*Электронный научно-производственный журнал*
**«АгроЭкоИнфо»**
==========

УДК 338.45:663/664

# Оценка возможности использования конопляной муки в хлебопечении

***Воршева А.В., Багнавец Н.Л., Григорьева М.В., Белопухов С.Л.***

***РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева***

## Аннотация

*Приведены результаты исследований по изучению физико-химических свойств конопляной муки и целесообразности применения ее в хлебопечении. В ходе исследований был изучен макро- и микроэлементный состав конопляной муки методом сканирующей электронной микроскопии и методом масс-спектрометрии, изучен химический состав конопляной муки методом БИК-анализа. Проведен сравнительный анализ химического состава конопляной муки с пшеничной мукой. Выявлено влияние соотношения конопляной и пшеничной муки на химический состав и свойства мукомольной смеси. Дана оценка приблизительной себестоимости готовой продукции. В результате исследований установлены оптимальные соотношения пшеничной и конопляной муки для производства хлебобулочных изделий.*

**Ключевые слова**: КОНОПЛЯ ПОСЕВНАЯ, CANNABIS SATIVA, КОНОПЛЯНАЯ МУКА, ХЛЕБОПЕЧЕНИЕ, ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

---

Конопля посевная обладает огромным экономическим потенциалом. По производству органического вещества на единицу посевной площади конопля занимает одно из ведущих мест, наряду с сахарной свеклой и картофелем. Спектр использования продуктов переработки конопли посевной в мировой экономике стабильно расширяется, разрабатываются индустриальные технологии производства изделий для применения в инновационных сферах промышленности [1, 2]. За рубежом выпускается более 300 видов изделий из конопли. Это популярное сырье для медицинской, текстильной, легкой, пищевой, косметической, бумажной, строительной, авиационной, топливной и других отраслей промышленности. Одежда из ткани, изготовленной из волокон пеньки, в Европе, США и Канаде считается остро модной [3].

Начиная с середины 90-х годов XX века, объемы выращивания конопли посевной в мире растут. Это связано с научными разработками в области технологии переработки и агротехники ее производства, появлением специальных сельскохозяйственных машин для возделывания и уборки конопли, а также оборудования для ее переработки [4].

Известно, что в 2015 году суммарная площадь мировых посевов конопли составила 140-150 тыс. га. В сфере коноплеводства лидерами считаются Китай, Канада и Франция.

На территории России возделывание конопли для получения волокна (пеньки) известно уже с VII века. В дальнейшем началась торговля пенькой. Волокно использовалось для изготовления веревок, парусины, морских канатов и других изделий.

До 30-х годов XX века конопля возделывается как приусадебная культура мелкого единоличного хозяйства. В 1928 г. по площади посева конопли Россия занимала первое место в мире - 966 тыс. га. С 1931 г. в России начинается развитие селекции, агротехники и семеноводства в области коноплеводства. За годы советской власти предвоенного периода коноплеводство было не только восстановлено, но и широко продвинулось в новые районы, в том числе и в Сибирь [5].

Военные годы и послевоенный период резко снизили производство конопли в России, коноплеводство практически пришло в упадок. В 1965-1971 гг. посевы конопли в СССР не превышали 300 тыс. га. Урожаи волокна достигали 1112 ц/га. В 1987 г. решением Совета Министров СССР культивирование конопли с содержанием наркотических веществ, в том числе тетрагидроканнабинола (ТГК) на территории страны было запрещено. В связи с этим селекция безнаркотических форм культуры приобрела государственное значение. Работы по созданию сортов конопли, не обладающих наркотической активностью, начались в стране с 1973 г. В Государственный реестр селекционных достижений в конце 1990-х - начале 2000-х годов были внесены новые сорта, в которых содержание основного наркотического вещества - тетрагидроканнабинола - снижено до 0,1 % и менее [6].

В настоящее время отмечается активное возрождение коноплеводства в России. Уделяется внимание подготовке квалифицированных кадров для данного направления [7, 8].

В последние годы наблюдается позитивная динамика роста посевных площадей - в 2019 году конопля посеяна в восьми регионах на площади почти 10 тыс. га, то есть почти

в пять раз больше, чем в 2015 году. Причем в ряде Федеральных округов темпы роста площадей превышают плановые индикаторы Государственной программы. Прогноз валового сбора пеньковолокна также сохраняет положительную динамику и в 2025 году может достигнуть 10 тыс. тонн [4].

В Государственный реестр сортов агротехнической конопли, допущенных к возделыванию на территории России, внесено 28 сортов и гибридов, из них 22- отечественной селекции. Большая часть полей занята качественным посевным материалом российской (Сорта «Вера», «Сурская», «Надежда») и украинской селекции (сорт «Гляна»). Практически ежегодно ассортимент пополняется [9].

Активному развитию коноплеводства во многом способствуют меры государственной поддержки, в том числе льготное инвестиционное кредитование и субсидии производителям сельхозтехники [1].

Правительством РФ утверждена Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года. Данная Стратегия ориентирована на обеспечение полноценного питания, профилактику заболеваний, увеличение продолжительности и повышение качества жизни населения, стимулирование развития производства и обращения на рынке пищевой продукции надлежащего качества.

Принимая во внимание потребность населения в функциональных и специализированных продуктах питания [10], обоснованным является производство инновационных продуктов повышенной пищевой и биологической ценности на основе семян конопли.

Конопля посевная востребована в пищевой индустрии, особенно в диетическом, вегетарианском и спортивном питании, благодаря составу ее семян. В них содержится до 48% углеводов и 29-33% масел. Высокопитательные, богатые полиненасыщенными жирными кислотами, витаминами и микроэлементами семена конопли употребляются в пищу как в самостоятельном, очищенном виде, так и в виде масла и других производных продуктов [11, 12]. Интерес потребителей к изделиям из различных видов растительного сырья, в том числе и конопли, неуклонно растет.

В связи с этим целью наших исследований было изучение физико-химических свойств конопляной муки и оценка возможности использования ее в хлебопечении.

**Методика исследования**

Исследования проводились в 2019–2021 годах на кафедре химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Объект исследования – конопляная мука торговой марки «Коноплектика» (ООО «Медал»).

Для изучения физико-химических свойств конопляной муки был проведен ряд экспериментов с использованием метода БИК-анализа, метода сканирующей электронной микроскопии и масс-спектрометрического метода. С целью оценки возможности использования конопляной муки в хлебопечении была проведена лабораторная выпечка исследуемых образцов и органолептический анализ образцов.

Изучение химического анализа конопляной муки осуществляли методом БИК-анализа. Спектрометрия в ближней инфракрасной (БИК) области - метод, основанный на способности веществ поглощать электромагнитное излучение в диапазоне длин волн от 780 до 2500 нм (от 12500 до 4000 см$^{-1}$) [13, 14].

Исследования проводились на приборе «SpectraStar-2400» с термостабилизированным детектором на основе арсенида индия-галлия (InGaAs). Обработка спектров проводилась с использованием программного обеспечения InfoStar и TransStar. Пробоподготовка отсутствовала, образцы измерялись в исходном состоянии, ошибка опыта не более 1%.

Определение элементного состава конопляной муки осуществляли масс-спектрометрическим методом и методом сканирующей электронной микроскопии.

Масс-спектрометрия является наиболее чувствительным спектроскопическим методом молекулярного анализа по сравнению с такими методами, как ЯМР - и ИК-спектроскопия [15].

Количественный анализ на содержание макро- и микроэлементов в конопляной муке проводился методом масс-спектрометрии с атомизацией в индукционно-связанной плазме (ICP-MS Perkin Elmer DRC II США). Пробоподготовку образцов проводили методом мокрого озоления «тефлоновая бомба» в СВЧ-печи с использованием азотной кислоты (х.ч.) и перекиси водорода (х.ч.).

Качественный анализ на содержание макро- и микроэлементов в конопляной муке проводился на сканирующем электронном микроскопе COXEM EM-30AX PLUS (Корея), источник электронов – электронная пушка с термоэлектронным типом эмиссии, оснащенная эмиттером на основе вольфрамовой нити накаливания.

*Электронный научно-производственный журнал*
**«АгроЭкоИнфо»**
==========

Преимуществом данного микроскопа по сравнению с аналогами является возможность проводить анализ без дополнительной специальной пробоподготовки [14, 15].

Оценка качества хлеба проводилась согласно ГОСТ 27669-88 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба.» Лабораторная выпечка хлеба проводилась в 3-х кратной повторности.

**Результаты и обсуждение**

В настоящее время производство продукции коноплеводства пищевого направления развивается очень стремительно. Конопляное масло, муку, очищенные семена и т.д. можно встретить на продуктовых полках не только магазинов здорового питания, но и обычных супермаркетах [16].

В ходе наших исследований был выполнен количественный анализ методом сканирующей электронной микроскопии на содержание макро- и микроэлементов в конопляной муке. Для сравнения использовалась пшеничная мука торговой марки «Makfa» (ГОСТ 27669–88), таблица 1.

Таблица 1. Содержание макро- и микроэлементов в конопляной и пшеничной муке

| Элемент | Вес, % | | Ошибка опыта (σ,%) | |
|---|---|---|---|---|
| | Конопляная мука | Пшеничная мука | Конопляная мука | Пшеничная мука |
| C | 57,2 | 49,4 | 1,3 | 0,6 |
| O | 33,2 | 49,4 | 1,1 | 0,6 |
| K | 4,0 | 0,3 | 0,2 | 0,0 |
| P | 2,6 | 0,2 | 0,1 | 0,0 |
| S | 1,2 | 0,3 | 0,1 | 0,0 |
| Mg | 0,7 | - | 0,1 | - |
| Ca | 0,6 | 0,2 | 0,1 | 0,0 |
| Cl | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,0 |
| Si | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 |
| Na | 0,1 | - | 0,0 | - |

Как видно из таблицы, конопляная мука превосходит пшеничную муку по такому показателю, как содержание макро- и микроэлементов. Такие элементы, как K, P, S, Mg, Ca, Cl, Na – содержатся в конопляной муке в большем количестве.

Для получения более полной информации о содержании макро- и микроэлементов в конопляной муке был проведен количественный анализ, по результатам которого было

установлено: конопляная мука содержит в 2,4 раза больше кальция, в 3,3 раза магния и в 1,3 раза натрия, по сравнению с пшеничной мукой. Что касается эссенциальных элементов, то конопляная мука превышает пшеничную по содержанию железа почти в 8 раз, молибдена в 1,1 раза и кобальта в 3 раза; среди условно-эссенциальных элементов конопляная мука содержит в незначительно большем количестве мышьяк, бром и ванадий.

Изучение химического состава конопляной муки методом БИК-анализа показало, что по сравнению с пшеничной мукой, конопляная мука отличается большим содержанием золы, клетчатки, протеина и общих волокон (табл. 2).

Таблица 2. Сравнительный анализ состава пшеничной и конопляной муки

| Показатели, % | Пшеничная мука | Конопляная мука |
|---|---|---|
| Влага | 12,54 | 5,31 |
| Зола | 0,46 | 7,97 |
| Клетчатка | 1,00 | 4,57 |
| Протеин | 9,54 | 31,49 |
| Крахмал | 73,86 | 19,83 |
| Общие волокна | 3,61 | 8,21 |
| Белизна | 54,71 | 0,00 |
| ИДК | 57,66 | 308,32 |
| Число падения | 368,89 | 75,71 |

Для хлебопечения важными показателями, характеризующими качество муки, являются индекс деформации клейковины (ИДК) и число падения [17]. По этим показателям конопляная мука характеризуется как слабая, поэтому при хлебопечении ее используют, как правило, в смеси с пшеничной мукой или в составе композиции мукомольной смеси.

Были проведены исследования по изучению влияния различных соотношений пшеничной и конопляной муки на химический состав мукомольной смеси и ее хлебопекарных свойств. По результатам химического анализа, в особенности по показателю ИДК, выявлено оптимальное содержание конопляной муки в смеси - 5-10%.

Анализ химического состава хлебобулочных изделий с добавлением конопляной муки методом БИК-анализа выявил закономерность увеличения содержания золы, клетчатки и протеина с увеличением процентного содержания конопляной муки в смеси (табл. 3).

*Электронный научно-производственный журнал*
**«АгроЭкоИнфо»**
==========

Таблица 3. Химический состав хлебобулочных изделий с добавление конопляной муки

| Показатели, % | I (контроль) | II (5%) | III (10%) | IV (15%) | V (20%) | VI (25%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Влага | 17,99 | 17,46 | 16,93 | 17,46 | 17,16 | 17,09 |
| Зола | 0,00 | 0,12 | 0,56 | 0,60 | 0,92 | 1,09 |
| Клетчатка | 0,85 | 0,89 | 0,95 | 0,98 | 1,00 | 1,14 |
| Протеин | 10,42 | 11,19 | 12,08 | 13,14 | 13,78 | 15,07 |
| Крахмал | 63,20 | 60,41 | 63,29 | 58,51 | 58,49 | 52,73 |

В производстве, помимо химического состава продукции, большую роль играет срок годности товара. Чем дольше продукция может храниться, тем более рентабельным становится ее производство. В ходе исследования было установлено, что образцы хлеба с добавлением конопляной муки черствеют в 2 раза медленнее, чем контрольный образец (из пшеничной муки).

Добавление конопляной муки в мукомольную смесь не влияет на стоимость готовой продукции. Конопляная мука имеет себестоимость выше, чем пшеничная мука, но при выпечке хлеба с конопляной мукой используется на 40% меньше воды для замеса теста, а также не используется масло. Хлеб при одинаковой температуре выпекается быстрее, благодаря чему себестоимость готовой продукции с заменой 10% пшеничной муки на конопляную будет равной аналогичной продукции из пшеничной муки.

**Выводы:**

Методами масс-спектрометрии и сканирующей электронной микроскопии показано, что конопляная мука по сравнению с пшеничной мукой содержит больше кальция (в 2,4 раза) и магния (в 3,3 раза). Среди эссенциальных микроэлементов в конопляной муке повышено содержание железа, молибдена и кобальта; среди условно-эссенциальных элементов – мышьяка, брома и ванадия. Содержание макро- и микроэлементов в конопляной муке не превышает ПДК. Таким образом, выявлено, что конопляная мука содержит жизненно важные для человека элементы.

Методом БИК-анализа установлено высокое содержание в составе конопляной муки протеина (31,49%), клетчатки (4,57%) и общих волокон (8,21%), что значительно превышает эти же значения для пшеничной муки. Как известно, общие волокна полезны для процесса пищеварения.

Выявлено, что показатель ИДК и число падения для конопляной муки имеет низкое значение. Следовательно, при хлебопечении ее необходимо использовать в смеси с пшеничной мукой, а также с другими компонентами мукомольных смесей.

По результатам химического анализа и органолептической оценки хлебобулочных изделий с добавлением конопляной муки было установлено оптимальное соотношение конопляной муки – 10% и пшеничной муки – 90% в мукомольной смеси. При увеличении процентного содержания конопляной муки в мукомольной смеси в готовой продукции отмечается увеличение содержания протеина, но при этом также увеличивается содержание клетчатки и золы. Клетчатка не усваивается организмом человека и при высоком содержании ее в продукции уменьшает усвояемость других элементов, в т.ч. и протеина. При замене 10% пшеничной муки на конопляную в мукомольной смеси содержание клетчатки и протеина в готовой продукции находится в оптимальном соотношении. Также при таком составе мукомольной смеси готовая продукция имеет приятный вкус без горечи.

Также в ходе исследования было установлено, что образцы хлеба с добавлением конопляной муки черствеют в 2 раза медленнее, чем образцы из пшеничной муки, вследствие чего увеличивается рентабельность продукции.

Стоимость готовой продукции при включении в её состав конопляной муки не изменяется.

Хлебобулочные изделия с добавлением конопляной муки можно рекомендовать к употреблению спортсменам и людям, ведущим здоровый образ жизни, т.к. продукция обогащена протеином, макро- и микроэлементами, также данная продукция подойдет для веганов и вегетарианцев.

**Список использованных источников:**

1. Современное коноплеводство России. - [Электрон. ресурс]. - URL: http://tku.org.ua/ru/ view-news

2. Жарких О.А., Дмитревская И.И., Белопухов С.Л., Белопухова Ю.Б. Агроконопля – перспективная сельскохозяйственная культура для Черноземья. В сборнике: Инновационная деятельность науки и образования в агропромышленном производстве // Материалы Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор И.Я. Пигорев. - 2019. - С. 256–260.

3. Мировой рынок конопли посевной. - [Электрон. ресурс]. - URL: http://www.konoplex.ru/ru/zarubezhnyj-opyt/

4. Белопухова Ю.Б. О перспективах развития коноплеводства. Журнал «Лен и конопля». - [Электрон. ресурс]. - URL: https://www.rosflaxhemp.ru/zhurnal/informacija-i-analiz.html/id/3134

5. Кондратенко А.И. Золотой век конопли. Историко-краеведческие очерки. - Орёл, 1998. - 200 с.

6. Серков В.А., Смирнов А.А. История коноплеводства в России // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. - 2018. - Вып. 3 (175). - С. 132-141.

7. Белопухов С.Л., Григорьева М.В. Подготовка кадров для отрасли производства и переработки лубяных культур. Заметки ученого. - 2020. - № 12. - С. 140–143.

8. Трухачев В.И., Белопухов С.Л., Григорьева М.В. О системе подготовки кадров для органического сельского хозяйства // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Махачкала, 2021. - С. 20–23.

9. Сорта растений, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Сорта культуры "Конопля". - [Электрон. ресурс]. - URL: http://reestr.gossort.com/reestr/culture/134/

10. Соколова, Т.В. Маркетинговое исследование сбытовой сети хлебобулочных изделий // Маркетинг в России и за рубежом. - 2003. - № 4. - С. 27.

11. Исследования химических свойств конопли. - [Электрон. ресурс]. - URL: https://www.rosflaxhemp.ru/news.html/id/3249

12. Белопухов С.Л., Байбеков Р.Ф., Жарких О.А. Химический состав масла из семян конопли сорта Сурская. Вестник науки. - 2019. - Т. 1. - № 9 (18). - С. 57–59.

13. Воршева А.В., Старых С.Э. Изучение химического состава конопляной муки. Теория и практика современной аграрной науки: Сб. III национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием (г. Новосибирск, 28 февраля 2020 г.): Т.2 / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2020.

14. Воршева А.В., Старых С.Э. Изучение химического состава конопляной муки. В сборнике: Теория и практика современной аграрной науки. Сборник III национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием . Новосибирский государственный аграрный университет. - 2020. - С. 366–369.

15. Воршева А.В., Старых С.Э. Современные методы химического анализа для изучения состава продуктов питания на примере конопляной муки. В сборнике: Химия и жизнь. Сборник статей XIX Международной научно-практической студенческой конференции. - 2020. - С. 90–95.

16. Дмитревская И.И., Воршева А.В. Сравнительный химический анализ конопляной и пшеничной муки. В сборнике: Доклады ТСХА. - 2020. - С. 399–402.

17. Соловьева Е.А. Разработка технологии хлебобулочных изделий с физиологически функциональными пищевыми ингредиентами Текст.: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.01 / Е.А. Соловьева. Москва, 2006. - 22 с.

==========

**Цитирование:**

Воршева А.В., Багнавец Н.Л., Григорьева М.В., Белопухов С.Л. Оценка возможности использования конопляной муки в хлебопечении [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 3. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/3/st_326.pdf.