

Антиоксидантные свойства хлебобулочных изделий из пшеничной муки с использованием нетрадиционных видов сырья

Белявская Ирина Георгиевна

профессор кафедры

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, город Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: belyavskaya@mgurp.ru

Актуальность проведения исследований представлена в соответствии с программой государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения, обоснована необходимость оценки антиоксидантных свойств хлебобулочных изделий, дано обоснование выбора дополнительных рецептурных компонентов хлебопекарного производства в качестве источника антиоксидантов, изучено влияние микроводоросли спирулины, порошка ламинарии, экстракта цикория, сухой пшеничной клейковины, экстракта зеленого чая, гидролактивина, порошка листьев амаранта, шрота амаранта, представлены сравнительные результаты органолептических, физико-химических показателей качества и антиоксидантной емкости гидрофильной и липофильной фракций готовых изделий, установлено влияние исследуемых рецептурных компонентов на показатель антиоксидантной емкости хлебобулочных изделий, изученные закономерности в совокупности с ранее полученными результатами положены в основу разработки классификации хлебобулочных изделий по показателю антиоксидантной емкости.

Ключевые слова: порошок микроводоросли спирулины, экстракт зеленого чая, экстракт цикория, продукты переработки амаранта, ламинария пищевая, сухая пшеничная клейковина, катион-радикалу ABTS•+, гидрофильная и липофильная фракция, хлебобулочные изделия

Государственная политика Российской Федерации в области формирования основ здорового образа жизни неотъемлема от обеспечения системы здорового питания населения, что подтверждается принятыми международными и национальными документами: Московской декларацией «Первой глобальной министерской конференцией по здоровому образу жизни и неинфекционным заболеваниям», организованной Правительством РФ, ООН и ВОЗ, планом мероприятий по реализации «Основ государственной политики РФ в области здорового питания населения на период до 2020 г.» и «Стратегией повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г.», утверждённой распоряжением Правительства РФ от 29 июня 2016 г. №1364-р.

Достоверно установлено, что помимо незаменимых пищевых веществ макронутриентов (белка, жиров и углеводов, в том числе пищевых волокон) организму для нормального развития и жизнедеятельности необходимо употреблять микронутриенты – витамины, минеральные вещества, а также минорные и биологически активные вещества с установленным физиологическим действием.

С развитием науки расширяются знания о спектре веществ, необходимых человеку. Все эти вещества в определенном количестве содержатся в природном сырье – источнике антиоксидантов. Открытие механизмов воздействия свободных радикалов тесно связано с изучением антиоксидантных свойств витаминов, ферментов и некоторых других химических соединений, замедляющих или обезвреживающих радикальные окислительные процессы, происходящие как в организме человека, так и в пищевых продуктах (Берберова, 2000; Владимиров, 2000; Костюк, Потапович, 2004). В продуктах окислительные процессы преимущественно связаны с перекисным окислением жиров. Опасность для человека представляет избыточное накопление свободных радикалов в организме, вызывающее состояние, названное «окислительным стрессом». Он возникает, когда баланс антиоксидантов и окислителей смещается в сторону последних. Окислительный стресс может вызывать различные патологические изменения в организме и являться причиной некоторых заболеваний, а также причиной преждевременного старения. Поэтому многие исследователи считают, что

умеренное потребление антиоксидантов приводит к профилактике некоторых опасных болезней и даже замедлению преждевременного старения, что особенно актуально при сложившейся неблагоприятной экологической обстановке во многих крупных городах, и других факторов также отрицательно влияющих на здоровье человека (Болдырев, 2001; Кулинский, 1999; Тодоров, 2007; Яшин, Рыжнев, Яшин, Черноусова, 2009).

Хлебобулочные изделия – продукты массового ежедневного потребления, в связи с этим целесообразно увеличивать их пищевую ценность и потребительские свойства. Чтобы у человека была ежедневная возможность восполнить необходимое количество антиоксидантов в организме, исследователями осуществляются попытки создания рецептур и инновационных технологий диетических пищевых продуктов. Разработка технологии хлебобулочных изделий, обладающих повышенными антиоксидантными свойствами, является актуальной с точки зрения совершенствования структуры питания населения (Макарова, Бординова, 2011).

В хлебе, как и во многих пищевых продуктах, содержатся антиоксиданты. Источником антиоксидантов хлебобулочных изделий является основное и дополнительное сырьё. Одним из источников антиоксидантов в хлебе может являться мука – основной рецептурный компонент. Дрожжи хлебопекарные также содержат вещества, проявляющие антиоксидантные свойства. Кроме того, источником антиоксидантов могут быть и полуфабрикаты, на основе которых готовят хлеб – закваски. Примером может служить витаминная пшеничная закваска, при изготовлении которой используется специальный штамм дрожжей (*Bullera armeniosa* Сб-206), которые способны синтезировать каротин в мучной среде (Афанасьева, 2003; Матвеева, Белявская, 2001). В качестве мощных источников антиоксидантов в хлебе могут выступать различные виды нетрадиционного сырья: овощные и фруктовые пюре, продукты переработки различных злаковых культур (гречневая мука, злаковые зародыши и др.), экстракт зелёного чая, продукты переработки различных растений и др. В настоящее время проводятся поиски новых видов нетрадиционного сырья, обладающего различными полезными свойствами для организма человека, в том числе и антиоксидантными, а также разработка новых технологий пищевых продуктов на основе этого сырья. Анализ литературных данных показал, что в хлебобулочных изделиях имеются в наличии различные антиоксиданты: фенольные

соединения (флавоноиды и др.), токоферолы и токотриенолы (витамин Е), фитиновая кислота (инозитол гексафосфата), восстановленный глутатион, фермент супероксиддисмутаза и др. (Michalska et al., 2007; Wronkowska et al., 2010).

В настоящее время активно идут исследования в различных странах по определению антиоксидантов в пищевых системах (Яшин, 2010; Chen, Chang, Yang, Chen, 2004; Michalska et al., 2007; Wronkowska et al., 2010; Wu et al., 2004; Zielińska, Szawara-Nowak, Zieliński, 2007), но всё же показатели антиоксидантной ёмкости некоторых продуктов изучены недостаточно. Для адекватного представления о закономерностях влияния дополнительного рецептурного сырья на антиоксидантные свойства хлебобулочных изделий требуется проведение экспериментов, накопление и обработка статистического материала.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись хлебобулочные изделия, приготовленные однофазным безопасным способом, дополнительные рецептурные компоненты (порошок спирулины, произведённый НПО «Биосоляр МГУ» (ТУ 9284-004-17230230-03); порошок ламинарии пищевой, произведённый ОАО «Архангельские водоросли» (ТУ 9284-039-00462769-02 «Водоросли беломорские сушёные пищевые»); цикорий растворимый порошкообразный, произведённый ООО «Кофейная компания «Вокруг света» (ТУ 9198-001-52652769-01); клейковина пшеничная сухая (ГОСТ Р 53511-2009 «Глютен пшеничный. Технические условия»); гидролактин кальциевый сухой, произведённый ЗАО «Агрофирма Оптима» по заказу ООО «ПТК «Лактив» (ТУ 9229-001-61536200-11); порошок экстракта зелёного чая, произведённый ЗАО «Кахети» (ТУ 9191-015-17089352-04), листья амаранта сухие (ТУ 9376-00244538054-01 «Амарант сушёный»); шрот амаранта (ТУ 9199-002-10140736-2000).

Приготовление проб хлебобулочных изделий проводили в лабораторных условиях кафедры «Высокотехнологичные производства пищевых продуктов». Рецепт включал муку пшеничную хлебопекарную 1 сорта (ГОСТ Р 52189-2003), дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ Р 54731-2011), соль поваренную пищевую (ГОСТ Р 51574-2000), один из исследуемых дополнительных рецептурных компонентов и

воду питьевую. Контрольная проба не содержала дополнительных рецептурных компонентов. Тесто замешивали на тестомесильной машине марки «Diosna» в течение 5 минут. Соль поваренную пищевую вносили в растворенном виде, дрожжи прессованные хлебопекарные в виде суспензии. Брожение теста проводили при температуре 30–32°C, продолжительность которого составляла 90 мин, во время брожения теста проводили обминку через час. Тесто разделяли на куски массой 400 г, укладывали в формы для выпечки, которые помещали в расстойный шкаф «Элемер» и проводили расстойку при температуре 35–38°C и относительной влажности воздуха 75–80%. Готовность тестовых заготовок к выпечке определяли по органолептическим показателям. После расстойки тестовые заготовки выпекали в печи «Miwe condo» при $T = 220^{\circ}\text{C}$ в течение 25 мин. Готовые хлебобулочные изделия охлаждали при температуре 18–25°C, оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям в соответствии с общепринятыми методиками, также определяли антиоксидантную емкость.

Определение антиоксидантной емкости (АОЕ) исследуемых дополнительных рецептурных компонентов и хлебобулочных изделий с их внесением проводили в лаборатории группы аналитической биохимии ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН спектрофотометрическим методом по отношению к катион-радикалу $\text{ABTS}^{\bullet+}$ (Perez-Jimenez, Saura-Calixto, 2007; Re et al., 1999). Измерение антиоксидантной емкости в данном методе основано на реакции обесцвечивания катион-радикала $\text{ABTS}(2,2\text{'-азино-ди-[3-этилбензтиазолин сульфат]})$ в присутствии антиоксидантов, которые способны обрывать свободнорадикальные цепные реакции. Стадии метода определения включают: неферментативную генерацию катион-радикала $\text{ABTS}^{\bullet+}$, экстрагирование из объектов исследования липофильной и гидрофильной фракций, последовательное измерение оптической плотности растворов, содержащих данные фракции (поочередно) и катион-радикал $\text{ABTS}^{\bullet+}$, расчет АОЕ. Измерения проводили на спектрофотометре при длине волны 734 нм. Антиоксиданты, содержащиеся в тестируемой пробе, подавляли развитие окраски пропорционально их концентрации в образце. Методика определения АОЕ по катион-радикалу $\text{ABTS}^{\bullet+}$ была оптимизирована для исследуемых добавок и хлебобулочных изделий. Стандартом при оценке АОЕ являлся водорастворимый аналог витамина Е – тролокс, по которому осуществляли

калибровку для липофильной и гидрофильной АОЕ тролокса. АОЕ выражали в эквивалентах тролокса (мкмоль ТЭ) в расчете на г сухого веса.

Результаты и их обсуждение

Выбор исследуемых дополнительных рецептурных компонентов хлебопекарного производства обусловлен их химическим составом, пищевой, биологической и физиологической ценностью. Микроводоросль спирулина рассматривается как нетрадиционный вид сырья хлебопекарного производства, обладающий высокой пищевой ценностью (Гришина, 2012). Полученные из литературных источников данные свидетельствуют об эффективности и безопасности спирулины и её компонентов, проявляющих иммуностимулирующее и адаптогенное действие на организм. Это обусловлено наличием в составе спирулины фикоцианина, значительного количества белка (60–65%), содержащего все незаменимые аминокислоты, широкого спектра каротиноидов, витаминов группы В, витамина Е, микро- и макроэлементов, эссенциальной γ -линоленовой кислоты.

Порошок ламинарии пищевой – источник пищевых волокон, в том числе альгината натрия, органических кислот, витаминов, микроэлементов (среди которых особое значение приобретает йод), макроэлементов и биологически активных веществ. Наиболее известными из них являются полиненасыщенные жирные кислоты омега-3; производные хлорофилла; полисахариды; сульфатированные галактаны; фукоиданы; глюканы; пентины; альгиновая кислота, а также лигнины, являющиеся ценным источником пищевых волокон; фенольные соединения; ферменты; растительные стерины, витамины, каротиноиды, макро- и микроэлементы.

Сухая пшеничная клейковина – представляет собой глиадин-глютениновую фракцию белков пшеницы и является натуральных хлебопекарным улучшителем, корректирующим свойства муки. По химическому составу сухая пшеничная клейковина представлена белками, содержит незначительное количество углеводов и может быть использована для низкоуглеводных сортов хлебобулочных изделий, что обуславливает оценку ее антиоксидантных свойств.

Экстракт цикория является источником инулина, углеводов и белков, витаминов А, К, Е, С, В₆ и В₉,

а также таких минералов как К, Na, P, Mn, Ca, Mg, Zn, Se и других. В нем присутствуют кумарины, полифенолы, пектины (Пащенко, Жаркова, Пащенко, Корниенко, 2006).

Экстракт зеленого чая – сложный и разнообразный по своему химическому составу продукт, насчитывающий более 300 веществ и соединений. Значительное количество в составе экстракта зеленого чая представляют полифенольные соединения (биофлавоноиды) и продукты их превращения. Фенольные соединения обладают антиоксидантной активностью, проявляющейся в способности гасить свободно-радикальные процессы окисления жиров. Важной особенностью фенольных соединений является способность связывать ионы тяжелых металлов в устойчивые комплексы, тем самым лишая последних каталитического действия (Жамукова, 2006; Пучкова, Белявская, Жамукова, 2004).

Амарант – широко распространенный род преимущественно однолетних травянистых растений с мелкими цветками, собранными в соцветия. В настоящее время имеются различные продукты переработки амаранта, например, амарантовый шрот и листья амаранта (Железнов, 2005). Листья амаранта содержат до 29% в пересчете на сухое вещество белка, включающего практически все незаменимые аминокислоты. Также в листьях содержится большое количество витамина С (68 мг/100 г сырой массы) и каротина (5,7 мг/100 г сырой массы), что гораздо больше, чем во многих овощных и бахчевых культурах. Белки листьев амаранта хорошо сбалансированы по набору незаменимых аминокислот и имеют высокий уровень содержания лизина, благодаря чему можно считать молодые листья ценным продуктом питания. Листья амаранта особенно

богаты кальцием (20 000 мг Ca^{2+} / 100 г сухого вещества), железом и калием [14]. Шрот амаранта, получаемый путем выделения из амарантовых семян масла, богат клетчаткой (3,7-5,7%) и белком, в который также входят все незаменимые аминокислоты. Липиды шрота амаранта содержат большое количество полиненасыщенных жирных кислот и особое вещество – сквален (8% к массе липидов), который выполняет роль регулятора липидного и стероидного обмена и обладает антиоксидантными свойствами. Шрот амаранта содержит биологически активные компоненты – фитостеролы, которые снижают уровень холестерина в организме, а также объема его всасывания в кишечнике (Wronkowska et al., 2010).

Гидролактивин – порошок белого с легким оттенком кремового цвета, обладающий молочным запахом и характерным вкусом. В его состав входит около 73% лактата кальция, аминокислоты, витамины, различные микроэлементы, также он содержит живые культуры лактобактерий (*Lac. acidophilum*) в количестве 10^7 КОЕ/г. Гидролактивин улучшает переваривание и усваивание пищи, увеличивается усваиваемость фосфора из других пищевых продуктов. Содержащиеся в нем микроэлементы способствует развитию лактобактерий в желудочно-кишечном тракте. Гидролактивин содержит около 10% белка в легко перевариваемой форме. Наличие витаминов группы В в гидролактивине способствует повышению иммунной функции организма, активизирует белковый, углеводный и жировой обмен, улучшает процесс кроветворения, общую резистентность организма. Лактобактерии в совокупности с аминокислотами, витаминами и минеральными веществами обеспечивают пробиотические и пребиотические свойства гидролактивина.

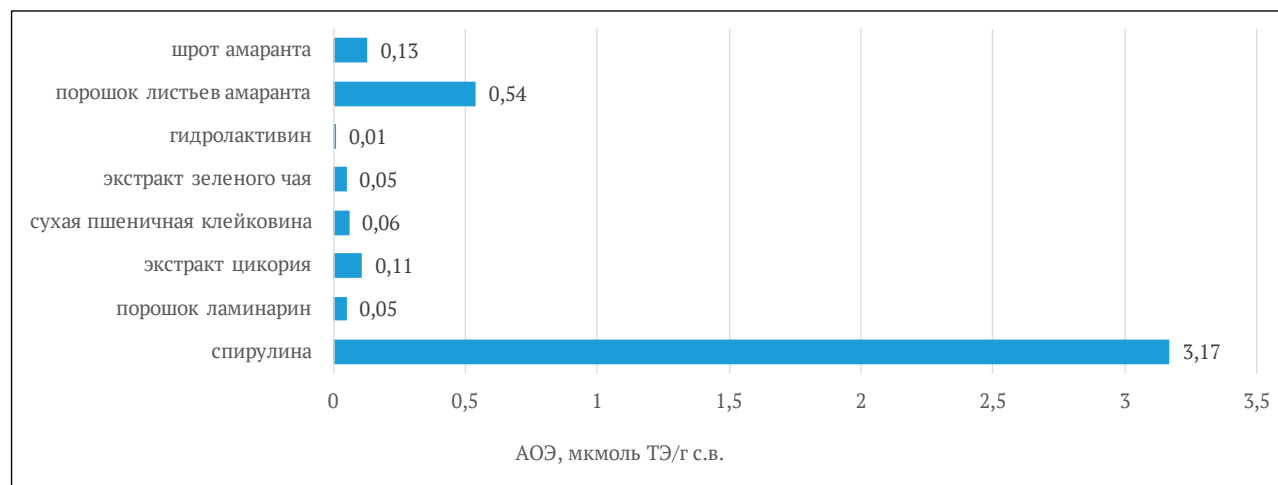


Рисунок 1. Значения АОЭ липофильной фракции исследуемых дополнительных рецептурных компонентов.

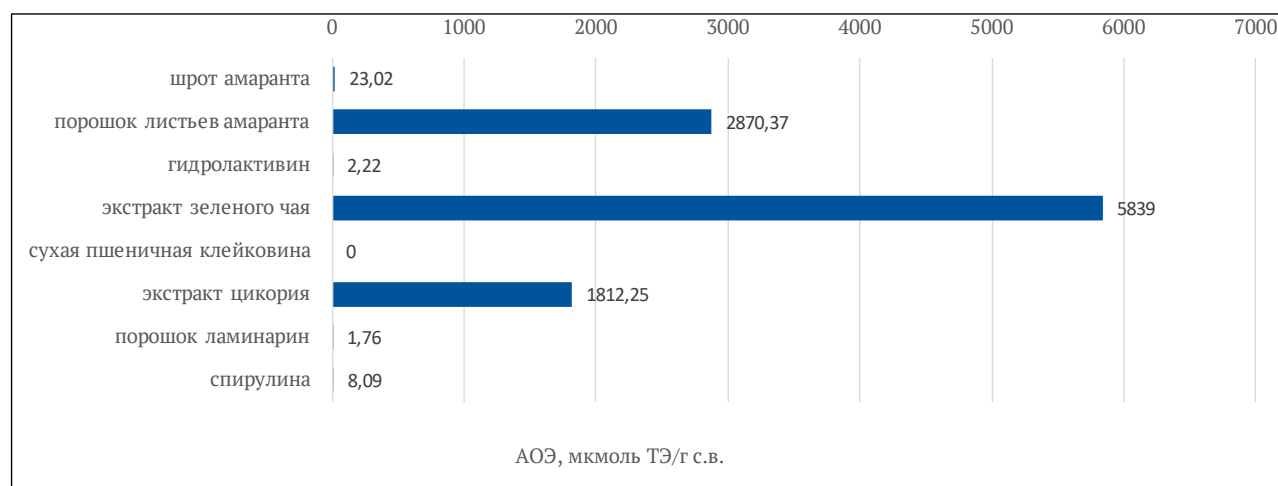


Рисунок 2. Значения АОЕ гидрофильной фракции исследуемых дополнительных рецептурных компонентов.

Проводили определение антиоксидантной емкости антиоксидантной емкости липофильной и гидрофильной фракций исследуемых дополнительных рецептурных компонентов и проб хлебобулочных изделий с их внесением. Результаты определения показателя АОЕ исследуемых рецептурных компонентов представлены на Рисунках 1 и 2.

Установлено, что порошок микроводоросли спирулины имел наибольшее значение показателя АОЕ липофильной фракции, которое составило 3,17 мкмоль ТЭ/г с.в., что в 5,87 раз выше, чем у порошка листьев амаранта (значение АОЕ - 0,54 мкмоль ТЭ/г с.в.). Шрот амаранта и экстракт цикория обладали более низкими значениями антиоксидантной емкости 0,11-0,13 мкмоль ТЭ/г с.в., что в 24,4 раза меньше, чем у спирулины. Остальные исследуемые дополнительные рецептурные компоненты (гидролактивин, экстракт зеленого чая, порошок морских водорослей ламинарии и сухая пшеничная клейковина) имели незначительные величины определяемого показателя от 0,01 до 0,06 мкмоль ТЭ/г с.в.

Высокое значение антиоксидантной емкости липофильной фракции порошка микроводоросли спирулины вероятно обусловлено наличием в ее составе каротиноидов и хлорофилла.

Сравнительная оценка АОЕ гидрофильной фракции выявила значительный показатель у экстракта зеленого чая (5839 мкмоль ТЭ/г с.в.), что почти в два раза выше, чем у порошка листьев амаранта и в 3,2 раза выше, чем у экстракта цикория. Шрот амаранта и спирулина обладали невысокими значениями показателя АОЕ

гидрофильной фракции – 23,02 и 8,09 мкмоль ТЭ/г с.в., соответственно. Гидрофильные фракции гидролактивина, сухой пшеничной клейковины и порошка ламинарии практически не обладали антиоксидантными свойствами. Высокие значения АОЕ гидрофильной фракции экстракта зеленого чая связано с наличием флавоноидов и катехинов, проявляющих свойства антиоксидантов.

В работе проводили теоретический расчет показателей антиоксидантной емкости липофильной и гидрофильной фракций хлебобулочных изделий с внесением дополнительных рецептурных компонентов исходя из установленных значений АОЕ. Кроме того, установлены фактические экспериментальные значения этих показателей, величины которых представлены в Таблице 1.

Анализ экспериментальных данных исследования липофильных фракций проб хлебобулочных изделий показал отсутствие влияния исследуемых дополнительных рецептурных компонентов на величину показателя АОЕ по отношению к катион-радикалу ABTS•⁺, значение которого составляло 0,05 мкмоль ТЭ/г с.в. При этом использование в рецептуре порошка микроводоросли спирулины, обладающей значением АОЕ - 3,17 мкмоль ТЭ/г с.в., не увеличивало значение этого показателя в хлебобулочных изделиях. Этот факт можно объяснить незначительным количеством спирулины (1% к массе муки) в готовых изделиях, а также изменениями, происходящими в результате процессов созревания теста и температурного воздействия на структурные компоненты изделий. Таким образом, с целью повышения антиоксидантной емкости липофильной фракции хлебобулочных изделий должен быть продолжен

Таблица 1

Показатели АОЕ по отношению к катион-радикалу ABTS•+ хлебобулочных изделий из пшеничной муки 1 сорта с различными дополнительными рецептурными компонентами

Наименование дополнительных рецептурных компонентов	Экспериментальные значения АОЕ (мкмоль ТЭ/г с.в.)	
	липофильной фракции хлебобулочных изделий	гидрофильной фракции хлебобулочных изделий
Контроль (без внесения добавок)	0,05	2,31
Порошка спирулины	на уровне контроля	на уровне контроля
Порошка ламинарии	на уровне контроля	на уровне контроля
Экстракт цикория	на уровне контроля	на уровне контроля
Клейковина пшеничная	на уровне контроля	на уровне контроля
Экстракт зелёного чая	на уровне контроля	39,01
Гидролактивин	на уровне контроля	2,58
Порошок листьев амаранта	на уровне контроля	2,99
Шрот амаранта	на уровне контроля	3,18

подбор новых рецептурных компонентов.

Абсолютные значения изменения показателей АОЕ гидрофильной фракции хлебобулочных изделий по отношению к контрольной пробе без внесения дополнительных рецептурных компонентов представлены на Рисунке 3. Экспериментально установлено, что наибольшим показателем АОЕ по отношению к катион-радикалу ABTS•+ обладали пробы хлебобулочных изделий с добавлением экстракта зеленого чая, изменение показателя АОЕ составило 36,7 мкмоль ТЭ/г с.в.

Значения АОЕ по отношению к катион-радикалу ABTS•+ хлебобулочных изделий с внесением экстракта зеленого чая, порошка листьев амаранта и цикория оказались ниже, чем рассчитанные теоретически. Вероятно, антиоксиданты, содержащиеся в исследуемых дополнительных рецептурных компонентах,

разрушаются под влиянием процесса брожения полуфабрикатов хлебопекарного производства, а также воздействием температуры, которой подвергаются тестовые заготовки в процессе выпечки. Несмотря на эти условия, экстракт зеленого чая в хлебобулочных изделиях сохранил 62% от теоретически рассчитанного значения АОЕ по отношению к катион-радикалу ABTS•+ гидрофильной фракции. В то же время, установлено значительное снижение показателя АОЕ по сравнению с теоретически рассчитанным значением для изделий с применением в качестве дополнительного рецептурного компонента порошок листьев амаранта и экстракт цикория. При проведении экспериментов обнаружен феномен увеличения расчетных значений показателя АОЕ гидрофильной фракции хлебобулочных изделий с внесением шрота амаранта и гидролактивина в рецептуру изделий из муки пшеничной хлебопекарной 1 сорта. Так,

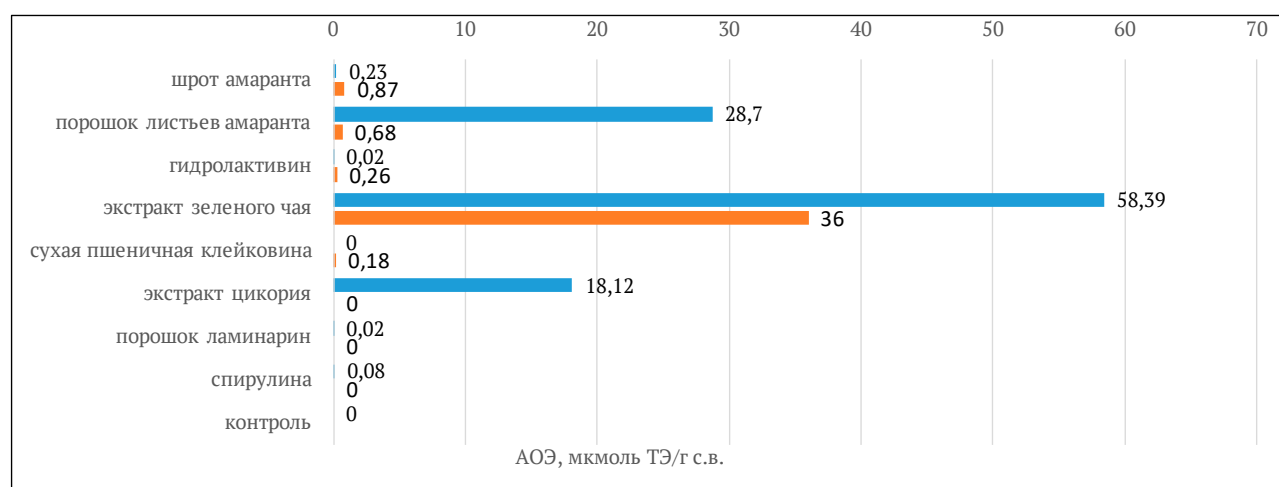


Рисунок 3. Расчетные и фактические значения изменения показателя АОЕ гидрофильной фракции хлебобулочных изделий по отношению к контролю.

наблюдалось увеличение значения показателя АОЕ изделий с гидролактивином на 0,24 мкмоль ТЭ/г с.в., а шротом амаранта – на 0,64 мкмоль ТЭ/г с.в., что оказалось выше теоретически обоснованных расчетных данных. Это может быть связано с синергизмом компонентов хлебобулочных изделий и исследуемых добавок, влиянием на процесс формирования антиоксидантной емкости сложнейших физико-химических, биохимических и микробиологических процессов, протекающих при производстве готовых изделий обусловленных деятельностью специфической микрофлоры полуфабрикатов хлебопекарного производства.

Оценку влияния дополнительных рецептурных компонентов на качество хлебобулочных изделий проводили по результатам пробных лабораторных выпечек на основании органолептических и физико-химическим показателям качества. Органолептическую оценку проводили по следующим показателям: внешний вид (состояние

поверхности корки, окраска корки), состояние мякиша (характер пористости, цвет мякиша, эластичность мякиша, разжевываемость мякиша), аромат и вкус. Результаты балльной оценки показателей качества с учетом коэффициентов весомости (Таблица 2) показали высокие характеристики всех исследуемых проб хлебобулочных изделий. Проба хлебобулочного изделия с внесением сухой пшеничной клейковины имела среднюю балльную оценку на 6 баллов выше контрольной пробы, а с внесением гидролактивина - на 2 балла соответственно. Остальные пробы хлебобулочных изделий имели меньшее значение балльной оценки показателей качества по сравнению с контрольной пробой.

Оценку физико-химических свойств исследуемых хлебобулочных изделий проводили по следующим показателям влажность, удельный объем мякиша, общая, упругая и пластическая деформация мякиша, кислотность (Яшин, Яшин,

Таблица 2

Балльная оценка хлебобулочных изделий с внесением дополнительных рецептурных компонентов

Наименование показателей качества хлебобулочных изделий	Значения показателей качества хлебобулочных изделий (балл) при внесении в рецептуру									Коэффициент весомости
	конт роль (без добавок)	спи рулины	лами нарии	экстракта цикория	клейко вины пшенич ной	экт ракта зелё ного чая	гидро лакти вина	порошка листьев амаранта	шрота амаранта	
Объем	3,8	4,0	4,4	4,2	5,0	3,8	4,2	3,8	3,8	3,0
Правильность формы	4,0	4,0	3,5	3,5	5,0	3,5	4,0	4,0	4,0	1,0
Формоустойчи- вость	4,4	4,5	4,6	4,5	4,9	4,4	4,5	4,4	4,4	2,0
Окраска корки	4,8	3,5	4,8	4,8	4,8	4,8	4,6	4,8	4,8	1,0
Состояние поверхности корки	4,2	4,0	4,1	4,1	4,9	4,1	4,2	4,1	4,1	1,0
Цвет мякиша	4,2	3,6	4,0	3,8	4,3	4,0	4,3	3,8	4,0	2,0
Структура пористости	4,1	4,0	4,0	3,9	4,2	4,1	4,2	4,0	4,0	1,5
Реологические свойства мякиша	4,5	4,6	4,4	4,6	4,8	4,3	4,4	4,3	4,5	2,5
Аромат	4,8	4,0	4,0	4,2	4,6	4,4	4,8	4,1	4,5	2,5
Вкус	4,6	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,7	4,5	4,5	2,5
Разжевывае- мость мякиша	4,5	4,5	4,5	4,4	4,6	4,5	4,6	4,5	4,5	1,0
Суммарный балл	87	82	84	84	94	84	89	83	85	-

Таблица 3

Физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий с внесением дополнительных рецептурных компонентов

Наименование показателей качества хлебобулочных изделий	Значения показателей качества хлебобулочных изделий (балл) при внесении в рецептуру								
	контроль (без доба вок)	спи рулины	лами нарии	экст ракта цико рия	клейко- вины пшенич ной	экст ракта зеле ного чая	гид ролак тиви на	порошка листьев амаранта	шрота амаран та
Влажность, %	43,5	43,4	43,1	43,5	43,1	43,3	43,5	43,4	43,5
Удельный объем хлеба, см ³ /г	3,28	3,41	3,63	3,53	4,28	3,30	3,48	3,32	3,12
Изменение удельного объема по отношению к контрольной пробе, %	0	4,0 ↑	10,7 ↑	7,6 ↑	30,0 ↑	0,6 ↑	6,1 ↑	1,21↑	4,9↓
Кислотность, град	1,5	1,6	1,6	1,6	1,5	1,6	1,5	1,6	1,5
Формоустойчивость (H/D)	77	78	80	79	83	77	79	77	76
Общая деформация мякиша, ед. прибора	98,8	99,8	94,2	114	120,4	88,8	94	90,2	107,8
Изменение общей деформации мякиша по отношению к контрольной пробе, %	0	0	4,5↓	15,4↑	21,9↑	10,1↓	4,8↓	8,7↓	9,1↑
Упругая деформация мякиша, ед. прибора	72,6	73	68,8	84,4	83,8	63,8	67,2	66,2	87
Изменение упругой деформации мякиша по отношению к контрольной пробе, %	0	0,5↑	5,2↓	16,3↑	15,4↑	12,1↓	7,4↓	9,7↓	19, 8↑
Пластическая деформация мякиша, ед. прибора	26,2	26,8	25,4	29,6	36,6	25,0	26,8	24,0	20,8
Изменение пластической деформации мякиша по отношению к 0 контрольной пробе, %		2,3↑	3,0↓	9,5↑	39,7↑	4,8↓	2,3↑	8,4↓	20,6↓

2009). Результаты проведенных исследований представлены в Таблице 3.

Анализ результатов пробных лабораторных выпечек показал, что такие физико-химические показатели проб хлебобулочных изделий как влажность и кислотность имели незначительные различия от вида вносимого дополнительного рецептурного компонента. Показатели удельного объема, пористости, формоустойчивости и структурно-механических свойств мякиша в большей степени зависели от вида дополнительного рецептурного компонента. Так, внесение исследуемых дополнительных рецептурных компонентов, за исключение шрота амаранта, приводило к увеличению показателя удельного объема

изделий: наибольшее увеличение наблюдалось при внесении сухой пшеничной клейковины и составило 30,0% по отношению к контролю, применение ламинарии, экстракта цикория и гидролактивина обеспечивало его увеличение на 6,1-10,7%, остальные рецептурные компоненты влияли незначительно. Общая деформация мякиша исследуемых проб хлебобулочных изделий имела высокие значения и варьировалась в пределах 88,8–120,4 ед. прибора. Наибольшее значение наблюдалось у пробы с внесением сухой пшеничной клейковины, относительное увеличение составило 21,9% по отношению к контрольному образцу. Упругая деформация мякиша хлебобулочных изделия также имела высокие значения, при этом внесение в рецептуру

сухой пшеничной клейковины, экстракта цикория и шрота амаранта повышало показатель на 15,4-19,8% , а порошка ламинарии, гидролактивина, экстракта зеленого чая и порошка листьев амаранта снижало упругие свойства мякиша хлебобулочных изделий на 5,2-9,7% по отношению к контрольному пробе. Значительные изменения пластической деформации мякиша хлебобулочных изделий наблюдались при использовании сухой пшеничной клейковины (увеличение на 39,7%) и шрота амаранта (уменьшение на 20,6%). Внесение других исследуемых рецептурных компонентов изменяло показатель пластической деформации мякиша хлебобулочного изделия незначительно.

Заключение

Таким образом, на основании проведенных исследований определения антиоксидантных свойств гидрофильной и липофильной фракций различных видов нетрадиционного сырья (спирулины, ламинарии пищевой, цикория растворимого, клейковины пшеничной сухой, гидролактивина кальциевого, экстракта зелёного чая, порошка листьев амаранта, шрота амаранта), а также влияния дополнительных рецептурных компонентов на показатели качества хлебобулочных изделий из муки пшеничной хлебопекарной первого сорта можно сделать следующие выводы. Высокий показатель АОЕ липофильной фракции демонстрировал порошок микроводоросли спирулины, значение которого составило 3,17 мкмоль ТЭ/г с.в. Однако, повышение аналогичного показателя хлебобулочных изделий из пшеничной муки первого сорта при внесении микроводоросли спирулины не наблюдалось. Значительным показателем АОЕ гидрофильной фракции обладали экстракт зеленого чая, порошок листьев амаранта и экстракт цикория – 5839, 2870 и 1812 мкмоль ТЭ/г с.в. соответственно. Высокую сохранность антиоксидантных свойств гидрофильной фракции хлебобулочных изделий из пшеничной муки первого сорта имели пробы с внесением экстракта зеленого чая. Незначительное повышение показателя АОЕ гидрофильной фракции наблюдалось при использовании в рецептуре гидролактивина, порошка листьев амаранта и шрота амаранта на 12, 29 и 38% по сравнению с контрольной пробой без дополнительных рецептурных компонентов соответственно. Установленные антиоксидантные свойства исследуемых добавок являются предпосылкой для применения их использования в рецептуре хлебобулочных изделий в качестве

обогачителей биологически активными веществами и антиоксидантной ёмкостью.

Таким образом, разработанные хлебобулочные изделия из пшеничной муки первого сорта с экстрактом зеленого чая могут быть использованы в специальных диетах и рационе питания в качестве источников антиоксидантов.

Литература

- [1] Ауэрман Л. Я. Технология хлебопекарного производства (9-е издание, переработанное). СПб.: Профессия, 2002. 416 с.
- [2] Афанасьева О. В. Микробиология хлебопекарного производства. СПб.: Береста, 2003. 220 с.
- [3] Берберова Н. Т. Из жизни свободных радикалов // Соросовский образовательный журнал. 2000. №5. Том 6. С. 39-44.
- [4] Болдырев А. А. Окислительный стресс и мозг // Соросовский образовательный журнал. 2001. № 4. Том 7. С. 21-28.
- [5] Владимиров Ю. А. Свободные радикалы в биологических системах // Соросовский образовательный журнал. 2000. № 12. Том 6. С. 13-19.
- [6] Гришина Л. Н. Разработка технологии хлебобулочных изделий с применением микроводоросли спирулины: дис....канд.техн. наук: 05.18.01. М., 2012. 156 с.
- [7] Жамукова Ж. М. Разработка технологии хлебобулочных изделий функционального назначения с использованием биофлавоноидов зеленого чая: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. М., 2006. 162 с.
- [8] Железнов А. В. Амарант – хлеб, зрелище и лекарство // Химия и жизнь. 2005. № 6. С. 56-61.
- [9] Зайчик Б. Ц. Разработка перспективных методов контроля качества винодельческой продукции, приготовленной из винных дистиллятов: диссертация канд. техн. наук. М.: Издательство МГУПП, 2011. 193 с.
- [10] Костюк В. А., Потапович А. И. Биорадикалы и

- биоантиоксиданты. Минск: БГУ, 2004. 179 с.
- [11] Кулинский В. И. Активные формы кислорода и оксидативная модификация макромолекул: польза, вред и защита // Соросовский образовательный журнал. 1999. № 1. С. 2-7.
- [12] Макарова Н. В., Бординова В. П. Создание новых пищевых продуктов с направленным антиоксидантным действием // Пищевая промышленность. 2011. № 8. С. 16-17.
- [13] Матвеева И. В., Белявская И. Г. Биотехнологические основы приготовления хлеба. М.: ДеЛи принт, 2001. 150 с.
- [14] Офицеров Е. Н. Амарант – перспективное сырье для пищевой и фармацевтической промышленности // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. 2001. № 5. Том 2. С. 1-4.
- [15] Пучкова Л. И., Белявская И. Г., Жамукова Ж. М. Экстракт зеленого чая – источник биофлавоноидов в хлебобулочных изделиях функционального назначения // Хлебопечение России. 2004. № 2. С. 26.
- [16] Пашенко Л. П., Жаркова И. М., Пашенко В. Л., Корниенко А. В. Применение цикория в пищевых продуктах // Пищевая промышленность. 2006, №2. С. 58-59.
- [17] Тодоров И. Н. Митохондрии: окислительный стресс и мутации митохондриальной ДНК в развитии патологий, процессе старения и апоптозе // Журнал Российского химического общ-ва им. Д. И. Менделеева. 2007. № 1.
- [18] Федоров А. А. Жмых амаранта – перспектива пищевой промышленности и альтернатива сое // Партнер: Мясопереработка. 2011. № 1. С. 29-30.
- [19] Хасанов В. В., Рыжова Г. Л., Мальцева Е. В. Методы исследования антиоксидантов // Химия растительного сырья. 2004. № 3. С. 63-75.
- [20] Чиркова Т. В. Амарант – культура XXI века // Соросовский образовательный журнал. 1999. № 10. С. 22-27.
- [21] Яшин Я. И., Рыжнев В. Ю., Яшин А. Я., Черноусова Н. И. Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и их влияние на здоровье и старение человека. М.: ТрансЛит, 2009. 212 с.
- [22] Яшин Я. И., Яшин А. Я. Банк данных антиоксидантов // Химия и жизнь. 2010. № 3. С. 49-50.
- [23] Яшин Я. И., Яшин А. Я. Проблема определения содержания антиоксидантов // Компетентность. 2009. № 8. С. 50-53.
- [24] Chen I. C., Chang H. C., Yang H. W., Chen G. L. Evaluation of Total Antioxidant Activity of Several Popular Vegetables and Chinese Herbs: A Fast Approach with ABTS/H₂O₂/HRP System in Microplates // Journal of Food and Drug Analysis. 2004. Vol. 12. № 1. P. 29-33.
- [25] Michalska A., Ceglinska A., Amarowicz R., Piskula K. M., Szavara-Novak D., Zielinski H. Antioxidant contents and antioxidative properties of traditional rye breads // Agric. Food Chem. 2007. № 55. P. 734-740.
- [26] Perez-Jimenez J., Saura-Calixto F. Antioxidant capacity of dietary polyphenols determined by ABTS assay: a kinetic expression of the results // International Journal of Food Science and technology. 2007. № 43. P. 185-191.
- [27] Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay // Free radical biology & medicine. 1999. № 9/10. P. 1231-1237.
- [28] Wronkowska M., Zielińska D., Szawara-Nowak D., Troszynska A., Soral-Smietana M. Antioxidative and reducing capacity, macroelements content and sensorial properties of buckwheat-enhanced gluten-free bread // International Journal of Food Science and Technology. 2010. № 45. P. 1993-2000.
- [29] Wu X., Beercher G.R., Holden J.M., Haytowitz D.B., Gebhardt S.E., Prior R.L. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the united states // J. Agric. Food Chem. 2004. Vol. 52. P. 4026-4037.
- [30] Zielińska D., Szawara-Nowak D., Zieliński H. Comparison of spectrophotometric and electrochemical methods for the evaluation of antioxidant capacity of buckwheat products after hydrothermal treatment // Journal of Agriculture and Food Chemistry. 2007. Vol. 55. P. 6124-6131.

Antioxidant Properties of Bakery Products from Wheat Flour Using Non-Traditional Raw Materials

Irina G. Belyavskaya

Moscow State University of Food Production

11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation

E-mail: belyavskaya@mgupp.ru

The relevance of the research is presented in accordance with the program of the state policy of the Russian Federation in the sphere of healthy nutrition of the population, and justified by the necessity of evaluating the antioxidant properties of bakery products, the rationale for selecting additional prescription components of bakery production as a source of antioxidants, the influence of microalgae spirulina, laminaria powder, extract chicory, dry wheat gluten, green tea extract, hydrolactin, amaranth leaf flock, amaranth meal, comparative results of organoleptic, physico-chemical quality indicators and antioxidant capacity of hydrophilic and lipophilic fractions of end-products are presented, influence of the studied prescription objects on the antioxidant capacity of bakery products is determined, the studied regularities in combination with the previously obtained results are the basis for the development of the classification of bakery products in terms of the antioxidant capacity.

Keywords: spirulina microalgae powder, green tea extract, chicory extract, amaranth processing products, pabular laminaria, dry wheat gluten, cation radical ABTS • +, hydrophilic and lipophilic fraction, bakery products

References

- [1] Auerman L. Ya. *Tehnologiya hlebopekarnogo proizvodstva* [Technology of bakery production]. SPb.: Professiya, 2002. 416 p.
- [2] Afanaseva O. V. *Mikrobiologiya hlebopekarnogo proizvodstva* [Microbiology of bakery production]. SPb.: Beresta, 2003. 220 p.
- [3] Berberova N. T. *Iz zhizni svobodnykh radikalov* [From the life of free radicals]. *Sorosovskiy obrazovatelnyy zhurnal*, 2000, vol. 6, no. 5, 39-44.
- [4] Boldyirev A. A. *Okislitelnyy stress i mozg* [Oxidative stress and brain]. *Sorosovskiy obrazovatelnyy zhurnal*, 2001, vol. 7, no. 4, 21-28.
- [5] Vladimirov Yu. A. *Svobodnyye radikaly v biologicheskikh sistemakh* [Free radicals in biological systems]. *Sorosovskiy obrazovatelnyy zhurnal*, 2000, vol. 6, no. 12, 13-19.
- [6] Grishina L. N. *Razrabotka tehnologii hlebobulochnykh izdeliy s primeneniem mikrovdorosli spiruliny* [Development of the technology of bakery products with the use of micro-algae spirulina]: dis....kand.tehn.nak: 05.18.01. M., 2012. 156 p.
- [7] Zhamukova Zh. M. *Razrabotka tehnologii hlebobulochnykh izdeliy funktsionalnogo naznacheniya s ispolzovaniem bioflavonoidov zelenogo chaya* [Development of technology of functional bakery products using bioflavonoids of green tea]: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.18.01. M., 2006. 162 p.
- [8] Zheleznov A. V. *Amarant – hleb, zrelische i lekarstvo* [Amaranth – the bread, the sight and the cure]. *Himiya i zhizn*, 2005, no. 6, 56-61.
- [9] Zaychik B. Ts. *Razrabotka perspektivnykh metodov kontrolya kachestva vinodelcheskoy produktsii, prigotovlennoy iz vinnykh distillyatov* [Development of promising methods of quality control of wine products made from wine distillates]: dissertatsiya kand. tehn. nauk. M.: Izdatelstvo MGUPP, 2011, 193 p.
- [10] Kostyuk V. A., Potapovich A. I. *Bioradikaly i bioantioksidanty* [Biradicals and bioantioxidants]. Minsk: BGU, 2004. 179 p.
- [11] Kulinskiy V. I. *Aktivnyye formy kisloroda i oksidativnaya modifikatsiya makromolekul: polza, vred i zaschita* [Reactive oxygen species and oxidative modification of macromolecules: benefit, harm and protection]. *Sorosovskiy obrazovatelnyy zhurnal*, 1999, no. 1, 2-7.
- [12] Makarova N. V., Bordinova V. P. *Sozdanie novykh pischevykh produktov s napravlenyimi*

- antioksidantnym deystviem [Creation of new food products with directed antioxidant action]. Pischevaya promyshlennost, 2011, no. 8, 16-17.
- [13] Matveeva I. V., Belyavskaya I. G. Biotehnologicheskie osnovyi prigotovleniya hleba [The biological basis of making bread]. M.: DeLi print, 2001. 150 p.
- [14] Ofitserov E. N. Amarant – perspektivnoe syire dlya pischevoy i farmatsevticheskoy promyshlennosti [Amaranth as a promising raw material for the food and pharmaceutical industry]. Himiya i kompyuternoe modelirovanie. Butlerovskie soobscheniya, 2001, vol. 2, no. 5, 1-4.
- [15] Puchkova L. I., Belyavskaya I. G., Zhamukova Zh. M. Ekstrakt zelenogo chaya – istochnik bioflavonoidov v hlebobulochnykh izdeliyah funktsionalnogo naznacheniya [Green tea extract as a source of bioflavonoids in functional bakery products]. Hlebopechenie Rossii, 2004, no. 2, 26.
- [16] Paschenko L. P., Zharkova I. M., Paschenko V. L., Kornienko A. V. Primenenie tsikoriya v pischevykh produktakh [The use of chicory in food products]. Pischevaya promyshlennost, 2006, no. 2, 58-59.
- [17] Todorov I. N. Mitochondrii: oksidatelnyy stress i mutatsii mitochondrialnoy DNK v razvitiy patologiy, protsesse stareniya i apoptoze [Mitochondria: oxidative stress and mutations of mitochondrial DNA in the development of pathologies, aging and apoptosis]. Zhurnal Rossiyskogo himicheskogo obsch-va im. D. I. Mendeleeva, 2007, no. 1.
- [18] Fedorov A. A. Zhmyih amaranta – perspektiva pischevoy promyshlennosti i alternativa soe [Amaranth cake - the prospect of the food industry and an alternative to soy]. Partner: Myasopererabotka, 2011, no. 1, 29-30.
- [19] Hasanov V. V., Ryzhova G. L., Maltseva E. V. Metody issledovaniya antioksidantov [Research methods of antioxidants]. Himiya rastitelnogo syr'ya, 2004, no. 3, 63-75.
- [20] Chirkova T. V. Amarant – kultura XXI veka [Amaranth - the culture of the XXI century]. Sorosovskiy obrazovatelnyy zhurnal, 1999, no. 10, 22-27.
- [21] Yashin Ya. I., Ryzhnev V. Yu., Yashin A. Ya., Chernousova N. I. Prirodnyie antioksidanty. Soderzhanie v pischevykh produktakh i ih vliyaniye na zdorove i starenie cheloveka [Natural antioxidant. Content in foods and their impact on human health and ageing]. M.: TransLit, 2009. 212 p.
- [22] Yashin Ya. I., Yashin A. Ya. Bank dannykh antioksidantov [Antioxidant data bank]. Himiya i zhizn, 2010, no. 3, 49-50.
- [23] Yashin Ya. I., Yashin A. Ya. Problema opredeleniya soderzhaniya antioksidantov [The problem of determining the content of antioxidants]. Kompetentnost, 2009, no. 8, 50-53.
- [24] Chen I. C., Chang H. C., Yang H. W., Chen G. L. Evaluation of Total Antioxidant Activity of Several Popular Vegetables and Chinese Herbs: A Fast Approach with ABTS/H₂O₂/HRP System in Microplates. Journal of Food and Drug Analysis. 2004, vol. 12, no. 1, 29-33.
- [25] Michalska A., Ceglinska A., Amarowicz R., Piskula K. M., Szavara-Novak D., Zielinski H. Antioxidant contents and antioxidative properties of traditional rye breads. Agric. Food Chem, 2007, no. 55, 734-740.
- [26] Perez-Jimenez J., Saura-Calixto F. Antioxidant capacity of dietary polyphenols determined by ABTS assay: a kinetic expression of the results. International Journal of Food Science and technology, 2007, no. 43, 185-191.
- [27] Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free radical biology & medicine, 1999, no. 9/10, 1231-1237.
- [28] Wronkowska M., Zielińska D., Szawara-Nowak D., Troszynska A., Soral-Smietana M. Antioxidative and reducing capacity, macroelements content and sensorial properties of buckwheat-enhanced gluten-free bread. International Journal of Food Science and Technology, 2010, no. 45, 1993-2000.
- [29] Wu X., Beercher G. R., Holden J. M., Haytowitz D. B., Gebhardt S. E., Prior R. L. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the united states. J. Agric. Food Chem., 2004, vol. 52, 4026-4037.
- [30] Zielińska D., Szawara-Nowak D., Zieliński H. Comparison of spectrophotometric and electrochemical methods for the evaluation of antioxidant capacity of buckwheat products after hydrothermal treatment // Journal of Agriculture and Food Chemistry. 2007. Vol. 55. P. 6124-6131.