



УДК 664.64.022.39; 664.66.022.39

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО БИОПРЕПАРАТА ИЗ ЛИШАЙНИКОВ**¹Аньшакова В.В., ¹Каратаева Е.В., ²Кершенгольц Б.М.**¹ФГАОУ СВФУ, Якутск, e-mail: anshakova_v@mail.ru, elenakar_uk@mail.ru;²ИБПК СО РАН, Якутск, e-mail: kershen@asrs.ysn.ru

Разработан способ повышения качества и сохранения свежести хлебобулочных изделий путем добавления в состав муки для выпечки хлеба порошка механоактивированных слоевищ лишайников рода *Cladonia*. Результатом является обогащение хлебобулочных изделий эссенциальными микроэлементами, негормональными физиологически активными веществами, повышение степени их усвояемости и увеличение сроков хранения хлеба.

Ключевые слова: ягель, хлебобулочные изделия, механохимия, биотехнология**BAKERY PRODUCTS QUALITY IMPROVEMENT BY MEANS OF THE MECHANICALLY ACTIVATED BIOADDITIVES FROM LICHENS****¹Anshakova V.V., ¹Karataeva E.V., ²Kershengoltc B.M.**¹FGAOU SVFU, Yakutsk, e-mail: anshakova_v@mail.ru, elenakar_uk@mail.ru;²IBPC SD RAS, Yakutsk, e-mail: kershen@asrs.ysn.ru

There was developed the method of improving bakery products quality and preservation it's freshness by means of additives for bakery flour, produced from mechanoactivated lichen's thallus powder (*Cladonia*). The result of that method is enrichment of bakery products with essential microelements, non-hormonal physiologically active substances, rise of assimilability degree and increase of product's shelf life.

Keywords: moss, bakery products, mechanochemistry, and biotechnology

Одним из важнейших факторов, определяющих здоровье населения, является правильное питание, обеспечивающее нормальный рост и развитие человека, способствующее профилактике заболеваний, продлению жизни, повышению работоспособности и создающее условия для адекватной адаптации людей к окружающей среде. У большинства населения России выявляются нарушения питания, обусловленные недостаточным потреблением витаминов, минеральных веществ, жирных кислот, полноценных белков и нерациональным их соотношением. Поэтому особенностью современного этапа развития пищевой промышленности является разработка качественно новых функциональных продуктов питания, способствующих сохранению и улучшению здоровья за счет регулирующего и нормализующего воздействия на организм человека с учетом его физиологического состояния и возраста.

Известно производство хлебобулочных изделий с добавлением овсяных хлопьев, пшеничных отрубей, солодового экстракта, зерновых смесей, тмина, семян льна, подсолнечника, кориандра и кунжута, йодированной соли, добавок чернослива, изюма, фруктозы, порошка ламинарии, всевозможных посыпок [1, 2]. Вырабатываются и диетические изделия, рекомендуемые для людей страдающих сахарным диабетом. Недостатком известных примеров является низкая технологичность процесса, выражающаяся в

дорогостоящем и трудоемком процессе производства хлебобулочного изделия, в частности, сбор, не всегда высокая биологическая ценность и малая степень усвояемости вводимых добавок в связи с их недостаточно высокой всасываемостью в желудочно-кишечном тракте, традиционные длительные технологии экстракции и малый срок хранения полученных экстрактов.

В качестве пищевой добавки для производства хлеба и хлебобулочных изделий нами использовались слоевища лишайников рода *Cladonia*. Использование лишайников в качестве продукта питания известно очень давно, есть предположение, что библейской манной был лишайник Аспицилия съедобная (*Aspicilia esculenta*). Ягель на Руси издавна использовали для выпечки хлеба в голодные годы, для сохранения свежести продуктов, для лечения различных заболеваний, т.е. как дополнительное сырье для повышения пищевой ценности, обеспечения специфических органолептических и физико-химических показателей качества хлебобулочных изделий.

Целью данной работы, являлось изучение влияния добавок ягеля различной активации на качество хлебобулочных изделий. Поскольку хлебобулочные изделия являются основным повседневым, доступным продуктом питания и играют важнейшую роль во всей физиологии питания, то целесообразно обогащать их добавками из ягеля, что значительно повысит их пище-

вую ценность и значительно увеличит срок хранения.

Материалы и методы исследования

Лишайники из рода *Cladonia* – лекарственное сырье, используемое в народной медицине для лечения многих заболеваний. В слоевищах лишайников содержатся физиологически активные вещества (ФАВ) различных групп: углеводы (70–80%) в виде лишайникового крахмала лишенина и изолихенина; дубильные вещества (1–2%); лишайниковые кислоты (2–3%) – леканоровая, физодовая, усниновая; микроэлементы (в используемом сырье содержания тяжелых металлов намного меньше ПДК). Содержание в слоевище ли-

шайников ФАВ обуславливает довольно широкое их использование в официальной и народной медицине для лечения болезней желудочно-кишечного тракта, дистрофий, общего истощения, заболеваний дыхательных путей и легких, инфекционных заболеваний кожи, ожогов и опрелостей, нарушений деятельности щитовидной железы и других эндокринных заболеваний, также применение их в качестве иммуномодулирующих, противоопухолевых, гепатопротекторных и детоксикационных препаратов [3–5].

В качестве добавки мы использовали твердофазный препарат «ЯГЕЛЬ-Т», изготовленный из сухих слоевищ лишайников, механохимической активацией без участия растворителей в одну технологическую стадию.



ИК-спектры ягеля различного помола

Сухой ягель помещают в шаровую мельницу и механохимическую активацию проводят без участия растворителей в одну технологическую стадию при скорости 1200–1500 об./мин в течение 1–2 мин [6]. Полученный порошок (препарат «ЯГЕЛЬ-Т») добавляют в муку из расчета 0,2–0,5% по массе для выпечки хлебобулочных изделий. Технология выпечки при этом не изменяется.

Механохимическая активация лишайникового сырья увеличивает биодоступность компонентов в результате разрыва части химических связей (даже таких прочных, как β -гликозидных) и получения олигосахаридов из природных полисахаридов. Результатом успешной реализации механохимической обработки биосырья является увеличение в продукте более полного спектра ФАВ в биологически доступных (водорастворимых) формах (рисунок, табл. 1).

Для исследования изменения состава водорастворимых фракций лишайников при твердофазной механохимической обработке использовали метод сравнительного элементного анализа, атомно-силовой микроскопии ИК-спектроскопии.

Исследование порошков ягеля, полученного твердофазной механохимической технологией в одну стадию без применения растворителей, методом ИК-спектроскопии, показало, что характер ИК-спектров в случае всех образцов ягеля идентичен по наличию характерных функциональных групп. Набор пиков поглощения не меняется от условий обработки. Вместе с тем интенсивность всех наблюдаемых полос поглощения зависит от способа получения образца биопрепарата. Увеличение интенсивности поглощения в области валентных колебаний ОН-группы (3450–3350 см⁻¹) механохимического ягеля свидетельствует о разрыве части прочных β -гликозидных связей в исходных нерастворимых полисахаридах, входящих в состав лишайникового сырья, и, как следствие, об образовании более биодоступных β -олигосахаридов.

Наличие в ИК-спектре ряда полос (1670–1630 см⁻¹ – ОС связи сопряженных систем; 1200–1270 см⁻¹ –С–О–С– группы атомов; 1100–1000 см⁻¹ – как пиранозные циклы, так и –С–ОС– группы атомов; 900 см⁻¹ – деформационные колебания С–Н) выше для механоактивированного



образца, что свидетельствует о большей насыщенности его функциональными группами и об увеличении содержания ФАВ в исследуемом механохимическом ягеле.

Растворимость механоактивированного ягеля изучали в модельном эксперименте в условиях, приближенных к гастрэнтеральным. Гастральная среда создавалась подкислением HCl из расчета 30 мМ, условия экстракции: $t = 37^\circ\text{C}$, время – 4 ч. Энтеральную среду имитировали защелачиванием NaHCO_3 до pH 8, условия экстракции: $t = 37^\circ\text{C}$, время – 2 ч. Соотношение массы биодобавки к объему модельной среды составило 1 г/1 л. В качестве контроля рассматривали ягель грубого помола без механоактивации.

Изменения в химическом микроэлементном составе контрольных и механообработанных образцов оценивали по данным элементного анализа, который показал, что содержание металлов, входящих в состав мелющих тел, в контрольных и механоактивированных пробах изменяется в пределах ошибки опыта (см. табл. 1). Следовательно, не происходит взаимодействия органических веществ растений с материалом механоактиватора. Количество микроэлементов меняется в зависимости от условий обработки за счет их перераспределения между ФАВ. Ранее было показано, что природные лишайниковые β -олигосахариды проявляют себя как комплексообразователи с катионами металлов [7–8].

Таблица 1

Изменение водорастворимого состава (микроэлементной части) ягеля при механохимическом воздействии

№ п/п	Способ активации	Содержание микроэлементов ($\% \times 10^{-3}$ от сухой исходной массы)							
		Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Sr	Mg
1	Ягель м/а	0,117	0,961	35,27	14,455	0,234	1,107	0,479	50,4
2	Ягель м/а, экстракция гастральной средой	0,0195	0,344	5,35	14,004	0,114	0,301	0,267	39,99
3	Ягель м/а, экстракция энтеральной средой	0,065	0,310	11,5	0,30	0,113	0,91	0,36	40,1
4	Ягель груб, помола	0,111	0,980	34,92	13,252	0,202	1,1207	0,448	53,6
5	Ягель груб, помола, экстракц. гастральной средой	0,013	0,348	4,35	2,23	0,0994	0,163	0,268	21,89
6	Ягель гр. помола, экстракц. энтеральной средой	0,013	0,21	1,80	0,2	0,106	0,6	0,32	32,66

При выборе дозировки ягеля учитывали несколько факторов: необходимость максимального обогащения продуктов биологически ценными компонентами, достижение оптимальной концентрации с точки зрения их лечебного воздействия на организм, получение готовых изделий с высокими органолептическими свойствами.

Действие лишайниковой добавки «ЯГЕЛЯ-Т» доказано в экспериментах с пшеничной мукой, также смешанной в равных массах пшеничной и ржаной мукой и соответствующим хлебом.

Определение физико-химических показателей проводили по ГОСТ 21094–75 – содержание массовой доли влаги; по ГОСТ 5669–96 – пористость; по ГОСТ 5670–96 – кислотность хлебных изделий (табл. 2).

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования показали, что интервал оптимальных концентраций «ЯГЕЛЯ-Т» для обогащения муки составляет 0,2–0,5%, что в 5–6 раз меньше, чем концентрация ягеля грубого помола. Увеличение дозировки «ЯГЕЛЯ-Т» в булках и в хлебе приводит к снижению органолептических и физико-химических показателей изделий, появляется специфический вкус, увеличивается кислотность и снижается пористость. Результаты проведенных исследований позволяют заключить, что внесение «ЯГЕЛЯ-Т» в указанных концентрациях в изделия из пшеничной

и смешанной муки приводит к увеличению сырой клейковины, при этом одновременно улучшаются упругие свойства клейковины. Расплываемость шарика при добавлении ЯГЕЛЯ-Т снижается, что свидетельствует об увеличении силы муки. Укрепление клейковины, вероятно, объясняется влиянием составных компонентов ягеля (органические кислоты, олиго- и полисахариды) на клейковинные белки и возможное взаимодействие между ними, т.к. резко возрастает биодоступность его ФАВ. Хлебобулочные изделия приобретают улучшенные потребительские свойства, значительно увеличивается срок хранения (см. табл. 2). Технология выпечки при этом не изменяется.

Заключение

Механоактивация сухих слоевищ лишайников позволяет значительно снизить дозировку ягелевого сырья как пищевой добавки в хлебобулочные изделия с 1–3% до 0,2–0,5%, при этом пищевая ценность, качество хлебобулочных изделий значительно возрастают. Таким образом, кроме того, что появляется возможность выпускать продукты с повышенным сроком годности, решается также задача выпуска продуктов питания оздоровительной направленности.



Таблица 2

Показатели качества пшеничного хлеба, обогащенного ягелем

Показатель качества	Контрольный образец	1–3 % ягеля грубого помола	0,2 % ягеля механоактивированного	0,5 % ягеля механоактивированного
Поверхность	Гладкая, без крупных трещин и подрывов	Гладкая, без крупных трещин и подрывов	Гладкая, без крупных трещин и подрывов	Слегка шероховатая, без крупных трещин и подрывов
Цвет	Светло-желтый	Светло-желтый	Светло-желтый	Светло-коричневый
Состояние мякиша	Пропеченный, не влажный на ощупь, эластичный без комочков, пустот и уплотнений	Слегка влажный на ощупь, без комочков, средняя эластичность	Пропеченный, не влажный на ощупь, эластичный без комочков, пустот и уплотнений	Пропеченный, не влажный на ощупь, эластичный без комочков, пустот и уплотнений
Вкус	Свойственный данному виду изделия, без постороннего привкуса	Свойственный данному виду изделия, со своеобразным привкусом	Свойственный данному виду изделия, без постороннего привкуса	Свойственный данному виду изделия, с едва заметным привкусом
Запах	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха
Влажность мякиша, %	43	47	46	48
Кислотность, град	2,9	3,1	2,9	3,1
Пористость, %	73,0	72,0	74,0	70,0
Содержание сырой клейковины, %	27	29	30	32
Расплываемость шарика, мм	27,4	26	24,5	25,3
Срок хранения, сут	3	4	5	6

Список литературы

1. Ганичева С.И. Хитин-глюкановый комплекс – новая добавка для производства хлеба / С.И. Ганичева, Е.С. Быстрова // Хлебопечение России. – 2000. – №4. – С. 14–15.
2. Скороходова Е.В., Васюкова А.Н. Биотехнологические аспекты использования семенной оболочки сои сортов амурской селекции // Вестник КрасГАУ. – 2009. – №12. – С. 205–210.
3. Минаева В.Г. Лекарственные растения Сибири. – Новосибирск: Наука, 1991. – 431 с.
4. Сафонова М.Ю. Фармакогностическое и фармакологическое изучение слоевищ цетрарии исландской – *Cetraria islandica* (L.) Ach.: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. – СПб., 2002. – 21 с.
5. Влияние биологически активных веществ из слоевищ северных лишайников, экстрагированных различными методами, на биологические свойства микобактерий туберкулеза / Г.В. Филиппова, Н.Г. Павлов, М.М. Шашурин, Б.М. Кершенгольд // Сибирский медицинский журнал. – 2008. – №3. – С. 99–103.
6. Механохимические технологии получения биологически активных веществ из лишайников / В.В. Аньшакова, Б.М. Кершенгольд, Е.С. Хлебный, А.А. Шеин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т.13, №1. – С. 236–240.

7. Природные биологически активные вещества из тканей растений и животных Якутии: особенности состава, новые технологии, достижения и перспективы использования в медицине / Б.М. Кершенгольд, П.А. Ремигайло, А.А. Шеин и др. // Дальневосточный медицинский журнал. Приложение №1. – 2004. – С. 25–29.

8. Аньшакова В.В. Механохимические супрамолекулярные комплексы биологически активных соединений из лишайникового сырья / В.В. Аньшакова, Б.М. Кершенгольд // Биомедицинская инженерия и биотехнология: материалы Всероссийской конференции с международным участием. – Курск, 2010. – С. 25–28.

Рецензенты:

Охлопкова А.А., д.т.н., профессор, зав. лабораторией Института проблем нефти и газа, г. Якутск;

Павлова А.И., д.в.н., профессор, проректор по научной работе, директор ИПК АПК при ЯГСХА, зав. кафедрой физиологии и экологии ФВМ ФГОУ ВПО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия», г. Якутск.

Работа поступила в редакцию 20.05.2011.