

Пищевые ингредиенты, сырье и материалы

УДК 664.644+664.64.016

DOI: 10.14529/food180303

ПИЩЕВЫЕ ИНГРЕДИЕНТЫ НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

А.В. Паймулина, И.В. Калинина, Н.В. Науменко, И.Ю. Потороко

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Целью работы являлось установление влияния пищевых ингредиентов, способных направленно действовать в отношении нейтрализации оксидативного стресса (дигидрокверцетина и экстракта чаги) на качество и сохраняемость хлебобулочных продуктов. Объектами исследования являлись образцы пшенично-ржаного теста и хлеба с дигидрокверцетином и чагой, а также контрольный образец без каких-либо добавок. Органолептическая оценка исследуемых образцов позволяет говорить о выраженном влиянии вносимых добавок на внешний вид, цвет корки и состояние мякиша хлеба. Однако внесение добавок не оказывает видимого влияния на изменение вкуса и запаха выпеченных изделий. Оценка АОА исследуемых образцов пшенично-ржаного теста и мякиша хлеба из него показала, что образцы теста с добавками имели более высокую АОА относительно контрольного образца в 2,4–2,6 раз. После выпечки по-прежнему обогащенные хлебобулочные изделия имели большую антиоксидантную активность, чем контрольный образец. Причем хлеб с чагой проявлял самую большую антиоксидантную активность (в 2,4 раза по отношению к контрольному образцу). Установлена зависимость между реологическими характеристиками исследуемых и контрольного образцов пшенично-ржаного теста и хлеба. Плотность теста, полученного по инновационным технологиям, несколько выше по сравнению с тестом, полученным по традиционной технологии. Внесение экстракта чаги приводит к снижению общей деформации мякиша на 33 %, что увеличивает его крошковатость. ДГК же напротив способствует незначительному увеличению общей деформации на 9 % и, соответственно, эластичности мякиша хлеба.

Ключевые слова: хлеб и хлебобулочные изделия, оксидативный стресс, дигидрокверцетин, чага, пищевые ингредиенты.

В настоящее время в условиях напряженной экологической ситуации в промышленных регионах страны, к числу которых относится Челябинская область, требуется поиск приемов профилактики экологически обусловленных заболеваний.

По данным космических съемок, суммарная площадь загрязнения тяжелыми металлами по Челябинской области составляет 29,5 тыс. кв. км. В 2017 году в атмосферу стационарными и передвижными источниками всего было выброшено 32 082 тысяч тонн загрязняющих веществ. В целом в области насчитывается более 15 тысяч промышленных предприятий и организаций, загрязняющих окружающую среду, из них более 600 имеют значительное количество выбросов в атмосферу [11].

По данным Министерства здравоохранения Челябинской области с каждым годом растет число заболевших неинфекционными заболеваниями, в том числе онкологией, заболеваниями иммунной, эндокринной систем,

системы кровообращения, что может быть объяснено накоплением свободных радикалов, а именно активных форм кислорода (АФК) в организме [8].

В совокупности с неблагоприятными факторами окружающей среды, несбалансированное питание, наличие вредных привычек, а также частые длительные стрессы приводят к чрезмерному образованию в организме АФК или, так называемому, оксидативному стрессу. АФК наносят организму большой вред, повреждая клеточные мембраны, окисляя молекулы ДНК, РНК, белков, фосфолипидов, вызывая в конечном итоге мутации или гибель клеток [2, 3, 5, 13].

Предлагаются разные подходы к минимизации рисков оксидативного стресса. Одним из путей решения данной проблемы является включение в рацион питания специализированных пищевых продуктов, содержащих в своем составе пищевые ингредиенты, способных направленно действовать в отношении нейтрализации оксидативного стресса, т. е.

антиоксиданты. Особенно привлекательными продуктами для обогащения являются продукты массового спроса, к числу которых относятся хлеб и хлебобулочные изделия.

Одним из представителей наиболее распространенных антиоксидантов является дигидрокверцетин (ДГК). По молекулярному строению и функциям близок кверцетину и рутину, но превосходит их по фармакобиологической активности [4].

ДГК относится к группе биофлавоноидов и представляет собой фенольное соединение (рис. 1), которое синтезируется в растениях из фенилаланина. Содержится в большом количестве в комлевой части сибирской или даурской лиственницы.

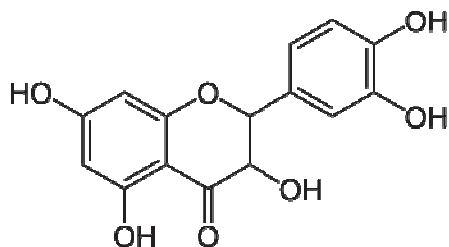


Рис. 1. Структурная формула дигидрокверцетина

В настоящее время ДГК входит в состав многих биологически активных комплексов и лекарственных препаратов, а также применяется в пищевой промышленности, выступая в роли пищевого антиоксиданта.

Кроме антиоксидантного действия ДГК обладает многими биологически активными свойствами: служит иммуномодулятором, гепа- и радиопротектором, обладает противовоспалительными и обезболивающими свойствами [15].

ДГК относится к 6-му классу безопасности, что означает его абсолютную нетоксичность. Согласно реестру единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору, суточная норма потребления ДГК для здорового человека составляет от 25 мг (адекватный уровень потребления) до 100 мг (верхний допустимый уровень потребления).

Целебные свойства черного березового гриба (чаги) известны давно. Ее применение в качестве лекарственного средства было описано еще в трудах знаменитого средневекового врача Абу Али ибн Сины (Авиценны). Чага

образуется в результате заражения дерева паразитным грибом *Inonotus obliquus* (рис. 2). Встречается в березовых лесах России, восточной Европы, Кореи, США. Лекарственным сырьем являются наросты, возникающие только на березах. В настоящее время для медицинских целей используются не только плодовые выросты, но и спороносные тела, очищенные от рыхлой массы, бересты и остатков древесины [6].

Гриб представляет собой крупный нарост округлой формы глубоко растрескивающийся, в диаметре от 5 до 40 см, массой 3–5 и более кг. Внутренняя ткань гриба твердая, темно-коричневого цвета, ближе к сердцевине мягче и светлее с темными прожилками [7].

Чага обладает высокой антиоксидантной активностью за счет содержания водорастворимых пигментов, которые образуют хромогенный полифенолкарбонный комплекс. В нем широко представлены фенольные соединения, особенно флавоноиды: госсипетин, робинетин, мирицитин, робинин, нарингенин, кверцитрин. Они обладают кардиотоническими, гипoadемическими, противовоспалительными, ранозаживляющими, противоязвенными свойствами, также способны воздействовать на состав крови. Кроме этого в чаге содержится целый комплекс биологически активных веществ: липиды (ди- и триглицериды, стерины), тритерпеноиды, полисахариды, лигнин, клетчатка, птерины, агарициновая кислота, кумарин, пеуциданин, микроэлементы, а также незначительное количество алкалоидов и смолы [10].



Рис. 2. Чага или березовый гриб (*Inonotus obliquus*)

Чага применяется как симптоматическое средство при язвенной болезни желудка, гастритах, при лечении заболеваний кожных по-

Пищевые ингредиенты, сырье и материалы

кровов, злокачественных опухолях, отвары и настои чаги улучшают самочувствие больных, уменьшают боли. Экстракт чаги выводит токсины, снижает уровень глюкозы в сыворотке крови.

В настоящее время на основе экстракта чаги производят биологически активные добавки и комплексы к пище, пищевые экстракты, безалкогольные напитки, молочные продукты.

Целью данного исследования являлось установление влияния пищевых ингредиентов, способных направленно действовать в отношении нейтрализации оксидативного стресса (дигидрохверцетина и экстракта чаги) на качество и сохраняемость хлебобулочных продуктов.

Материалы и методы

Для проведения исследований в лабораторных условиях были выпечены 3 варианта опытных образцов формового хлеба из смеси ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта (30:70) по разработанным рецептурам (табл. 1).

Образец 1 – контрольный образец пшенично-ржаного теста и хлеба.

Образец 2 – пшенично-ржаной хлеб и тесто с добавлением сухого водорастворимого экстракта чаги *Chaga mushroom extract powder* (АО «Аметис», ТУ 10.89.19-035-70692152-2016, свидетельство о гос. регистрации № RU.77.99.11.009.Е.006382.12.16 от 19.12.2016).

Образец 3 – пшенично-ржаной хлеб и тесто с добавлением порошка дигидрохверцетина (ООО «БИО-ТЕХ»).

Подготовку сырья к производству проводили согласно технологическим инструкциям

для производства хлеба и хлебобулочных изделий (Ершов П.С. Сборник рецептур на хлеб и хлебобулочные изделия, 2011).

Тесто готовили однофазно с брожением его после замеса 60 минут на основе сухой солодовой закваски «Аграм темный». Готовое тесто разделявали, укладывали в формы для формового хлеба и направляли на расстойку. Время расстойки составляет 45–55 минут.

Выпечка изделий производилась в увлажненном пекарном шкафу при температуре 210–220 °С в течение 40–50 минут.

Для определения антиоксидантной активности (АОА) исследуемых образцов пшенично-ржаного теста и хлеба был использован электрохимический метод кулонометрического титрования. Замеры проводили на универсальном прецизионном кулометре «Эксперт-006-антиоксиданты».

Экстрагирование антиоксидантов в тесте осуществляли дистиллированной водой на лабораторном перемешивающем устройстве ЛАБ-ПУ-01 в течение 1 часа при 150 оборот/мин с последующим центрифугированием в течение 15 минут.

Подготовка образцов пшенично-ржаного хлеба заключалась в экстрагировании 10 г мякиша хлеба в 90 мл 50 % этанола на лабораторном перемешивающем устройстве ЛАБ-ПУ-01 в течение 30 минут при 150 оборот/мин и дальнейшем центрифугировании в течение 15 мин. Для исследования брали надосадочную жидкость.

Деформационные характеристики пшенично-ржаного теста и мякиша хлеба из него определяли на текстуроанализаторе «Структурометр СТ-2». Методики основаны на определении общей, упругой и пластической де-

Таблица 1

Рецептуры исследуемых образцов хлеба

Ингредиенты	Количество сырья на 100 кг муки, кг		
	образец 1	образец 2	образец 3
Мука пшеничная первого сорта	700	700	700
Мука ржаная обдирная	300	300	300
Дрожжи прессованные	15	15	15
Соль поваренная пищевая	13	13	13
Сухая солодовая закваска «Аграм темный»	3	3	3
Экстракт чаги	–	5,76	–
Дигидрохверцетин	–	–	0,58
Вода	По расчету $W_{\text{хл}}=37\% \pm(1,0)$		

формации исследуемого объекта при сжатии его индентором. Определение реологических характеристик теста проводили по методике 5Ц к прибору (индентор «Цилиндр 36»). Для исследования брали кусочек теста массой ($5 \pm 0,2$) г. Определение реологических характеристик мякиша хлеба проводили по методике 4П (индентор «Полусфера»). Для исследования брали ломоть хлеба толщиной 25 мм [1].

Для установления влияния вносимых функциональных пищевых ингредиентов на сохраняемость хлеба в течение гарантированных сроков хранения опытные образцы были заложены на хранение (МУК 4.2.1847-04). Оценку свежести хлеба проводили через 3, 24, 48 и 72 часа после выпечки. Качество контрольного и опытных образцов оценивали по регламентированным показателям качества хлеба (ГОСТ 2077-84): массовая доля влаги, пористость и кислотность. Набухаемость мякиша (мл 1 г сухого вещества) определяли по количеству воды, поглощаемой мякишем хлебулочных изделий за 5 минут. Крошковатость, в %, по количеству крошки, образованной за 15 минут при встряхивании навески мякиша при скорости 190–250 оборотов/мин [12].

Результаты и их обсуждение

Органолептическая оценка исследуемых образцов позволяет говорить о выраженном влиянии вносимых добавок на внешний вид, цвет корки и состояние мякиша хлеба. Однако внесение добавок не оказывает видимого влияния на изменение вкуса и запаха выпеченных изделий (табл. 2).

Состояние свежести контролировали по изменению органолептических (внешний вид, цвет корки, состояние мякиша, вкус, комкуемость при разжевывании, крошковатость) и физико-химических показателей (массовая доля влаги, набухаемость, крошковатость, кислотность, пористость).

Через 24 часа хранения у всех образцов хлеба значительных изменений органолептических показателей выявлено не было.

По прошествии 48 часов у образцов № 1 и 2 наблюдалось снижение эластичности мякиша, увеличение крошковатости и жесткости. У остальных образцов хлеба значительных изменений органолептических показателей не наблюдалось.

Через 72 ч хранения все образцы хлеба становились более жесткими, а мякиш менее

Таблица 2

Органолептическая оценка исследуемых образцов хлеба

Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Внешний вид	Правильная форма, гладкая ровная поверхность корки	Правильная форма гладкая ровная поверхность корки	Правильная форма повышенного объема, гладкая ровная поверхность корки
Цвет корки	Светло-коричневая	Темно-коричневая	Светло-коричневая
Состояние мякиша	Пропеченный, эластичный, серого цвета, со средней равномерной толстостенной пористостью, не липкий	Пропеченный, эластичный, горчичного цвета, со средней равномерной толстостенной пористостью, не липкий	Пропеченный, эластичный, серого цвета со слегка зеленоватым оттенком, со средней равномерной тонкостенной пористостью, не липкий
Вкус и запах	Свойственный пшенично-ржаному хлебу, слегка кисло-сладкий, без посторонних привкусов и запаха	Свойственный пшенично-ржаному хлебу, слегка кисло-сладкий, без посторонних привкусов и запаха	Свойственный пшенично-ржаному хлебу, слегка кисло-сладкий, без посторонних привкусов и запаха
Хруст	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Комкуемость при разжевывании	Отсутствие комкуемости	Отсутствие комкуемости	Отсутствие комкуемости
Крошковатость	Некрошащийся	Некрошащийся	Некрошащийся

Пищевые ингредиенты, сырье и материалы

эластичным. Однако при использовании ДГК наблюдалось менее заметное снижение таких показателей как вкус, запах, мягкость и эластичность мякиша.

Исследование функциональных пищевых ингредиентов на физико-химические показатели образцов хлеба в хранении проводили параллельно с изучением органолептических показателей. Результаты физико-химической оценки опытных образцов хлеба представлены в табл. 3.

Оценка АОА исследуемых образцов пшенично-ржаного теста и мякиша хлеба из него показала, что суммарная концентрация антиоксидантов изменяется в значительном диапазоне в зависимости от вида используемого антиоксиданта (рис. 3).

Образцы теста с функциональными пищевыми ингредиентами имели более высокую АОА относительно контрольного образца в 2,4–2,6 раз.

После выпечки АОА значительно снизилась у всех образцов хлеба (в 2 раза), однако по прежнему обогащенные хлебобулочные изделия имели большую антиоксидантную активность, чем контрольный образец. Причем хлеб с чагой проявлял самую большую антиоксидантную активность (в 2,4 раза по отношению к контрольному образцу).

Характерный вид зависимости деформации теста после замеса от приложенного усилия представлен на рис. 4.

Анализ полученных результатов показал, что образцы теста можно охарактеризовать как упругопластичные массы, у которых в области малых скоростей преобладают упруговязкие, а в области больших скоростей – упругопластичные свойства после замеса. При этом использование функциональных пищевых ингредиентов позволяет несколько скорректировать упругопластичные свойства теста после замеса. Плотность теста, получен-

Таблица 3

Физико-химические исследуемых образцов хлеба

Наименование показателя	Норма согласно требованиям ГОСТ 2077-84	3 часа хранения	24 часа хранения	48 часов хранения	72 часа хранения
Образец № 1					
Влажность мякиша, %	Не более 50	36,86	35,92	33,50	32,40
Кислотность мякиша, град.	Не более 10,0	3,4	3,6	3,7	3,8
Пористость мякиша, %	Не менее 54	77,92	77,26	74,88	74,22
Крошковатость, %	–	5,6	6,0	6,5	7,3
Коэффициент набухаемости	–	6,8	6,8	6,6	6,4
Образец № 2					
Влажность мякиша, %	Не более 50	32,45	31,64	31,28	28,84
Кислотность мякиша, град.	Не более 10,0	3,8	3,8	3,9	4,1
Пористость мякиша, %	Не менее 54	68,89	67,80	65,75	63,90
Крошковатость, %	–	5,9	6,6	7,2	8,0
Коэффициент набухаемости	–	6,7	6,6	6,4	6,3
Образец № 3					
Влажность мякиша, %	Не более 50	39,96	39,45	39,26	38,83
Кислотность мякиша, град.	Не более 10,0	2,5	2,5	2,5	2,6
Пористость мякиша, %	Не менее 54	80,94	78,39	77,82	75,64
Крошковатость, %	–	3,7	4,1	4,9	5,5
Коэффициент набухаемости	–	8,7	8,6	8,4	8,0

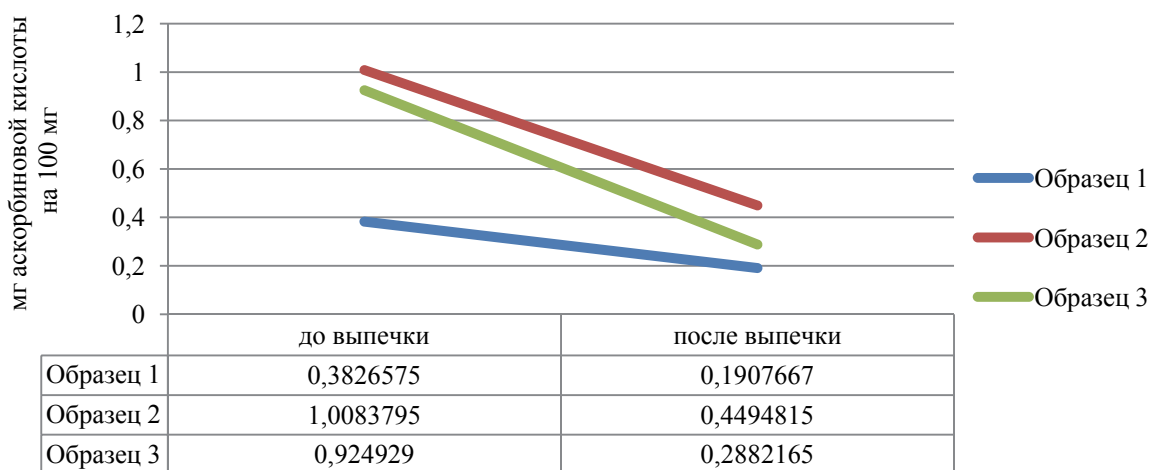


Рис. 3. АОА исследуемых образцов теста и мякиша хлеба

Таблица 4

Реологические характеристики мякиша хлеба

Номер образца	Общая деформация, мм	Пластическая деформация, мм	Упругая деформация, мм	Эластичность мякиша
Образец 1	18,236	6,388	11,848	0,650
Образец 2	12,191	5,258	6,933	0,569
Образец 3	20,054	7,863	12,191	0,608

ного по инновационным технологиям, несколько выше по сравнению с тестом, полученным по традиционной технологии.

При изучении структурно-механических свойств образцов пшенично-ржаного хлеба были получены реологические профили (рис. 5).

Структурные изменения мякиша готовых изделий позволяют говорить о значительном влиянии вносимых добавок на реологические характеристики мякиша хлеба [9, 14]. Внесение экстракта чаги приводит к снижению общей деформации мякиша, что увеличивает его крошковатость. ДГК же, напротив, способствует незначительному увеличению общей деформации и, соответственно, эластичности мякиша хлеба.

Изменение реологических характеристик образцов пшенично-ржаного хлеба в зависимости от вносимых добавок представлено в табл. 4.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что использование пищевых ингредиентов – антиоксидантов (ДГК и экстракта чаги) в технологии хлебулочных изделий является

целесообразным, поскольку позволяет повысить АОА хлеба. Кроме того, это способствует расширению ассортимента продуктов массового потребления с лечебно-профилактическими свойствами в отношении оксидативного стресса. Однако внесение экстракта чаги приводит к незначительному ухудшению структурно-механических свойств хлеба, поэтому требуется дополнительный поиск решений в области данной проблемы.

Работа выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление № 211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.А03.21.0011 и при финансовой поддержке гранта РФФИ 18-53-45015.

Литература

1. Болтенко, Ю.А. Определение реологических свойств мякиша хлебулочных изделий / Ю.А. Болтенко // *Хлебопродукты*. – 2008. – № 12. – С. 58–59.
2. Дубинина, Е.Е. Свободнорадикальные процессы при старении, нейродегенеративных заболеваниях и других патологических состояниях / Е.Е. Дубинина, А.В. Пустыгина

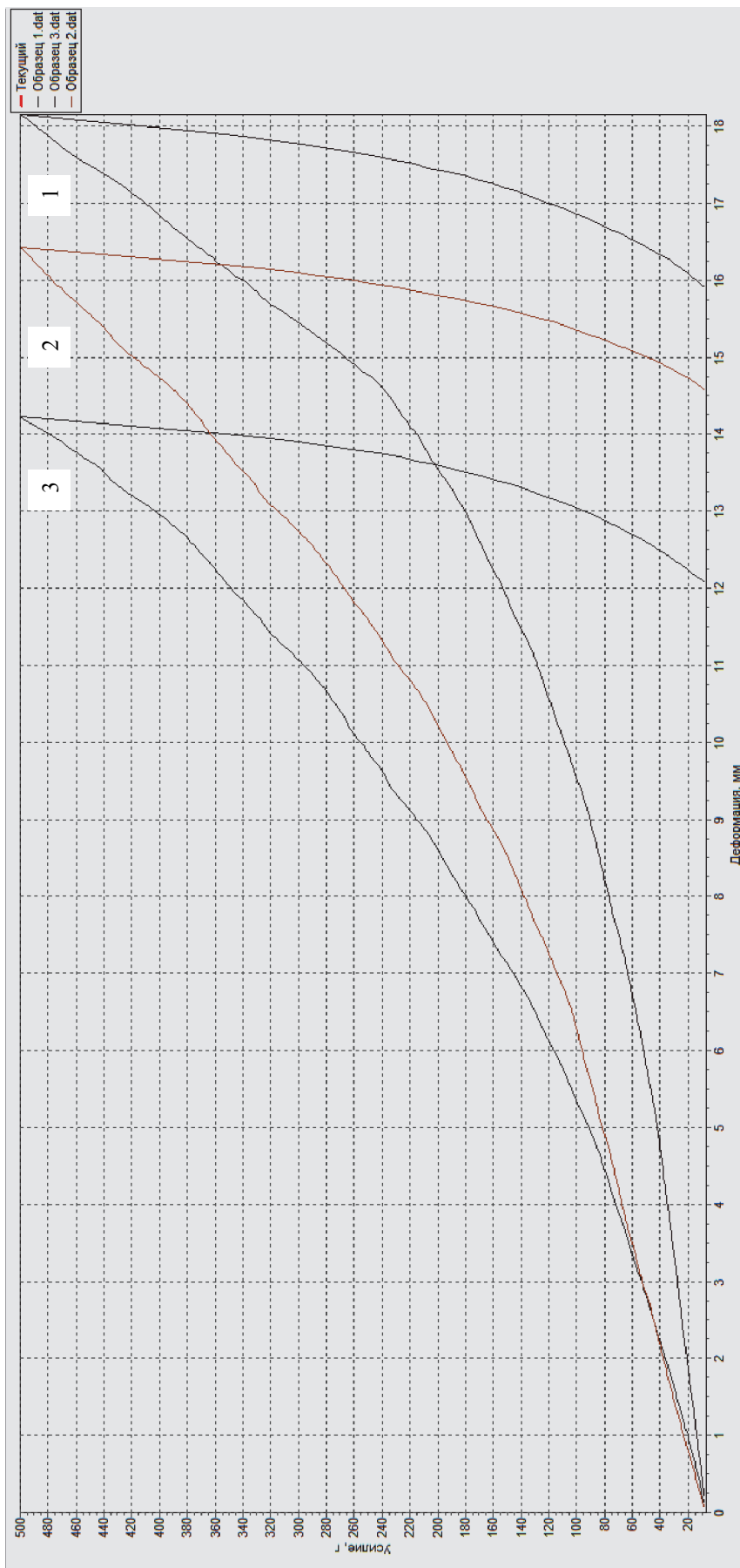


Рис. 4. Реологический профиль образцов пшенично-ржаного теста

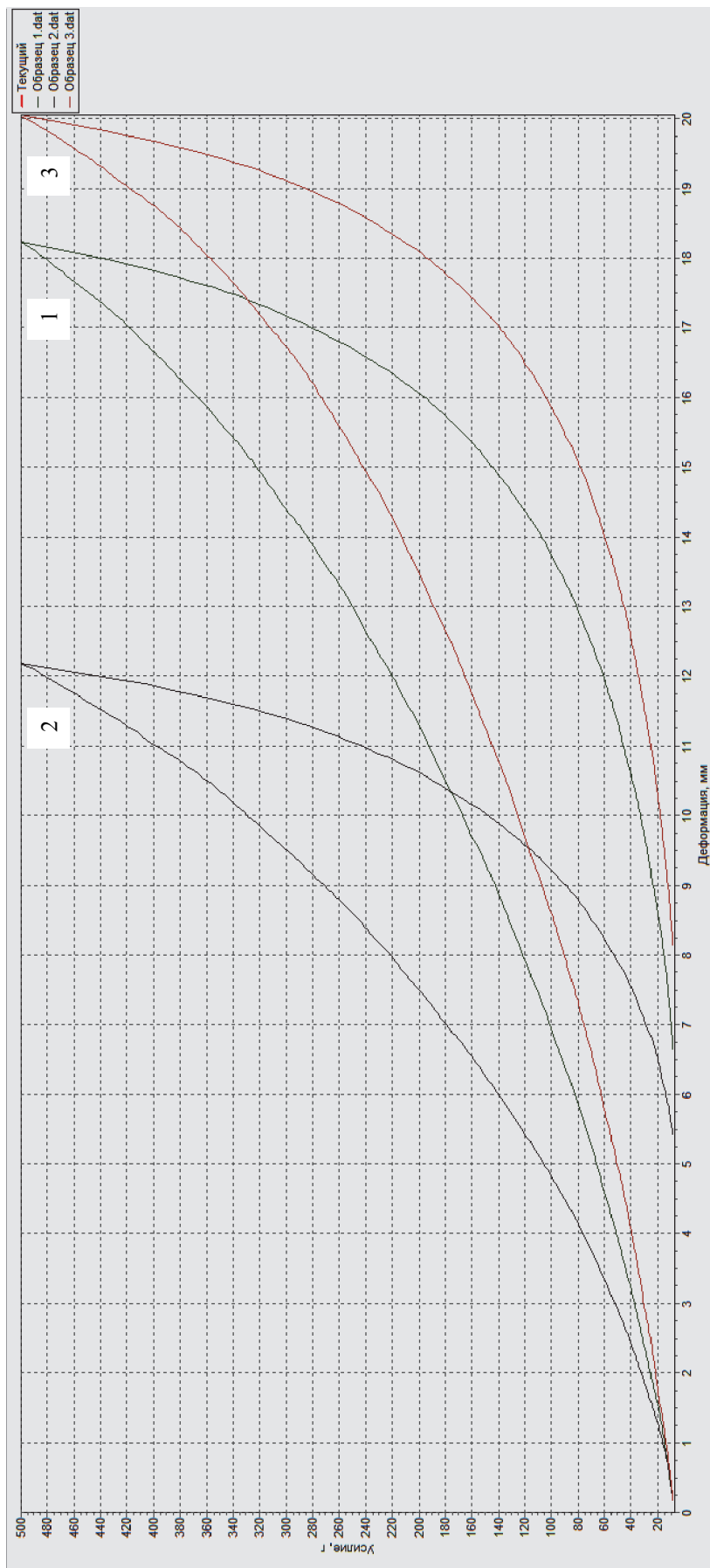


Рис. 5. Реологический профиль мякиша образцов пшенично-ржаного хлеба

// Биомедицинская химия. – 2007. – Т. 53. – С. 351–371.

3. Завалишин, И.А. Оксидантный стресс – общий механизм повреждения при заболеваниях нервной системы / И.А. Завалишин, М.Н. Захарова // Журнал неврологии и психиатрии. – 1996. – № 2. – С. 111–114

4. Кравченко, Л.В. Оценка антиоксидантной и антитоксической эффективности природного флавоноида дигидрокверцетина / Л.В. Кравченко, С.В. Морозов, Л.И. Авреньева // Токсикологический вестник. – 2005. – № 1. – С. 14–20.

5. Липатова, Л.В. Роль окислительного стресса в патогенезе эпилепсии / Л.В. Липатова, Е.Е. Дубинина, Д.В. Алексеева, Т.В. Капустина, Д.А. Егорова, Н.В. Леонова // Сибирское медицинское обозрение. – 2017. – № 1. – С. 11–16. DOI: 10.20333/2500136-2017-1-11-16

6. Лысова, Е.В. Конструирование радиопротекторного препарата на основе хромогенного комплекса чаги и биомассы бактерий эубиотиков / Е.В. Лысова, Н.А. Мехоншин, А.А. Щеголев // Леса России и хозяйство в них. – 2015. – № 2. – С. 51–54.

7. Максимюк, В.А. Перспективы использования экстракта чаги в производстве функциональных молочных продуктов // В.А. Максимюк, Е.И. Решетник // Перспективы производства продуктов питания нового поколения: материалы Всероссийской науч.-практ. конференции с международным участием, посвященной памяти проф. Сапрыгина Г.П. – Омск: Омский ГАУ им. П.А. Столыпина, 2017. – С. 359–361.

8. Министерство здравоохранения Челябинской области. – <http://www.zdrav74.ru/>

9. Науменко, Н.В. Влияние сырьевых компонентов на реологические характеристики теста и качество хлебобулочных изделий /

Н.В. Науменко, Е.А. Ашмарина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2018. – Т. 6, № 1. – С. 60–68. DOI: 10.14529/food180107

10. Носов, А.И. Исследование физико-химических свойств хромогенных комплексов трютовиков плоского и окаймленного / А.И. Носов, М.А. Сысоева, В.А. Гревцев, Ф.Г. Халитов // Химия растительного сырья. – 2013. – № 3. – С. 195–200. DOI: 10.14258/jcprtm.1303195

11. Основные показатели, характеризующие воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду в Челябинской области. Официальный сайт территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Челябинской области. <http://chelstat.gks.ru>

12. Паймулина, А.В. Использование активированной воды и комбинированной растительной добавки на основе стевиозида и фукоидана в технологии хлебопечения / А.В. Паймулина, В.В. Худяков, Н.В. Науменко // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2017. – Т. 5, № 1. – С. 82–89. DOI: 10.14529/food170111

13. Bult H., Voeckxstaens G.E., Pelkmans P.A., Jordaens F.H., Van Maercke Y.M., Herman A.G. Nitric oxide as an inhibitory non-adrenergic non-cholinergic neurotransmitter // Nature. – 1990; 345: 346–347. DOI:10.1038/345346a0

14. Rosell, C.M. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality/ C.M. Rosell, J.A. Rojas, B. de Barber // Food Hydrocolloids. – 2001. – V. 15. – P. 75–81. DOI: 10.1016/S0268-005X(00)00054-0.

15. Teriault A., Wang Q., Van Iderstine S.C. et al. Modulation of hepatic lipoprotein synthesis and secretion by taxifolin, a plant flavonoid // J. Lipid Res. – 2000. – V. 41 (12). – P. 1969–1979.

Паймулина Анастасия Валерияновна, аспирант кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), aaaminaaaa@mail.ru

Калинина Ирина Валерьевна, кандидат технических наук, доцент, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск).

Науменко Наталья Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), Naumenko_natalya@mail.ru

Потороко Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), irina_potoroko@mail.ru

Поступила в редакцию 23 июля 2018 г.

DIRECT EFFECT FOOD INGREDIENTS IN BAKERY PRODUCTS TECHNOLOGY

A.V. Paimulina, I.V. Kalinina, N.V. Naumenko, I.Yu. Potoroko

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The work's objective was to determine the influence of food ingredients, which can have direct effect of the oxidative stress neutralization (dihydroquercetin and shelf fungus extract), on the quality and preservation of bakery products. The objects of the research were the samples of wheat-and-rye dough and bread with dihydroquercetin and shelf fungus, as well as a reference sample without any additives. The organoleptic assessment of the samples under study allows to conclude on the pronounced influence which the introduced additives have on the appearance, crust colour and crumb structure of bread. However, the introduction of additives does not have any obvious effect on changing of flavour and aroma of the baked products. The assessment of the antioxidative activity of the studied samples of wheat-and-rye dough and crumb of bread made of it revealed that the samples of dough with additives showed 2.4–2.6 times higher antioxidative activity as compared to the reference sample. Once baked, the still enriched bakery products had higher antioxidative activity than the reference sample. Meanwhile, bread with shelf fungus showed the highest antioxidative activity (2.4 times higher as compared to the reference sample). A dependence was determined between the rheological characteristics of the studied and reference samples of wheat-and-rye dough and bread. The density of the dough produced using innovative technologies is somewhat higher as compared to the dough manufactured by the traditional technology. Adding shelf fungus extract reduces the general deformation of the bread crumb by 33%, what increases the degree of crumbling. And dihydroquercetin on the contrary slightly increases the general deformation by 9% and therefore makes the bread crumb more elastic.

Keywords: bread and bakery, oxidative stress, dihydroquercetin, shelf fungus, food ingredients.

References

1. Boltenko Yu.A. [Determining Rheological Properties of the Bakery Products Crumb]. *Khleboprodukty* [Bakery Products], 2008, no. 12, pp. 58–59. (in Russ.)
2. Dubinina E.E. [Free-radical Processes in Case of Aging, Neurodegenerative Diseases and Other Pathological Conditions]. *Biomeditsinskaya khimiya* [Biomeditsinskaya Khimiya (former Problems of Medical Chemistry)], 2007, vol. 53, pp. 351–371. (in Russ.)
3. Zavalishin I.A., Zakharova M.N. [Oxidative Stress. General Mechanism of Damage in Case of the Nervous System Diseases]. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii* [Journal of Neurology and Psychiatry], 1996, no. 2, pp. 111–114. (in Russ.)
4. Kravchenko L.V., Morozov S.V., Avren'yeva L.I. [Assessment of Antioxidative and Antitoxic Efficiency of Natural Flavonoid Dihydroquercetin]. *Toksikologicheskii Vestnik* [Toxicological Review], 2005, no. 1, pp. 14–20. (in Russ.)
5. Lipatova L.V., Dubinina E.E., Alekseyeva D.V., Kapustina T.V., Egorova D.A., Leonova N.V. The role of oxidative stress in the pathogenesis of epilepsy. *Sibirskoye meditsinskoye obozreniye* [Siberian Medical Review], 2017, no. 1, pp. 11–16. (in Russ.) DOI: 10.20333/2500136-2017-1-11-16
6. Lysova E.V., Mekhonshin N.A., Shchegolev A.A. [Constructing a Radioprotective Medication Based on Chromogenic Complex of Shelf Fungus and Biomass of Eubiotic Bacteria]. *Lesa Rossii i khozyaystvo v nikh* [Forests of Russia and Their Management], 2015, no. 2, pp. 51–54. (in Russ.)
7. Maksimiyuk V.A., Reshetnik E.I. Prospects for the use of chaga extract in the production of functional dairy products. *Perspektivy proizvodstva produktov pitaniya novogo pokoleniya* [// Prospects of Producing New Generation Food Products: Proceedings of the All-Russian Science-to-Practice Conference with International Participation in Memory of Prof G.P. Saprygin]. Omsk, 2017, pp. 359–361. (in Russ.)
8. *Ministerstvo zdravookhraneniya Chelyabinskoy oblasti* [Ministry of Healthcare for the Chelyabinsk Region]. Available at: <http://www.zdrav74.ru/>

9. Naumenko N.V., Ashmarina E.A. Influence of Raw Components on Rheological Characteristics of Dough and Quality of Bakery Products. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2018, vol. 6, no. 1, pp. 60–68. (in Russ.) DOI: 10.14529/food180107

10. Nosov A.I., Sysoyeva M.A., Grevtsev V.A., Khalitov F.G. The research of physical and chemical properties of chromogen complexes from polypore fringed and polypore flat. *Khimiya rastitel'nogo syr'ia* [Chemistry of Plant Raw Material], 2013, no. 3, pp. 195–200. (in Russ.) DOI: 10.14258/jcprm.1303195

11. *Osnovnyye pokazateli, kharakterizuyushchiye vozdeystviye khozyaystvennoy deyatel'nosti na okruzhayushchuyu sredu v Chelyabinskoy oblasti* [Main Indicators Characterising the Effect of Economic Activity on the Environment of the Chelyabinsk Region. Official web-site of the territorial body of the Federal Service of State Statistics for the Chelyabinsk Region]. Available at: <http://chelstat.gks.ru>

12. Paimulina A.V., Khudyakov V.V., Naumenko N.V. The Use of Activated Water and Combined Herbal Supplement on the Basis of Stevioside and Fucoïdan in Bread Baking Technology. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2017, vol. 5, no. 1, pp. 82–89. (in Russ.) DOI: 10.14529/food170111

13. Bult H., Boeckxstaens G.E., Pelkmans P.A., Jordaens F.H., Van Maercke Y.M., Herman A.G. Nitric oxide as an inhibitory non-adrenergic non-cholinergic neurotransmitter. *Nature*, 1990; 345: 346–347. DOI:10.1038/345346a0

14. Rosell C.M., Rojas J.A., de Barber B. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 2001, vol. 15, pp. 75–81. DOI: 10.1016/S0268-005X(00)00054-0.

15. Teriault A., Wang Q., Van Iderstine S.C. et al. Modulation of hepatic lipoprotein synthesis and secretion by taxifolin, a plant flavonoid. *J. Lipid Res.*, 2000, vol. 41 (12), pp. 1969–1979.

Anastasiya V. Paimulina, postgraduate student of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University (Chelyabinsk), aaaminaaa@mail.ru

Irina V. Kalinina, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor, South Ural State University (Chelyabinsk).

Natalya V. Naumenko, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor at the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University (Chelyabinsk), Naumenko_natalya@mail.ru.

Irina Yu. Potoroko, Doctor of Sciences (Engineering), Professor of the Department of Food and Biotechnologies, South Ural State University (Chelyabinsk), irina_potoroko@mail.ru

Received July 23, 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Пищевые ингредиенты направленного действия в технологии хлебобулочных изделий / А.В. Паймулина, И.В. Калинина, Н.В. Наumenko, И.Ю. Потороко // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2018. – Т. 6, № 3. – С. 22–32. DOI: 10.14529/food180303

FOR CITATION

Paimulina A.V., Kalinina I.V., Naumenko N.V., Potoroko I.Yu. Direct Effect Food Ingredients in Bakery Products Technology. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2018, vol. 6, no. 3, pp. 22–32. (in Russ.) DOI: 10.14529/food180303