

УДК 63+664.6/.7

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛБЯНОЙ МУКИ

Королев Д.Н., магистрант, **Хмелева Е.В.** канд. техн. наук, доцент,
Пенькова Ю.В., магистрант

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» (Россия, Орёл, var4317@yandex.ru)

Аннотация. Установлен химический состав зерна полбы, аминокислотный и фракционный состав белка. Исследован крахмальный комплекс полбы, в том числе гранулометрический и фракционный состав крахмальных зерен. Определены хлебопекарные свойства муки из разных сортов зерна полбы. Разработана технология производства пшеничного хлеба с заменой части пшеничной муки на полбяную.

Ключевые слова: полба, хлеб, мука, белок, аминокислоты.

Annotation. The chemical composition of spelt grain, amino acid and fractional composition of protein was established. Researched complex starch spelt, including particle size distribution and fractional composition of starch grains. Defined baking properties of flour from different varieties of spelt grain. The technology of production of wheat bread, replacing part of the wheat flour for spelt.

Keyword: spelt, bread, flour, protein, amino acids.

Введение. В последнее время полба привлекает все большее внимание сторонников здорового питания и представляет интерес для хлебопекарной промышленности с позиции расширения сырьевой базы, ассортимента изделий и создания экологически чистой, функциональной и обогащенной продукции.

Связано это с тем, что полба неприхотлива к условиям возделывания, скороспела, засухо- и холодоустойчива, имеет естественные защитные свойства в виде плотно прилегающей к зерновке пленки, которая защищает зерно от поражения вредителями и болезнями злаковых культур и самое главное имеет ценный химический состав. Поэтому при выращивании полбы практически не используют химические средства защиты растений, что дает возможность получать экологически чистое растительное сырье, спрос на которое растет в последнее время.

Полба имеет богатый химический состав, по сравнению с зерном мягкой пшеницы она содержит больше белка, редуцирующих сахаров, полиненасыщенных жирных кислот, пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ. В составе полбы присутствуют растворимые углеводы – мукополисахариды, способствующие укреплению иммунной системы организма человека.

Целью работы является исследование возможности использования полбяной муки при производстве пшеничного хлеба на основе ее химического состава и хлебопекарных свойств.

Объекты и методы исследований. При проведении исследований использовали следующее сырье:

- шелушенное зерно пленчатой полбы-двузернянки сорта Руно, созданное специалистами, ГНУ Краснодарского НИИСХ им. П.П. Лукьяненко и ГНУ ГНЦ ВНИИ Растениеводства им. Н.Н. Вавилова, выращенное в Кромском районе Орловской области. Данный сорт полбы относится к пленчатым тетраплоидным пшеницам и включен в государственный реестр селекционных достижений с 2009 года;

- голозерное зерно полбы сорта Греммэ, созданное специалистами ФГБНУ ВНИИ Фитопатологии, выращенное в Калужской области. Данный сорт включен в государственный реестр селекционных достижений с 2012 года (рис.1).



Рисунок 1 –Внешний вид полбы (справа – Греммэ, слева - Руно)

- мука пшеничная хлебопекарная (ГОСТ Р 52189-2003);
- мука из зерна полбы сорта Руно урожая 2016-2017 г (экспериментальная партия, любезно предоставленная лабораторией техники и технологии мукомольного производства ВНИИ Зерна - филиала ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН);
- мука из зерна полбы сорта Грэмме урожая 2017-2018 г (экспериментальная партия, любезно предоставленная лабораторией техники и технологии мукомольного производства ВНИИ Зерна - филиала ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН) и другое традиционное сырье.

Исследование фракционного состава полисахаридов крахмала проводили методом двухволнового спектрофотометрического детектирования окрашенных комплексных соединений амилозы и амилопектина с йодом. Для этого навеску исследуемого крахмала (0,1 г) смачивали этанолом с последующим приливанием 10 мл 1 н раствора гидроксида натрия и выдерживанием при перемешивании и нагревании в течение 1 часа. Полученный раствор подвергали нейтрализации и разбавляли водой до объема 100 мл. К аликвоте раствора крахмала (5 мл) приливали 2 мл раствора йода (2г/л I₂ и 20 г/л KI) и дистиллированную воду до общего объема 100 мл. Оптическую плотность окрашенного раствора определяли на спектрофотометре UNICO-1200 в кюветах с толщиной поглощающего слоя 10 мм на двух длинах волн – 530 и 630 нм. Расчет концентрации фракций крахмала в растворе проводили на основе системы двух уравнений, составленной исходя из принципа аддитивности поглощения света окрашенными комплексами амилозы и амилопектина [1].

- определение морфологии и гранулометрического состава крахмала проводили оптическим микроскопированием крахмальной суспензии, с использованием микроскопа Биомед-6 и цифровой камеры TOPCAMUCMOS05100KPA. Оценку размеров проводили путем сравнения с объект-микрометром ОМ-О с ценой деления 0,01 мм по ГОСТ 7513;

- определение температуры клейстеризации крахмала и вязкости крахмального клейстера на приборе Амилотест АТ-97 в режиме «Амилограмма» по методике, приведенной в руководстве [4].

- определение структурно-механических свойств мякиша хлеба – на приборе Струкутронетр СТ-2 по методике, прилагаемой к прибору.

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с поставленными задачами на кафедрах технологии продуктов питания и организации ресторанного дела, промышленной химии и биотехнологии Орловского государственного университета им.

И.С. Тургенева, лаборатории техники и технологии мукомольного производства ВНИИ Зерна. Для проведения исследований была разработана схема эксперимента (рисунок 2).



Рисунок 2 – Структурная схема экспериментальных исследований

Обсуждение результатов. Из литературных источников [5, 8] известно, что полба имеет богатый химический состав, который в зависимости от сорта зерна, района произрастания, года сбора урожая сильно варьируется. В работе исследовали химический состав зерна полбы сорта Руно и проводили сравнительный анализ с химическим составом зерна мягкой пшеницы [7]. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав зерна полбы и пшеницы

Наименование показателя	Значение показателя	
	Зерно полбы	Зерно пшеницы
Вода, %	11	14
Белки, %	13,9	11,8
Жиры, %	2,4	2,2
Углеводы, %, в том числе	70,2	70,3
редуцирующие сахара, %	3,42	1,09
крахмал, %	53,9	55,5
клетчатка, %	5,3	2,0
Зола, %	2,1	1,7

Как видно из полученных данных, анализируемое зерно полбы в сравнении с мягкой пшеницей имеет более богатый химический состав. Выявлено более высокое содержание белков – 13,9 %, что делает полбу перспективным источником растительного белка; жиров – 2,4 %, редуцирующих веществ – 3,4 %, клетчатки – 5,3 %, в то время как у пшеницы значения этих показателей составляют 11,8 %, 2,2 %, 1,09 % и 2 % соответственно. Высокое содержание клетчатки в полбе также является положительным фактором, влияющим на уровень холестерина, перистальтику кишечника, выведению из организма человека токсичных соединений. По суммарному содержанию минеральных веществ (зольности) полба также выигрывает у пшеницы – 2,1 % и 1,7 % соответственно.

Таким образом, на основании проведенного анализа химического состава выявили ряд преимуществ полбы перед пшеницей, что предопределяет целесообразность ее использования в качестве сырьевого источника хлебопекарного производства для повышения пищевой ценности хлеба.

Общеизвестно, что пшеничный хлеб имеет существенный дефицит по трем незаменимым аминокислотам – лизину, треонину и триптофану [2]. Учитывая вышесказанное, представляет интерес изучение аминокислотного состава белка зерна полбы и сравнение его с аминокислотным составом белка пшеницы.

На рисунке 3 приведены результаты расчета аминокислотного сора зерна полбы и пшеницы.

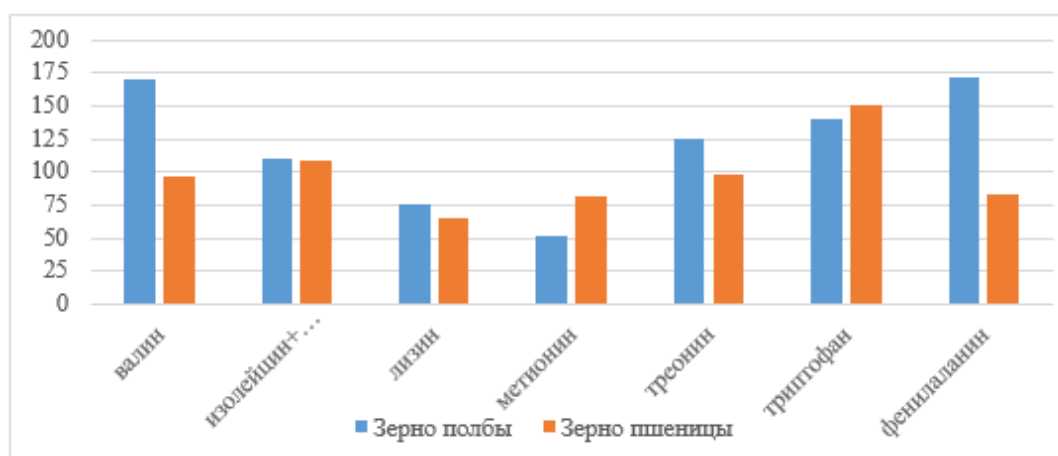


Рисунок 3 – Аминокислотный скор

Установили, что первой лимитирующей аминокислотой белка полбы является сумма метионин + цистеин (аминокислотный скор равен 51 %), лизин является второй

лимитирующей аминокислотой (аминокислотный скор равен 76 %). Важно подчеркнуть, что его содержание выше, чем в пшенице (аминокислотный скор равен 65 %).

Многочисленными исследованиями установлено, что добавление амилопектинового крахмала (с повышенным содержанием амилопектина) замедляет процесс черствения хлеба. Это обусловлено тем, что увеличенное содержание амилопектина в крахмале, по сравнению с амилозой, снижает скорость ретроградации крахмала [3].

В связи с этим нами совместно с доцентом кафедры промышленной химии и биотехнологии проведено исследование морфологии, фракционного состава и ряда технологических свойств (начальная температура клейстеризации, максимальная вязкость крахмального клейстера) крахмалов полбы и мягкой пшеницы. В лабораторных условиях проводили выделение нативного крахмала из цельносмолотого зерна полбы и пшеницы путем многократного промывания и центрифугирования крахмального молочка, с последующим высушиванием крахмала при температуре 30 °С. Полученные результаты представлены на рисунках 4, 5.

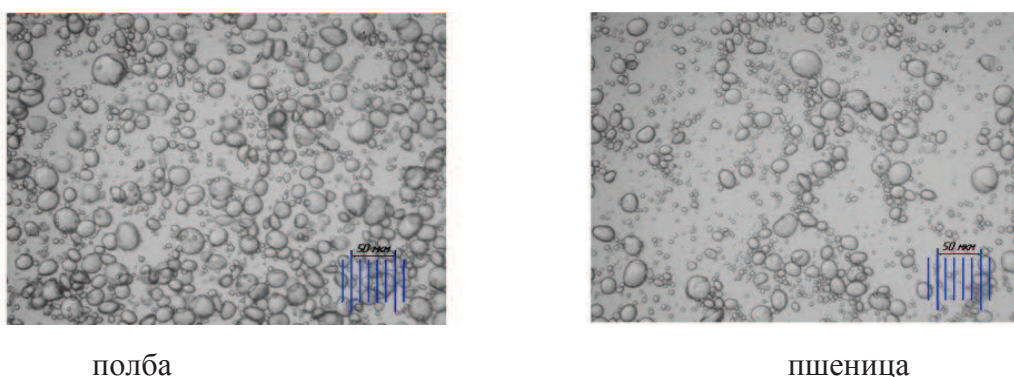


Рисунок 4 – Микрофотографии крахмальных зерен

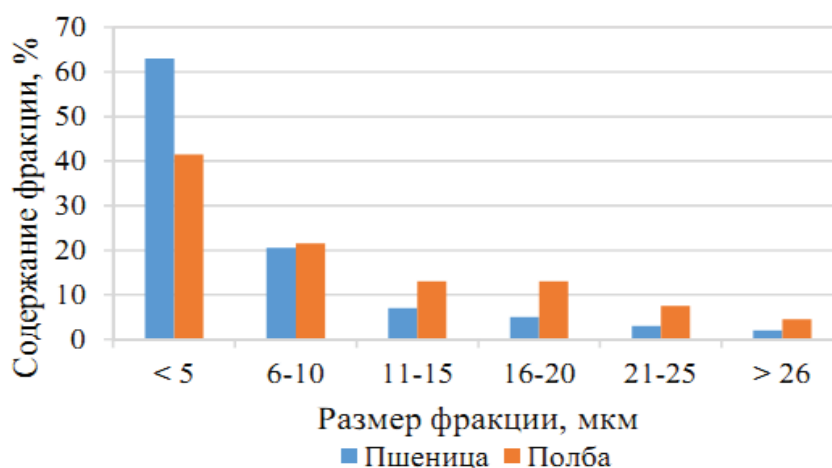


Рисунок 5 – Гранулометрический состав крахмала

Микроскопирование исследованных образцов крахмала показало, что зерна имеют в основном округлую или овальную форму, и это согласуется с литературными данными [2, 6]. По данным гранулометрического анализа установлено, что преобладающими в пшенице являются мелкие зерна, в полбе – наряду с мелкими присутствует достаточно большое количество средних и крупных крахмальных зерен.

Результаты определения фракционного состава полисахаридов крахмала показали, что по сравнению с пшеницей крахмал полбы содержит меньше амилозы и больше амилопектина. Так, крахмал пшеницы содержит 27,3 % амилозы и 72,7 % амилопектина, в тоже время крахмал полбы содержит 23,3 % амилозы и 76,7 % амилопектина.

Хлебопекарные свойства муки определяют качество выпеченного из нее хлеба и обуславливаются состоянием и степенью изменения ее углеводно-амилазного и белково-протеиназного комплексов.

В работе проводили оценку хлебопекарных свойств полбяной муки, полученной из сортов зерна полбы Руно и Греммэ. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Хлебопекарные свойства муки

Наименование показателя	Значение показателя		
	мука полбяная из зерна сорта Руно	мука полбяная из зерна сорта Греммэ	мука пшеничная хлебопекарная 1 сорта
Массовая доля влаги, %	15,0	12,8	14,0
Массовая доля сырой клейковины, %	22,5	25,5	30,0
Качество клейковины, ед. приб. ИДК	77,5	50,0	70,0
Цвет клейковины	светлый	светлый	светлый
Растяжимость клейковины, см	16	14	14
Эластичность клейковины	Удовлетворительная	хорошая	хорошая
Расплаываемость шарика клейковины, мм			
0 мин	23	23	23
60 мин	63,5	61	60
120 мин	69	67	63
180 мин	75	71	70
Водопоглощительная способность муки, %	58,0	51,0	56,0
Число падения, с	350,0	61,0	330,0
Автолитическая активность по количеству водорастворимых веществ, %	29,0	24,0	23,0
Сахарообразующая способность, мг мальтозы	290,0	470,0	260,0
Газообразующая способность, см ³ CO ₂ (за 5 часов)	1372,0	1506,0	1300,0
Способность муки к потемнению (за 4 часа)	низкая	высокая	средняя

Таким образом, анализ хлебопекарных свойств полбяной муки разных сортов показал значительные отличия определяемых показателей. По количеству и качеству клейковины мука из сорта Греммэ превосходит муку полбяную из сорта Руно и может

рекомендоваться к использованию в хлебопекарном производстве, но с учетом ее автолитической активности (мука не должна быть получена из дефектного зерна). В случае переработке муки с повышенной автолитической активностью рекомендуется применять известные технологические приемы, снижающие активность ферментов, и способствующие улучшению физических свойств мякиша хлеба и его цвета (повышение кислотности полуфабрикатов на 1-3 град путем использования пшеничных заквасок, молочной сыворотки, применение улучшителей окислительного действия и т.п.). При использовании муки полбяной из сорта Руно для выработки хлебобулочных изделий целесообразно производить замену части пшеничной муки на полбяную. На заключительном этапе исследований проводили пробные лабораторные выпечки. Результаты пробных выпечек представлены на рисунке 6.



Рисунок 6 – Образцы пшеничного хлеба с различными дозировками полбяной муки взамен пшеничной (слева направо увеличение дозировки полбяной муки).

Результаты пробных выпечек образцов показали, что с увеличением дозировки полбяной муки взамен пшеничной цвет мякиша изменяется от белого до серого, это объясняется высокой способностью используемой полбяной муки к потемнению. Окраска корки так же изменялась от светло-желтой до темно-коричневой, что объясняется большим содержанием собственных сахаров в полбяной муке, высокой сахарообразующей способностью и высокой автолитической активностью муки по сравнению с пшеничной.

Таким образом, анализируя полученные данные, можно заключить следующее: все варианты соотношения пшеничной и полбяной муки из зерна сорта Гремме позволяют получать высокие по качественным показателям хлебобулочные изделия при условии, что автолитическая активность муки не будет превышать установленных нормативов (мука из непроросшего зерна). В противном случае рекомендуется заменять до 50 % пшеничной муки на полбяную с соблюдением определенных режимов технологического процесса производства.

Выводы.

1. Зерно полбы в сравнении с мягкой пшеницей имеет более богатый химический состав. Выявлено более высокое содержание белков – 13,9 %, жиров – 2,4 %, редуцирующих веществ – 3,4 %, клетчатки – 5,3 %, золы – 2,1 %, в то время как у пшеницы значения этих показателей составляют 11,8 %, 2,2 %, 1,09 %, 2 % и 1,7 %

соответственно. Белок полбы имеет более сбалансированный аминокислотный состав, содержит меньше проламиновой и глютелиновой фракции, больше водорастворимых белков. Гранулометрический состав крахмала полбы представлен средними и крупными зернам, крахмал полбы обладает более высокой температурой клейстеризации (72 °С), содержит большее количество амилопектина (76,7 %) в сравнении с пшеничным крахмалом (73,7 %).

2. Определены хлебопекарные свойства муки из зерна полбы сортов Руно и Греммэ. Сравнительная оценка хлебопекарных свойств показала, что мука из зерна сорта Руно имеет невысокие хлебопекарные свойства и без применения технологических приемов не удастся получить хлеб хорошего качества. Мука полбяная из зерна сорта Греммэ наиболее пригодна для хлебопечения, однако следует строго контролировать ее автолитическую активность.

3. Определена рациональная дозировка муки из зерна сорта Греммэ при производстве пшеничного хлеба путем исследования ее влияния на свойства теста и показатели качества пшеничного хлеба. Установлено, что рациональной дозировкой полбяной муки с учетом высокой автолитической активности является 50 % взамен пшеничной. В случае использования муки с нормальной автолитической активностью дозировка полбяной муки может составлять до 100 %.

Литература

1. Landers, P.S. Comparison of two models to predict amylose concentration in rice flours as determined by spectrophotometric assay / P.S. Landers, E.E. Gbur, R.N. Sharp // *Cereal chemistry*. – 1991. – Vol. 65. – № 5. – P. 545-548.
2. Ауэрман Л. Я. Технология хлебопекарного производства [Текст] /Л. Я. Ауэрман. 9-е изд., перераб. и доп. - СПб. : Профессия, 2002. - 415 с.
3. Зверев С.В. Полба и Спельта – возвращение к истокам [Текст] / Зверев С.В., Политуха О.В., Стариченков А. А. // *Хранение и переработка зерна*. – 2015. – №6-7 (194). – С. 48-50.
4. Кандроков, Р. Х. Влияние гидротермической обработки на выход и качество полбяной муки [Текст] / Р. Х. Кандроков, Е.Р. Балова // *Аграрный вестник Урала*. - 2018.- № 2 (168). - С. 54-58.
5. Корячкина С.Я. Контроль хлебопекарного производства: учебное пособие для вузов [Текст] / С.Я. Корячкина, Н.А. Лабутина, Н.А. Березина, Е.В. Хмелева. – Орел: ОрелГТУ, 2010. – 705 с.
6. Малютина Т.Н. Применение нетрадиционной муки в технологии макаронных изделий [Текст] / Т.Н. Малютина, Т.Н. Межова // *Материалы конференции «Технологии производства пищевых продуктов питания и экспертиза товаров»*. – 2-3 апреля, 2015. – С.130-132.
7. Способ производства муки из зерна тритикале [Текст] : пат. 2612422 Рос. Федерация: МПК В02С4/06 Кандроков Р. Х., Панкратов Г. Н. ; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «ВНИИЗ». - N 2015156100; заявл. 28.12.2015 ; опубл. 09.03.2017, Бюл. N 12.
8. Хмелева Е.В., Проничева А.В., Пенькова Ю.В., Королев Д.Н. Использование зерна полбы производстве зернового хлеба [Текст] // *Современное хлебопекарное производство: перспективы развития. Материалы XVII Всероссийской заочной научно-практической конференции (18 ноября 2016 г.)* / Екатеринбург. 2016. С.31-35.