mixtures of the durum wheat variety Tamara with Alexandrite is 6%, with Saratovskaya 70-9%. The worst result is in the mixtures Saratov Golden and Saratov 70-32%, Krasnokutka 13 and Alexandrite – 20%. New varieties of spring durum wheat Tamara, Pamyati Vasilchuka and Elizavetinskaya are recommended for the pasta industry, which will give a stable amber-yellow color to pasta even in mixtures with soft wheat semolina. At the same time, the bread wheat variety Alexandrit requires further study of color characteristics due to biological characteristics.

Keywords

pasta, carotenoid pigments, spring soft wheat, spring durum wheat.

References

1. Altukhov A.I. State support is needed for the production of high-quality wheat // Legumes and cereals. 2017. No. 3 (23). p. 9.
2. Vasilchuk N.S. Breeding of spring durum wheat. Saratov, 2001. 123 p.
3. Vasilchuk N.S., Gaponov S.N., Eremenko L.V. Selection of durum spring wheat for high carotenoid content in grain // Collection of scientific papers. Saratov: LLC «Rakurs», 2009. pp. 89-100.
4. Gaponov S.N., Popova V.M., Shutareva G.I., Eremenko L.V., Cetva N.M., Parshikova T.M. The main achievements and directions of spring durum wheat breeding in the Federal Agrarian Scientific Center of the South-East // Grain farming in Russia. 2017. No. (4). pp. 17-21.
5. Gaponov S.N., Popova V.M., Shutareva G.M., Cetva N.M., Parshikova T.M., Shchukin S.A. 25 years of the Saratov golden variety // Grain farming of Russia. 2018. No. (5). pp. 57-60.
6. Gaponov S.N., Shutareva G.I., Cetva N.M., Cetva I.S., Milovanov I.V., Burmistrov N.A., Zhiganova E.S., Kulikova V.A. A new variety of spring durum wheat Tamara – a source of carotenoid pigments // Grain farming of Russia. 2022. No. (3). pp. 51-56.
7. Digesu A.M., Platani K., Cattivelli L., Mangini G., Blanco A. Genetic variability of yellow pigment components in cultivated and wild tetraploid wheat // Journal of Cereal Science. 2009. No. 50 (2). pp. 210-218.
8. Zhiganova E.S., Sadygova M.K., Solovova N.S. Comparative analysis of carotenoid content in durum wheat grain of Saratov breeding // State and ways of development of production and processing of livestock products, hunting and fisheries: Materials of the international scientific and practical conference

dedicated to the 90th anniversary of the Technological Faculty of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov, Ulan-Ude, June 24-26, 2022. Ulan-Ude: Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov, 2022. pp. 22-28.

9. Kadushkina V.P., Grabovets A.I., Kovalenko S.A. The role of the gene pool in the breeding of spring durum wheat in conditions of increasing climate aridity // *Rice farming*. 2022. No. 3(56). pp. 41-47. DOI 10.33775/1684-2464-2022-56-3-41-47.
10. Kon I.Ya. Modern ideas about the role of lutein carotenoid in the nutrition of young children // *Pediatrics*. The magazine named after G.N. Speransky. 2012. No. 1. p. 7.
11. Kin E.G., Bordenave N., Ejeta G., Hamaker B.R., Ferruzzi M.G. Bioavailability of carotenoids from whole grain porridge from sorghum with decorticated yellow endosperm // *Journal of Cereal Science*. 2011. No. 54 (3). pp. 450-459.
12. Kravchenko N.S., Samofalova N.E., Oldyreva I.M., Makarova T.S. Characteristics of winter durum wheat varieties by grain quality and pasta properties // *Grain farming of Russia*. 2020. No. (3). pp. 26-31.
13. Ledneva O.V., Tsylin A.P., Gadzhimirzoev G.I. Statistical analysis of the state and prospects of development of the Russian pasta market // *Agroindustrial complex: economics, management*. 2023. No. 4. pp. 41-49. DOI 10.33305/234-41.
14. Boys P.N., Myasnikova M.G. The content of yellow pigments in durum wheat grain (*Triticum durum* Desf.): biosynthesis, genetic control, marker selection // *Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding*. 2020. No. 24(5). pp. 501-511.
15. Meleshkina E.P. Modern aspects of wheat grain quality // *Agrarian bulletin of the South-East*. 2009. No. 3(3). pp. 4-7.
16. Meleshkina E. Do we need grain quality? // *Bread products*. 2011. No. 6. pp. 12-16.
17. Meleshkina E.P., Kolomiets S.N., Shelenkova L.V., Koval A.I. The targeted use of grain and flour is a requirement of time // *Food industry*. 2013. No. 9. p. 3.
18. Meleshkina E.P. About new approaches to the quality of wheat flour // *Product quality control*. 2016. No. 11. pp. 13-18.
19. Myasnikova M.G., Malikov P.N., Shabolkina E.N., Anisimkina N.V., Rozova M.A., Chakheeva T.V. Results of durum wheat breeding in Russia for the content of carotenoid pigments in grain // *Grain farming of Russia*. 2019. No. (6). pp. 37-40.
20. N'Diaye A., Hale J.K., Corey A.T., Clark F.R., Clark J.M., Knox R.E. Analysis of semolina and pasta color associations based on a single marker and haplotypes in breeding lines of elite durum wheat with using a high-density consensus map // *PLoS ONE*. 2017. No. 12(1). e0170941.
21. Sadygova M.K., Gaponov S.N., Shutareva G.I., Filina D.K. Technological potential of spring durum wheat grain of Saratov breeding // *Technique and technology of food production*. 2021. No. 51(4). pp. 759-767.
22. Samofalova N.E., Ilichkina N.P., Bezuglaya T.S., Kravchenko N.S., Ivanisova A.S., Kabanova N.V., Dubinina O.A. Conjugation of signs of grain quality, grits and pasta in winter durum wheat // *Grain farming of Russia*. 2022. No. (4). pp. 62-69.
23. Craft V.N. Methods of assessing the technological qualities of grain. Editorial board: akad. VASHNIL V.N. Craft; All-Union. Academy of Agricultural Sciences named after V.I. Lenin. Scientific. grain Quality Council. Moscow: 1971. 136 p.
24. Fu B.H., Chiremba K., Poznyak S.J., Wang K., Nam S. The total content of phenolic and yellow pigments and the antioxidant activity of durum wheat flour fractions // *Antioxidants*. 2017. № 6 (4).
25. Hussein A., Larsson H., Kuktaite R., Olsson M.E., Johansson E. Carotenoid content in organically produced wheat: importance for human health in consumption // *International public health in the field of the environment*. 2015. No.12 (11). pp. 14068-83.