

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ОБОГАЩЕНИЕ СЕЛЕНОМ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ СЕЛЕНСОДЕРЖАЩЕЙ СОЛОДОВОЙ МУКОЙ

Т.В. Кацурба¹, В.К. Франтенко¹, Н.А. Голубкина², И.Ю. Тармаева^{3,4*}

¹ Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

² ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», Московская обл., Одинцовский р-н, пос. ВНИИССОК, Россия

³ ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», Москва, Россия

⁴ Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ. Проведенный в Иркутской области медицинский мониторинг оценки современного потребления селена и йода в основных продуктах питания (хлебобулочных изделиях) показал недостаточное количество этих микроэлементов. Разработана технология производства хлеба с повышенным содержанием селена. Изучены эффективность обогащения селеном пшеничного, ржаного и ячменного солода селенитом натрия (0,033 г/л) и влияние на качество хлеба их добавок в виде порошка. Показано возрастание амилолитической активности солода под действием селенита натрия в 1,6 раза по сравнению с контролем для пшеничного солода и в 1,2 раза – для ржаного и ячменного солода. Концентрация селена в получаемом хлебе составила 120–223 мкг/кг сухой массы и была наибольшей при использовании ржаного солода, обогащенного селеном. Установлено, что потребление 300 г свежего хлеба, выпеченного с использованием солода, обогащенного селеном, может обеспечить поступление в организм человека от 32 до 60% суточной потребности человека в селене. Физико-химические показатели тестовых полуфабрикатов и готового хлеба свидетельствуют о положительном влиянии различных видов солода, обогащенных селеном, на качество получаемой продукции, в частности увеличения пористости хлеба. Выявлены корреляционные взаимосвязи между содержанием селена в солоде, в хлебе, показателем потери массы теста при брожении, пористостью хлеба и содержанием селена в хлебе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пшеничный, ржаной, ячменный солод, обогащение селеном, качество хлеба.

ВВЕДЕНИЕ

Селен является эссенциальным микроэлементом для животных и человека, обладающим антиоксидантными свойствами. Этот элемент защищает организм от вирусных, кардиологических и онкологических заболеваний, оптимизирует работу мозга, репродуктивную функцию, обладает иммуномодулирующим действием (Голубкина, Папазян, 2006). Поступая в организм человека из почвы с продуктами растениеводства и животноводства, селен представлен в продуктах питания неорганическими (селенатом, селенитом), а также органическими формами благодаря способности элемента замещать серу в природных соединениях (Голубкина, Папазян, 2006). Оптимальным количеством этого микронутриента в пищевых и кормовых продуктах в мире считается 100–300 мкг/кг сухого вещества продукта

или корма, в России оптимальное количество составляет 55–75 мкг/кг в сутки. Отечественное зерно в среднем содержит в 10 раз меньше селена, чем пшеница из эндемических регионов мира (США, Канада). Отказ от импорта пшеницы и переход на использование исключительно отечественного зерна уже к 2019 г. вызвал развитие значительных зон глубокого экологического кризиса в селенодефицитных регионах России, не имеющих собственной зерновой базы и использовавших до недавнего времени импортное зерно. К таким регионам относятся, в частности, Хабаровский край, Челябинская, Читинская и Иркутская области, где в 2018 г. был впервые выявлен глубокий дефицит этого микроэлемента (Голубкина и др., 2019).

Другим вариантом получения хлеба с высоким содержанием селена является внесение доба-

* Адрес для переписки:

Тармаева Инна Юрьевна
E-mail: t38_69@mail.ru

вок, например пекарских дрожжей (Нелюбина, и др., 2001, Scientific opinion, 2008), порошка листьев порея, обогащенных селеном (Golubkina et al., 2019). Показано, что при обогащении проростков неорганическим селеном происходит активная трансформация неорганического селена в биологически наиболее активные органические формы, прежде всего селенометионин (Tamas et al., 2010).

Более высокая пищевая ценность проростков семян сельскохозяйственных растений по сравнению с нативными семенами определяется процессами гидролиза запасных белков, интенсивным биосинтезом антиоксидантов и образованием наиболее биологически активных водорастворимых форм селена (Lintschinger et al., 2000; Sugihara et al., 2004; Zakarova et al., 2010). Представляется очевидным, что проращивание семян для получения солода может явиться перспективным направлением получения хлеба с высоким содержанием органических форм микроэлемента. Такие попытки весьма немногочисленны. Так, Муравьев с соавт. (2018) предлагает обогащать ржаной солод селеном. В Китае получен патент на технологию получения солода, обогащенного селеном, для приготовления пива и дрожжей, богатых селеном, с использованием ячменя и селенита натрия. Показано, что при общей концентрации селена в солоде 20–50 мкг/г большая часть (15–40 мкг/г) составляет органический селен (China, 2013). Исследовано влияние селена и меди на активность амилазы солода и технологические свойства муки (Antonenko et al., 2016). Установлено, что селенит натрия является интенсификатором солодоращения пивоваренного ячменя (Кацурба и др., 2018).

Солодовая мука повышает способность крахмала и клейковины к поглощению воды, позволяет ускорить гидролиз крахмала и накопить сахара, тем самым сократить время на брожение теста. Карамелизация и хрупкость зависят от содержания сахаристых веществ, при этом отмечается более привлекательная окраска хлеба (Назимова, 2017), увеличивается объем и улучшается структура хлеба.

Ц е л ь и с с л е д о в а н и я – обоснование целесообразности способа обогащения хлеба селеном при внесении в рецептуру солодовой муки, полученной по технологии соложения хлебных злаковых культур, с использованием обогащенного пшеничного, ржаного и ячменного солода раствором селенита натрия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовались: мука пшеничная хлебопекарная (высший сорт «Алейка»), дрожжи хлебопекарные прессованные (ТУ 9182-038-48975583-2011), соль поваренная пищевая (ГОСТ Р 51574-2000), вода питьевая (Сан-Пин 2.1.4.1074-01). Солод, обогащенный селеном, выращивали в лабораторной мини-солодовне (Кацурба и др., 2018) из злаковых культур, распространенных на территории Иркутской области, – ячмень «Ача», пшеница «Ирень», рожь «Бухтарминская».

Приготовление порошка солода. Злаковые культуры замачивали до степени влажности 43,5% при температуре 20 °С, с пятью кислородными паузами по 1 ч, температура в слое зерна составляла в первые и вторые сутки – 17 °С, в третьи – 19 °С, в четвертые и пятые – 20 °С. На этапе замачивания после очистки и мойки зерна использовали водный раствор селенита натрия в концентрации 0,033 г/л. Сушка производилась в две фазы: фаза I – 40–50 °С; фаза II – 60 °С; до конечной влажности 5%. Солод измельчали на лабораторной мельнице ЛЗМ-1.

Выпечка хлеба. Тесто для изделий готовили безопасным способом. В опытных вариантах пшеничная мука по рецептуре заменялась на солодовую, в количестве 2,5% от общей массы муки, и добавлялась в тесто в виде эмульсии, полученной смешиванием с водой 60 °С в течение 7 мин, взятой в количестве, необходимом для замешивания теста. Количество воды рассчитывали, исходя из данных исходной влажности муки хлебопекарной смеси.

Изготовление и выпечка хлеба осуществлялись в соответствии с производственной рецептурой хлеба пшеничного (ГОСТ 52961-2008). Брожение теста проводили в расстоечном шкафу при температуре 32 °С в течение 30 мин. Далее тесто обминали, округляли и укладывали в хлебопекарные формы. Окончательную расстойку проводили при температуре 35 °С и относительной влажности воздуха 80–85 % в течение 30–35 мин. Выпечку проводили в лабораторных условиях по стандартной технологии согласно ГОСТ 27669-88. Охлаждение готовых хлебобулочных изделий осуществляли естественным путем под тканью при комнатной температуре.

Качество хлеба. В работе применяли общепринятые методы исследований хлебопекарного сырья и полуфабрикатов. Органолептические

показатели муки оценивали в соответствии с ГОСТ Р 52189-2003; влажность – по ГОСТ 9404-88; кислотность – по ГОСТ 27493-87. Физико-химическую оценку качества заготовок проводили по показателям температуры и влажности до и после замеса и брожения теста. В процессе приготовления измеряли начальную и конечную температуру полуфабриката с помощью термометра с мерной шкалой до 100 °С с точностью до 1 °С. Объем хлеба определяли в измерителе хлеба ОХЛ-2 по ГОСТ 27669-88; пористость хлеба – по ГОСТ 5669-96; кислотность мякиша – по ГОСТ 5670-96; влажность мякиша – по ГОСТ 21094-75; титруемую кислотность – по ГОСТ 5670-96.

Содержание селена. Содержание селена в порошках сухого солода и высушенном хлебе определяли флуориметрическим методом, используя мокрое сжигание образцов смесью азотной и хлорной кислот, восстановление Se^{+6} до Se^{+4} и конденсацию образующейся селенистой кислоты с 2,3-диаминонафталином (Alfthan, 1984). Уровень селена в образцах рассчитывали по величине флуоресценции соответствующего комплекса – пиазоселенола при длине волны возбуждения 376 нм и длине волны эмиссии 519 нм.

Статистический анализ. Опытные образцы получали с пятикратной повторностью. Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием статистической компьютерной программы Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Амилолитическая активность. Для изучения способности вносимых добавок солодовой муки влиять на гидролитические процессы, способности образовывать сахара и улучшать ферментацию теста была определена их амилолитическая активность (табл. 1). Видно, что все образцы с селеном значительно (до 60%), увеличивали активность гидролитического фермента в сравнении с контрольным, что подтверждает ранее полученные данные (Кацурба и др., 2018). Наибольшее возрастание амилолитической активности солода наблюдалось для пшеничного солода в 1,6 раза по сравнению с контролем, ржаного и ячменного солода – в 1,2 раза.

Накопление селена. Максимальное накопление селена обнаружено в ржаном солоде и соответственно в хлебе, выпеченном с его использованием (табл. 2).

Таблица 1. Амилолитическая активность солода, полученного из злаковых культур с использованием раствора селенита натрия на стадии замачивания

Культура	Контроль	Se
Пшеница «Ирень»	141.9a	225.7c
Рожь «Бухтарминская»	148.4a	175.8b
Ячмень «Ача»	180.7b	220.9c

Примечание: значения с одинаковыми индексами статистически не различаются ($p > 0,05$).

Таблица 2. Содержание селена в солоде и образцах хлеба

Наименование	Солод, мкг/кг сухой массы			Хлеб, мкг/кг сухой массы	
	Контроль	Обогащенный Se	Уровень обогащения	Обогащенный Se	Уровень обогащения
Солод ячменный	18±1a	1609±20a	89.4a	120±10a	1,7
Солод ржаной	43±3b	3961±29b	92.1a	223±8b	3,2
Солод пшеничный	16±1a	2214±127c	138.4b	131±12a	19

Примечание: значения в столбцах с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p > 0,05$.

Принимая во внимание, что в среднем содержание селена в хлебе составляет 62,5%, уровень поступления селена в организм человека с 300 г свежего хлеба, содержащего солод, обогащенный селеном, составит от 22,5 до 41,7 мкг. Это соответствует 32–60% от суточной нормы

потребления микроэлемента (Голубкина, Папаян, 2006), что соответствует критериям для отнесения продукта к категории обогащенного.

Качество хлеба. Физико-химические показатели исследуемых образцов хлеба на стадиях его приготовления показаны в табл. 3. В результа-

те исследования установлено, что масса горячего хлеба во всех образцах с добавлением обогащенной селеном солодовой муки находится в интервале от 420–425 г, что по сравнению с образцами без добавления селена ниже на 0,2–1%. Потери массы хлеба наблюдались на стадии ферментации теста. При этом значительное воздействие селена на сбраживающую активность хлебопекарных дрожжей наблюдалось по увеличению объема

всех исследуемых образцов 1000–1070 см³, и превышало показатель контроля на 5–8 %.

На рис. 1 показаны образцы полученного хлеба. Увеличение объема образцов с добавлением солодовой муки обогащенной селеном напрямую связано с более активной деятельностью дрожжей, с их способностью сбраживать сахара и усиливать образование углекислого газа (Нелюбина и др., 2001).

Таблица 3. Физико-химические показатели тестовых полуфабрикатов и готового хлеба

Наименование образца	Физико-химические показатели					
	Масса теста до брожения, г	Масса теста перед выпечкой, г	Масса горячего хлеба, г	Высота, мм	Объем, см ³	Пористость мякиша, %
Хлеб из муки пшеничной высшего сорта без добавок	464,1a	457,2a	429,0a	127a	790a	70a
Добавление солодовой муки из ячменя «Ача»						
Обогащенная Se	466,6a	437,9b	425,3b	142b	1000c	67b
Контроль	46,0a	457,5a	430,1a	137c	985b	62c
Добавление солодовой муки из ржи «Бухтарминская»						
Обогащенная Se	465,5a	431,2b	425,2b	143b	1070c	66b
Контроль	466,1a	458,0a	427,0a	133c	990b	65b
Добавление солодовой муки из пшеницы «Ирень»						
Обогащенная Se	464,2a	432,1b	420,5c	148d	1020c	66b
Контроль	464,0a	453,3a	421,1c	140b	950b	57d

Примечание: значения в столбцах с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p > 0,05$.

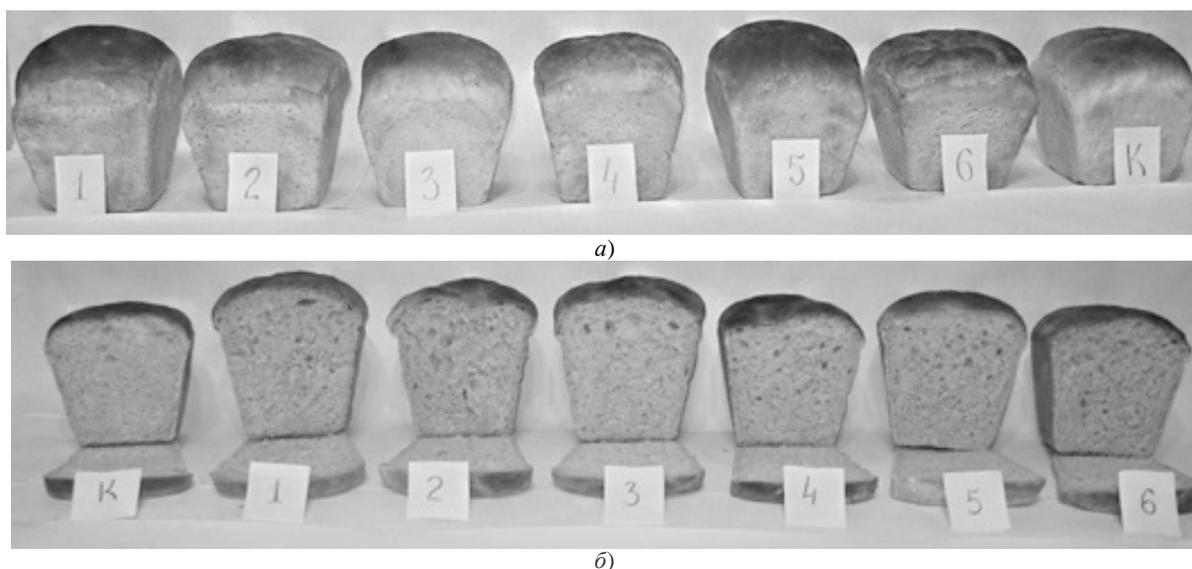


Рис. 1. Хлеб пшеничный: а – вид хлеба после выпечки, б – хлеб в разрезе

(К – контрольный образец хлеба пшеничного без добавок; образцы хлеба с добавками солодовой муки: 1 – обогащенной селеном ячменной; 2 – ячменной без обогащения; 3 – обогащенной селеном ржаной; 4 – ржаной без обогащения; 5 – обогащенной селеном пшеничной; 6 – пшеничной без обогащения)

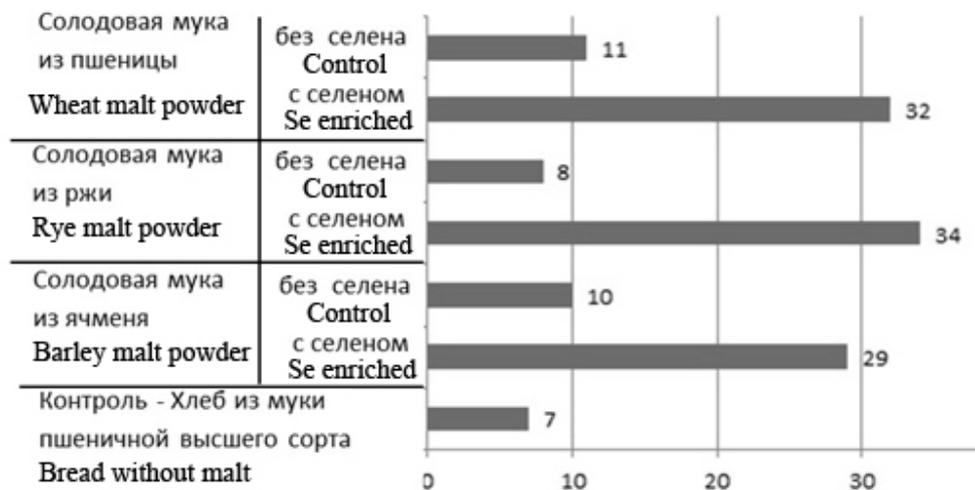


Рис. 2. Изменение показателя потери массы теста при брожении, г

Таблица 4. Органолептические показатели пшеничного хлеба

Показатель	Окраска корок	Состояние поверхности корки	Цвет мякиша	Структура пористости
Хлеб из муки пшеничной высшего сорта без добавок	Светло-золотистая	Гладкая, без трещин и подрывов, глянцевая	Светлый	Поры мелкие тонкостенные, равномерные
Добавление солодовой муки из ячменя «Ача»				
Обогащенная селеном	Темно-золотистая	Гладкая, без трещин и подрывов, глянцевая	Светло-серый	Поры различной величины, распределены в верхней части, остальные равномерные
Солодовая мука (контроль)	Светло-золотистая	Ровная, без трещин и подрывов, матовая	Светло-серый	Поры мелкие тонкостенные, равномерные
Добавление солодовой муки из ржи «Бухтарминская»				
Обогащенная селеном	Светло-золотистая	Гладкая, без трещин и подрывов, глянцевая	Светло-серый	Поры различной величины, распределены в верхней части, остальные равномерные
Солодовая мука (контроль)	Светло-золотистая	Частично неровная, без трещин и матовая	Светло-серый	Поры мелкие тонкостенные, равномерные
Добавление солодовой муки из пшеницы «Ирень»				
Обогащенная селеном	Темно-золотистая	Гладкая, без трещин и подрывов, глянцевая	Светло-желтый	Поры мелкие тонкостенные, равномерные
Солодовая мука (контроль)	Темно-золотистая	Частично неровная, без трещин и подрывов, матовая	Светло-желтый	Поры мелкие тонкостенные, равномерные

Таблица 5. Корреляционные взаимосвязи между показателями качества хлеба, амилолитической активностью и содержанием селена

Показатель	Селен солода	Амилолитическая активность	Селен хлеба
Селен солода, мкг/кг сухой массы	1	–	0,98*
Амилолитическая активность, ед/г	0,28	1	0,61**
Показатель потери массы теста при брожении, г	0,92*	0,10	0,78
Масса горячего хлеба, г	–0,27	–0,36	–0,26
Высота, мм	0,62**	0,58**	0,57**
Объем, см ³	0,64**	0,70**	0,83*
Пористость мякиша, %	0,31	–0,80**	0,74**

Примечание: * – $p < 0,001$; ** – $p < 0,01$.

Из рис. 2 видно заметное увеличение показателя потери массы теста при брожении во всех образцах с добавлением солодовой муки, обогащенной селеном, что говорит о более явных процессах образования сахаров и использования их дрожжами. Ферментация была более интенсивной при добавлении солодовой муки, обогащенной селеном из ржи, где соответственно наблюдалось выраженное увеличение объема хлеба после выпечки (табл. 1).

Органолептические показатели. Во всех образцах отмечалась правильная с заметной выпуклой верхней коркой форма, вкус и запах был выраженный, характерный хлебный, мякиш – мягкий, эластичный. В табл. 4 дополнительно приведены некоторые органолептические показатели готового хлеба с добавками солодовой муки.

Корреляционные взаимосвязи. Корреляционный анализ (табл. 5) выявил высокую положительную связь между параметрами качества хлеба и вносимой обогащенной селеном солодовой добавки. Из матрицы коэффициентов корреляции можно сделать вывод о том, что селен в солодовой добавке заметно улучшает брожение теста, влияет на увеличение высоты и объем хлеба. Накопление селена в готовом продукте напрямую зависит от его содержания в солодовой муке, её амилолитической активности и процессов, происходящих при ферментации теста.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты свидетельствуют о перспективе использования в хлебопечении солода, обогащенного селеном. Введение в рецеп-

туру 2,5% от массы муки при замесе теста солодовой обогащенной селеном муки улучшает органолептические показатели хлеба и его биологическую ценность. Установлено, что потребление 300 г свежего хлеба, выпеченного с использованием солода, обогащенного селеном, может обеспечить поступление в организм человека от 32 до 60% суточной потребности человека в селене.

ЛИТЕРАТУРА

- Голубкина Н.А., Ковальский Ю.Г., Тармаева И.Ю., Сенькевич О.А. Новые аспекты селенодефицита в России. Материалы биогеохимической школы. Тула. 13–15 июня 2019.
- Голубкина Н.А., Синдирева А.В., Зайцев В.Ф. Внутрорегиональная вариабильность селенового статуса населения. Экология юга России 2017. № 1. С. 107–127.
- Голубкина Н.А., Папазян Т.Т. Селен в питании. Растения, животные, человек. М.: Печатный город. 2006. 250 с.
- Кацурба Т.В., Евстафьев С.Н., Франтенко В.К., Демина А.И. Селенит натрия как интенсификатор солодоращения для пивоваренного ячменя. Известия ВУЗов. Прикладная биохимия и биотехнология. 2018. Т. 8. № 1. С. 67–73.
- Муравьев Л.Ю., Баракова Н.В., Хомяков Ю.В., Панова Г.Г. Получение ржаного солода, обогащенного селеном. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2018. № 1. С. 15–20.
- Назимова Е.В. Совершенствование технологии и товаро-ведная оценка хлеба с применением солодовых экстрактов: Автореф. дисс. ... канд. тех. Наук. Кемерово, 2017. 17 с.
- Нелюбина Е.В., Назаренко Е.А., Коломиец Н.Д. Влияние селена на биологические системы хлебного теста. Известия вузов. Пищевая технология. 2001. № 1. С. 24–25.
- Antonenko K., Duma M, Kreicbergs V., Kunkulberga D. The influence of microelements selenium and copper on the rye malt

amylase activity and flour technological properties. *Agronomy Research*. 2016. V. 14 (No. Special Issue II). P. 1261–1270.

Bryszewska M.A., Ambroziak W., Langford N.J., Baxter M.J., Colyer A. and Lewis D.J. The effect of consumption of selenium enriched rye/wheat sourdough bread on the body's selenium status. *Plant Foods Hum. Nutr.* 2007. V. 62. P. 121–126. DOI: doi.org/10.1007/s11130-007-0051-y

Bryszewska M.A., Ambroziak W., Diowksz A., Baxter M.J., Langford N.J. and Lewis D.J. Changes in the chemical form of selenium observed during the manufacture of a selenium-enriched sourdough bread for use in a human nutrition study. *Food Addit. Contam.* 2005. V. 22. P. 135–140. DOI: doi.org/10.1080/02652030500037787.

China pat CN 104621480A, 2013.

Golubkina N.A., Alfthan G.V. The human selenium status in 27 regions of Russia. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 1999. 13(1–2):15–20.

Golubkina N.A., Seredin T.M., Kriachko T., Caruso G., Nutritiona; features of leek cultivars and effect of selenium-enriched leaves from Goliath variety on bread physical, quality and antioxidant attributes. *Ital. J Food Sci (on-line) n.2/2019 (volume XXXI)*.

Lazo-Vélez M.A. Selenium-enriched germinated wheat, soybean and huauzontle and their effects in bread properties and colon cancer. Thesis of doctor of biotechnology. Monterrey Nuevo León. 2016

Lintschinger J., Fuchs N., Moser J., Kuehnelt D., Goessler W. Selenium-enriched sprouts. A raw material for fortified cereal-based diets. *J Agric Food Chem.* 2000.V. 48(11). P. 5362–5368.

Lyons G. High selenium wheat: biofortification for better health. *Nutr. Res. Rev.* 2003. V. 16. Iss. 1. P. 45–60.

Scientific Opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with Food (AFC) on a request from the Commission on Selenium-enriched yeast as source for selenium. *Eur. Food Safety Authority J.* 2008. V. 766. P. 1–43.

Sugihara S., Kondo M., Chihara I., Yuji M., Hattori H., Yoshida M. Preparation of selenium enriched sprouts and identification of their selenium species by high-performance liquid chromatography – Inductively coupled plasma Mass spectrometry. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 2004. V. 68(1). P. 193–199. doi:https://doi.org/10.1271/bbb.68.193.

Tamas M., Mandoki Z.S. and Csapo J. The role of selenium content of wheat in the human nutrition. A literature review. *Acta Universitatis Sapientiae Alimentaria.* 2010. V. 3. P. 5–34.

Zakarova A., Ji Yeon Seo, Hyang Yeon Kim, Jeong Hwan Kim, Jung-Hye Shin, Kye Man Cho, Choong Hwan Lee, Jong-Sang Kim Garlic Sprouting Is Associated with Increased Antioxidant Activity and Concomitant Changes in the Metabolite Profile. *J. Agric. Food Chem.* 2014. dx.doi.org/10.1021/jf500603v.

FORTIFICATION OF BREAD WITH SELENIUM ENRICHED MALT POWDER

T.V. Katsurba¹, V.K. Frantenko¹, N.A. Golubkina², I.Yu. Tarmaeva^{3,4}

¹ Irkutsk National Research Technical University, Lermontov str. 83, 664074, Irkutsk, Russia

² Federal Scientific Center of Vegetable Production, Odintsovo district, VNISSOK, Selektionsnaya 14, 143072, Moscow region, Russia

³ Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, Ust'inskiy Proezd Str. 2/14, 109240, Moscow, Russia

⁴ People's Friendship University of Russia, Miklukho-Maklaya str. 6, 117198, Moscow, Russia

ABSTRACT. The medical monitoring of the assessment of modern consumption of selenium and iodine in basic food products (bakery products) conducted in the Irkutsk region showed an insufficient number of these trace elements. The deficiency of selenium in the human body significantly increases the likelihood of various diseases. A technology of production of bread with a high content of selenium is developed. The increase in the amylolytic activity of malt under the action of sodium selenite was shown to be 1.6 times compared with the control for wheat malt and 1.2 times for rye and barley malt. It was determined that in order to obtain wheat enriched with selenium, it is necessary to replace wheat flour with malt flour in an amount of 2.5% of the total mass. The content of selenium in the products was determined by the fluorometric method. The concentration of selenium in the resulting bread was 120–223 µg/kg dry weight and was highest when using rye malt enriched with selenium. It is found that the consumption of 300 g of fresh bread, baked with the malt, enriched with selenium, can provide the human body with 32% to 60% of the daily nutritional need in selenium. Physical and chemical parameters of the test semi-finished products and finished bread indicate a positive effect of different types of malt enriched with selenium on the quality of the products, in particular increasing the porosity of bread. Correlations identified between: the selenium content in the malt, in the bread, the figure of weight loss of the dough during fermentation, the porosity of bread and the selenium content in bread.

KEYWORDS: wheat, rye, barley malt, selenium fortification, bread quality.

REFERENCES

- Golubkina N.A., Kovalsky Y.G., Tarmaeva I.Y., Senkevich O.A. New aspects of selenium deficiency in Russia. Proceedings of biogeochemical school. Tula. June 2019.
- Golubkina N.A., Sindireva A.V., Zaitsev V.F. Intergerional variability fo the human selenium status. Ecology of Russian South. 2017.
- Golubkina N.A., Papazyan T.T. Selenium in nutrition. Plants, animals, human beings. M., 2006.
- Katsurba T.V., Evstafiev S.N., Frantenko V.K., Demina A.I. Sodium selenite as a stimulator of malt production for barley. *Izvestia VUZov. Applied biochemistry and biotechnology*. 2018.
- Muraviev L.Y., Barakova N.V., Khomyakov Y.V., Panova G.G. Production of rye malt enriched with seleniuj. *Scientific Journal NIU ITMO. Iss. "Processes and food production apparatus"*. 2018.
- Nazimova E.V. Improvement of technology and bread quality evaluation using malt extracts. PD Thesis. Kenerovo. 2017
- Nelubina H.V., Nazarenko E.A., Kolomiets N.D. Effect of selenium on biologica; systemns of bread dough. *Izvestiz VUZov. Food Industry*. 2001
- Antonenko K., Duma M, Kreicbergs V., Kunkulberga D. The influence of microelements selenium and copper on the rye malt amylase activity and flour technological properties. *Agronomy Research*. 2016. V. 14 (No. Special Issue II). P. 1261–1270.
- Bryszewska M.A., Ambroziak W., Langford N.J., Baxter M.J., Colyer A. and Lewis D.J. The effect of consumption of selenium enriched rye/wheat sourdough bread on the body's selenium status. *Plant Foods Hum. Nutr.* 2007. V. 62. P. 121–126. DOI: doi.org/10.1007/s11130-007-0051-y
- Bryszewska M.A., Ambroziak W., Diowksz A., Baxter M.J., Langford N.J. and Lewis D.J. Changes in the chemical form of selenium observed during the manufacture of a selenium-enriched sourdough bread for use in a human nutrition study. *Food Addit. Contam.* 2005. V. 22. P. 135–140. DOI: doi.org/10.1080/02652030500037787.
- China pat CN 104621480A, 2013.
- Golubkina N.A., Alfthan G.V. The human selenium status in 27 regions of Russia. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 1999. 13(1–2):15–20.
- Golubkina N.A., Seredin T.M., Kriachko T., Caruso G., Nutritiona; features of leek cultivars and effect of selenium-enriched leaves from Goliath variety on bread physical, quality and antioxidant attributes. *Ital. J Food Sci (on-line) n.2/2019 (volume XXXI)*.
- Lazo-Vélez M.A. Selenium-enriched germinated wheat, soybean and huauzontle and their effects in bread properties and colon cancer. Thesis of doctor of biotechnology. Monterrey Nuevo León. 2016
- Lintschinger J., Fuchs N., Moser J., Kuehnelt D., Goessler W. Selenium-enriched sprouts. A raw material for fortified cereal-based diets. *J Agric Food Chem.* 2000.V. 48(11). P. 5362–5368.
- Lyons G. High selenium wheat:biofortification for better health. *Nutr. Res. Rev.* 2003. V. 16. Iss. 1. P. 45–60.
- Scientific Opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with Food (AFC) on a request from the Commission on Selenium-enriched yeast as source for selenium. *Eur. Food Safety Authority J.* 2008. V. 766. P. 1–43.
- Sugihara S., Kondo M., Chihara I., Yuji M., Hattori H., Yoshida M. Preparation of selenium enriched sprouts and identification of their selenium species by high-performance liquid chromatography – Inductively coupled plasma Mass spectrometry. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 2004. V. 68(1). P. 193–199. doi:https://doi.org/10.1271/bbb.68.193.
- Tamas M., Mandoki Z.S. and Csapo J. The role of selenium content of wheat in the human nutrition. A literature review. *Acta Universitatis Sapientiae Alimentaria.* 2010. V. 3. P. 5–34.
- Zakarova A., Ji Yeon Seo, Hyang Yeon Kim, Jeong Hwan Kim, Jung-Hye Shin, Kye Man Cho, Choong Hwan Lee, Jong-Sang Kim Garlic Sprouting Is Associated with Increased Antioxidant Activity and Concomitant Changes in the Metabolite Profile. *J. Agric. Food Chem.* 2014. dx.doi.org/10.1021/jf500603v|