

УДК 664.6:664.768

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ХЛЕБОПЕЧЕНИИ

М.Ш. БЕГЕ УЛОВ, Е.О. КАРМАШОВА

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

В статье представлены результаты изучения влияния ценных побочных продуктов переработки растительного сырья, отличающихся, по сравнению с пшеничной мукой, повышенным содержанием белка, жира и диетической клетчатки, на физические свойства теста и качество хлеба. Проведенные исследования подтвердили возможность широкого использования в хлебопекарном производстве следующих концентраций растительного сырья от массы пшеничной муки высшего сорта: МКЦ, кедрового, кунжутного и тыквенного жмыхов в количестве до 3, 15, 10 и 14% соответственно; 2% МКЦ, 10% жмыха ядра кедрового ореха, 3,5% тыквенного жмыха при совместном использовании. Также установлена эффективность добавления 15% смеси «Дары природы», включающей в свой состав 8% МКЦ, 21% жмыха кунжутных семян, 29% жмыха тыквенных семян, 42% жмыха ядра кедрового ореха.

Ключевые слова: кедровый жмых, кунжутный жмых, микрокристаллическая целлюлоза, тыквенный жмых, физические свойства теста, обогащенный хлеб.

Согласно мнению экспертов Всемирной организации здравоохранения, состояние здоровья человека на 50% определяет индивидуальный образ жизни, в котором питанию принадлежит ведущая роль [8]. Рацион питания россиян характеризуется избыточным потреблением жиров животного происхождения, легко усвояемых углеводов, и в то же время для большинства населения существенно дефицитен в отношении полиненасыщенных жирных кислот, пищевых волокон, макро- и микроэлементов. Дефицит этих пищевых веществ и биологически активных компонентов в рационе приводит к снижению резистентности организма к неблагоприятным факторам окружающей среды, нарушению функции систем антиоксидантной защиты, хронизации болезней, повышению риска развития распространенных заболеваний, среди которых заболевания сердечно-сосудистой системы составляют 61%, новообразования — 32%, сахарный диабет II типа — 5% [10, 16].

В связи с тем, что одними из наиболее употребляемых населением продуктов питания на зерновой основе являются хлебобулочные изделия, представляется особенно актуальным введение в их рецептуру компонентов повышенной пищевой ценности, оказывающих влияние на качественный и количественный состав рациона

питания человека, что, в свою очередь, позволяет решить проблему профилактики и лечения различных заболеваний, связанных с дефицитом тех или иных веществ.

Важное значение при обогащении рационов питания населения Российской Федерации принадлежит пищевым волокнам, положительное влияние которых на организм человека установлено научными исследованиями последних десятилетий. Пищевым волокнам принадлежит ключевая роль в профилактике и лечении многочисленных нарушений углеводного и липидного обмена, в том числе атеросклероза, сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета, ожирения, желчекаменной болезни, рака толстой кишки и др. Многие пищевые волокна обладают пребиотическими, антибактериальными и антимуtagenными свойствами, способствуют связыванию и выведению токсинов из организма [1, 4, 9, 11, 19]. Полноценными источниками пищевых волокон являются побочные продукты переработки масличного сырья, такие как жмых, шрот, лузга. Однако в отраслях пищевой промышленности РФ используется лишь 15-30% от 40 млн т ежегодно образующихся вторичных ресурсов, а значительная часть, содержащая большое количество микро- и макронутриентов, остается в отходах [15], но должна более эффективно использоваться в пищевой промышленности. В то же время анализ ряда научно-исследовательских работ, направленных на создание обогащенных хлебобулочных изделий, свидетельствует о том, что в композициях зачастую используется сырье как растительного, так и животного происхождения [2, 13, 14]. Однако, фракционный состав белковых и жировых компонентов сырья растительного и животного происхождения различается и по-разному приспособлен к технологической обработке. Острая необходимость обогащения продуктов питания массового потребления физиологически функциональными ингредиентами при сохранении высоких показателей органолептической оценки определяет особую актуальность научных исследований по использованию в пищевой промышленности, прежде всего, растительного сырья. Таким образом, представляется актуальной возможность применения в хлебопечении таких ценных побочных продуктов переработки растительного сырья, как: микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ) (96% клетчатки), жмыхи ядра кедрового ореха (ЖКО) (12% клетчатки), кунжутных (ЖКС) (6% клетчатки) и тыквенных семян (ЖТС) (20% клетчатки), отличающихся, по сравнению с пшеничной мукой, повышенным содержанием не только клетчатки, но и белка, жира, минеральных веществ, витаминов. Так, содержание в кедровом, тыквенном и кунжутном жмыхах биологически полноценного белка и богатого полиненасыщенными жирными кислотами жира составляет 34, 45, 45 и 21, 10, 12 г на 100 г продукта соответственно. По имеющимся данным, ядра кедрового ореха, тыквенные и кунжутные семена содержат, по сравнению с пшеничной мукой высшего сорта (МПВС), существенно большее количество таких важных микронутриентов, как калий, магний, кальций, фосфор, железо. Содержание отдельных минеральных веществ в ядре кедрового ореха, тыквенных и кунжутных семян находится на следующем уровне: P — 1151,4; 1946,7; 720; Mg — 304,0; 350,8; 540,0; K — 631,2; 676,0; 497,0; Ca — 26,6; 347,0; 1474; Fe — 6,75; 6,5; 16,0 мг/100 г соответственно [5, 17, 18].

Цель исследований заключалась в разработке рецептуры хлебобулочных изделий с использованием ценных побочных продуктов переработки растительного сырья с улучшенными показателями качества готовых изделий. В связи с этим, перед нами были поставлены следующие задачи:

изучить особенности влияния добавок из ценных побочных продуктов переработки растительного сырья, используемых в различных количествах, на физические свойства теста и качество выпекаемого хлеба;

провести дифференциально-термический и термогравиметрический анализ пшеничной муки и растительных добавок;

разработать многокомпонентную смесь с использованием изученных побочных продуктов переработки растительного сырья;

разработать рецептуру хлебобулочного изделия с применением смеси из побочных продуктов переработки растительного сырья.

Место проведения опытов — кафедра хранения, переработки и товароведения продукции растениеводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Испытательная лаборатория учебно-научного Центра коллективного пользования — сервисная лаборатория комплексного анализа химических соединений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований являлись: мука пшеничная высшего сорта «Макфа» (МПВС), микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ), жмыхи ядра кедрового ореха (ЖКО), кунжутных (ЖКС) и тыквенных семян (ЖТС), выработанные в производственных условиях. В ходе научно-исследовательской работы использовали муку пшеничную высшего сорта «Макфа» 2-х партий различной даты выработки (контроль 1, контроль 2). По показателям качества изученные образцы исходной муки отвечали требованиям ГОСТ Р 52189-2003. Так, к примеру, массовая доля сырой клейковины находилась на уровне 29% 1 группы качества (60 условных единиц прибора ИДК), ЧП — 380-397 с.

Для проведения исследований были подготовлены смеси муки пшеничной высшего сорта с использованием указанных растительных продуктов в следующих количествах от массы пшеничной муки: 1, 3, 5% МКЦ; 5, 10, 15% ЖКО; 7, 14, 21% ЖТС; 5, 10, 15% ЖКС. Также изучено влияние совместного применения указанных ценных побочных растительных продуктов в следующих вариантах: 2% МКЦ + 5% ЖКО + 7% ЖТС; 2% МКЦ + 10% ЖКО + 3,5% ЖТС; 3% МКЦ + 15% ЖКО + 10% ЖТС. В результате анализа данных предварительных исследований нами была составлена растительная смесь «Дары природы», содержащая 8% микрокристаллической целлюлозы, 21% жмыха кунжутных семян, 29% жмыха тыквенных семян, 42% жмыха ядра кедрового ореха. Изучена возможность использования при производстве хлеба указанной смеси в количестве 15 и 30% от массы пшеничной муки высшего сорта.

Определение реологических свойств теста проводили с использованием фаринографа [6] и альвеографа [7]. Пробная лабораторная выпечка выполнялась по методике ВЦОКС [12]. Качество выпеченного хлеба оценивалось пробной выпечкой формового хлеба по объемному выходу из 100 г муки и подового хлеба по формоустойчивости. Дифференциально-термический и термогравиметрический анализ выполняли с применением термоаналитического комплекса на базе модифицированного дериватографа Q-1500D [3].

Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования показали, что использование растительных добавок оказывало существенное влияние на структурно-механические свойства теста по фаринографу. Так водопоглощение повышалось в вариантах с использованием 3-5% МКЦ на 0,8-1,5 см³, жмыха тыквенных семян — на 2,4-4,0 см³

(НСР₀₀₅ = 0,5 см³), жмыха кунжутных семян — на 0,6-2,3 см³, а при добавлении 30% смеси «Дары природы» — на 1,1 см³ (НСР₀₀₅ = 0,2 см³) по сравнению с контролем (табл. 1, 2). Увеличение водопоглотительной способности при использовании микрокристаллической целлюлозы можно объяснить ее капиллярной структурой и, как следствие, повышенной способностью к адсорбированию воды с образованием коллоидных систем. В случае внесения тыквенного, кунжутного жмыха повышение водопоглощения связано с высоким содержанием белка (45%), обладающего гидрофильными свойствами. Это свидетельствует о необходимости увеличения количества добавляемой при замесе теста воды в случае использования в практике хлебопечения изученных растительных добавок. Водопоглощение снижалось в сле-

Таблица 1

Реологические свойства теста по альвеографу

Вариант опыта	Максимальное избыточное давление (P), мм водн. ст.	Среднее значение абсциссы при разрыве (L), мм	Показатель формы кривой (P/L)	Энергия деформации (W), *10 ⁻⁴ J
Мука пшеничная высшего сорта (МПВС, контроль 2)	108,0	59,0	1,82	257,0
МПВС + 15% смеси «Дары природы»	70,0	45,0	1,53	125,0
МПВС + 30% смеси «Дары природы»	97,0	21,0	4,59	93,0

Таблица 2

Хлебопекарная оценка по результатам пробной лабораторной выпечки

Вариант	Качество подового хлеба			Объёмный выход хлеба, см ³ /100 г муки	Общая хлебопекарная оценка, балл*
	h, мм	d, мм	h/d		
Мука пшеничная высшего сорта (МПВС, контроль 2)	79,0	127,0	0,62	550,0	3,7
МПВС + 5% ЖКС	64,0	134,0	0,48	535,0	3,6
МПВС + 10% ЖКС	66,0	132,0	0,50	610,0	3,6
МПВС + 15% ЖКС	67,0	126,0	0,53	520,0	3,6
МПВС + 15% смеси «Дары природы»	74,0	131,0	0,56	570,0	3,8
МПВС + 30% смеси «Дары природы»	57,0	120,0	0,48	460,0	3,2
НСР _{0,05}	—	—	—	24,2	—

* без учета цвета мякиша.

дующих вариантах с совместным использованием: 2% МКЦ + 5% КЖ + 7% ТЖ; 2% МКЦ + 10% КЖ + 3,5% ТЖ; 3% МКЦ + 15% КЖ + 10% ТЖ на 2,8; 3,5; 2,2 см³ (НСР₀₀₅ = 0,5 см³). Это можно объяснить конкурентным взаимодействием белков, обладающих гидрофильными свойствами, и жиров, обладающих гидрофобными свойствами. Для достижения оптимальной консистенции теста в данных вариантах необходима корректировка количества добавляемой воды в сторону уменьшения.

Использование 10-15% жмыха кедровых семян, 7-21% жмыха тыквенных семян, совместное внесение растительных добавок привело к увеличению времени образования теста на 1,3-1,8; 3,0-13,0; 3,3-4,8 мин соответственно (НСР₀₀₅ = 0,9 мин), а при использовании 5-15% жмыха кунжутных семян, 30% смеси «Дары природы» — на 2,7-3,5; 2,2 мин (НСР₀₀₅ = 1,3 мин) по сравнению с контролем (рис. 1).

В вариантах с использованием 15% жмыха ядра кедрового ореха, 7-21% жмыха тыквенных семян, совместным применением растительных добавок отмечалось увеличение устойчивости теста на 0,9; 0,8-5,0; 1,0-4,3 мин соответственно (НСР₀₀₅ = 0,8 мин), а при внесении 5-15% жмыха кунжутных семян, 15-30% смеси «Дары природы» от массы пшеничной муки — на 2,5-3,8; 1,8-4,7 мин (НСР₀₀₅ = 0,7 мин) соответственно.

Существенное улучшение реологических свойств теста наблюдалось при использовании кедрового, тыквенного, кунжутного жмыха, а также смеси «Дары природы» в изученных количествах и по показателю качества по фаринографу. Отмече-

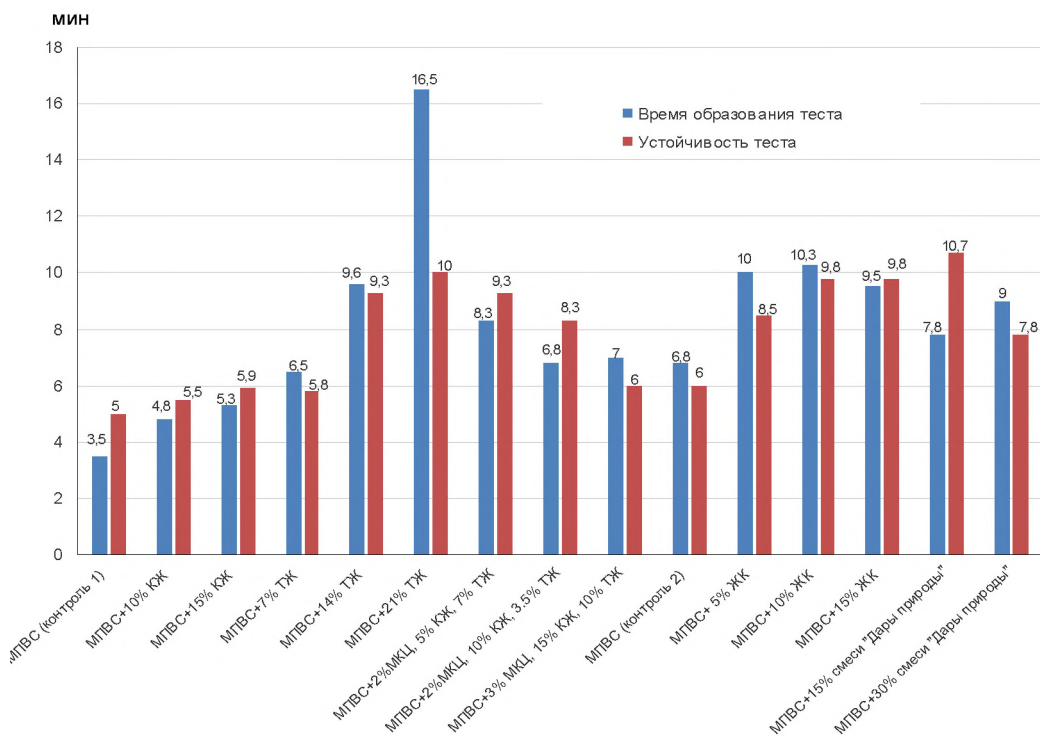


Рис. 1. Влияние на реологические свойства теста по фаринографу добавления к пшеничной муке ценных побочных продуктов переработки растительного сырья

но его значительное повышение в вариантах с внесением 5-15% ЖКО на 17,5 мм, 7-21% ЖТС — на 47,5-205,0 мм, 5-15% ЖКС — на 25,0-37,5 мм, при совместном внесении растительных добавок в изученных количествах — на 15,0-27,5 мм ($HCP_{005} = 11,9$ мм), а при добавлении 15—30% смеси «Дары природы» — на 30-40 мм по сравнению с контролем ($HCP_{005} = 9,9$ мм) (рис. 2).

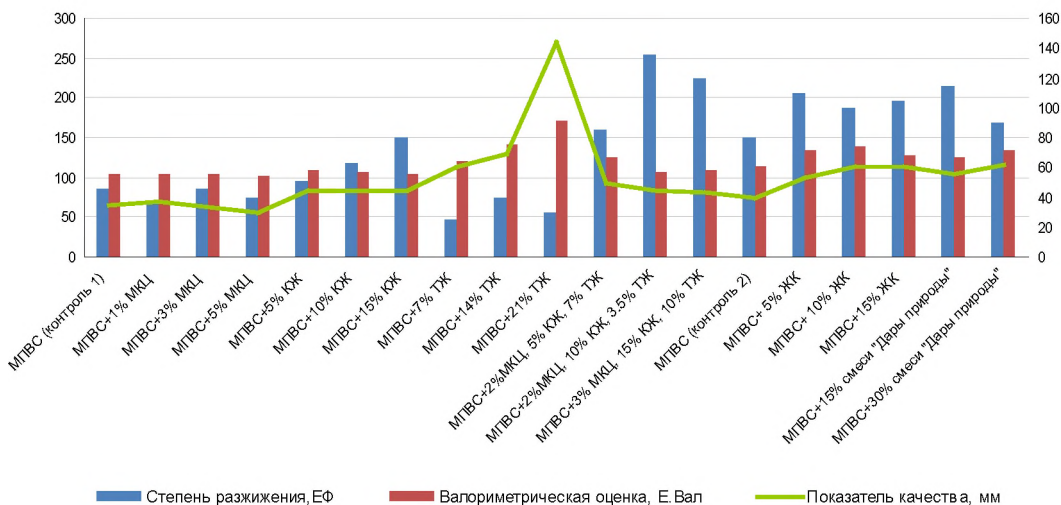
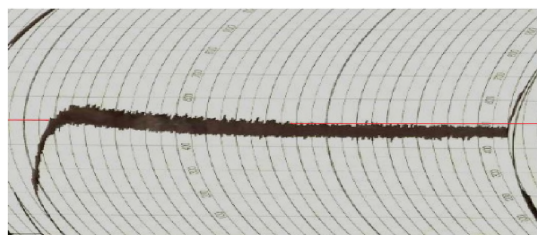


Рис. 2. Реологические свойства теста по фаринографу

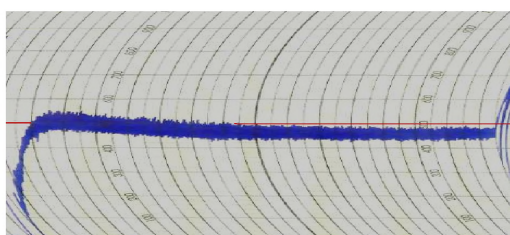
Важный показатель при расшифровке фаринограммы — это степень разжижения теста. Значения данного показателя в вариантах опыта колебались от 25,0 до 135,0 ЕФ (рис. 2). Добавление 10-15% кедрового, 5-15% кунжутного жмыха, 15% смеси «Дары природы» вызвало повышение степени разжижения на 17,5-35,0 ЕФ ($HCP_{005} = 16,4$ ЕФ); 20,0-30,0 ЕФ; 35 ЕФ ($HCP_{005} = 19,9$ ЕФ) соответственно. При совместном внесении растительных добавок (МКЦ, жмыха кедровых и тыквенных семян) в изученных количествах, данный показатель увеличился на 40-90 ЕФ ($HCP_{005} = 16,4$ ЕФ), что предполагает снижение устойчивости теста при длительном механизированном замесе.

Обобщающий показатель определения реологических свойств теста на фаринографе — это валориметрическая оценка (или площадь фаринограммы). Отмечалось значительное повышение валориметрической оценки во всех вариантах с использованием жмыха тыквенных семян (на 8,0-35,0 Е.Вал.) ($HCP_{005} = 3,9$ Е.Вал), жмыха кунжутных семян (на 7,5-13,5 Е.Вал.) ($HCP_{005} = 5,1$ Е.Вал), при совместном добавлении 2% МКЦ, 5% КЖ, 7% ТЖ ($HCP_{005} = 3,9$ Е.Вал), а также при использовании 15-30% смеси «Дары природы» (на 8,0; 5,5 и 11,0 Е.Вал. соответственно) ($HCP_{005} = 5,1$ Е.Вал). Результаты определения реологических свойств теста с применением ценных побочных продуктов переработки растительного сырья представлены на рисунках 3, 4.

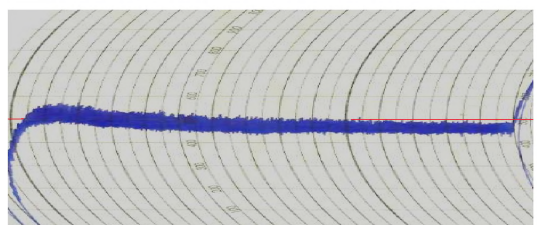
При использовании 15% растительной смеси «Дары природы» отмечалось некоторое ухудшение реологических свойств теста по альвеографу (табл. 1), которое в целом существенно не отразилось на результатах пробной лабораторной выпечки.



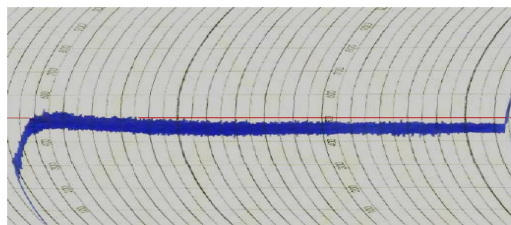
1



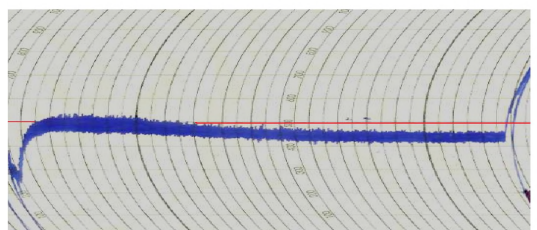
2



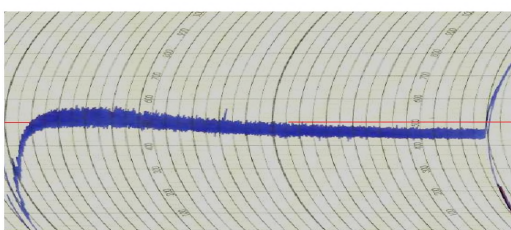
3



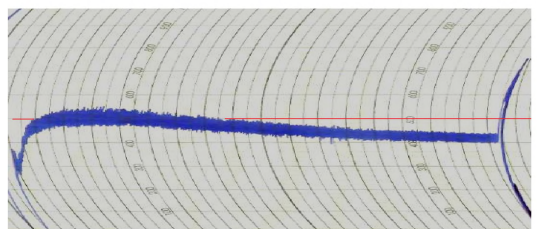
4



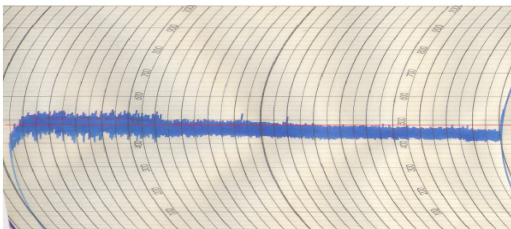
5



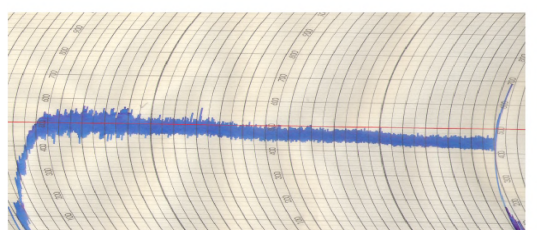
6



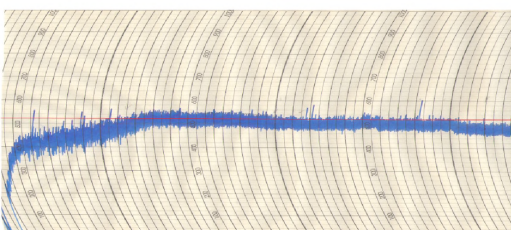
7



8



9



10

Рис. 3. Фаринोगраммы: 1 — МПВС (контроль 1); 2 — МПВС + 1% МКЦ; 3 — МПВС + 3% МКЦ; 4 — МПВС + 5% МКЦ; 5 — МПВС + 5% ЖКО; 6 — МПВС + 10% ЖКО; 7 — МПВС + 15% ЖКО; 8 — МПВС + 7% ЖТС; 9 — МПВС + 14% ЖТС; 10 — МПВС + 21% ЖТС

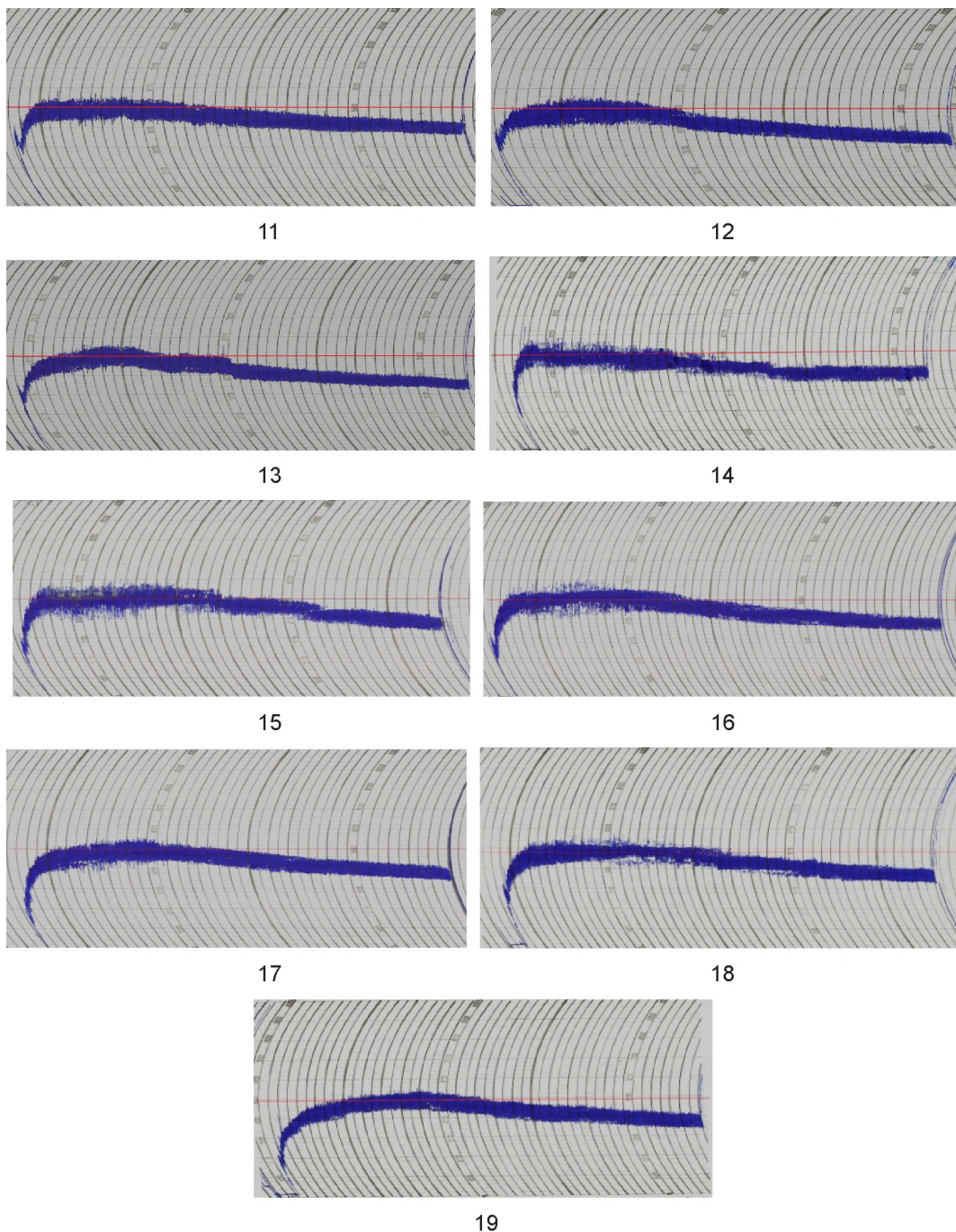


Рис. 4. Фаринограммы: 11 — МПВС + 2% МКЦ, 5% ЖКО, 7% ЖТС; 12 — МПВС + 2% МКЦ, 10% ЖКО, 3,5% ЖТС; 13 — МПВС + 3% МКЦ, 15% ЖКО, 10% ЖТС; 14 — МПВС (контроль 2); 15 — МПВС + 5% ЖКС; 16 — МПВС + 10% ЖКС; 17 — МПВС + 15% ЖКС; 18 — МПВС + 15% смеси «Дары природы»; 19 — МПВС + 30% смеси «Дары природы»

По результатам пробной лабораторной выпечки, объемный выход хлеба с применением 15% смеси «Дары природы» составил 570 см³/100 г муки, а формоустойчивость — 0,56, что несущественно отличается от контроля. Значительное содержание сравнительно крупных частиц жмыхов (>1 мм) и снижение содержания клейковины при добавлении к пшеничной муке 30% смеси «Дары природы» заметно ухудшало состояние клейковинного каркаса и газодерживающую способность муки. Так, внесение 30% растительной смеси «Дары природы» приводило к заметному снижению среднего значения абсциссы при разрыве (растяжимость теста) и энергии деформации теста по альвеографу (хлебопекарная способность муки) на 38 мм и 164*10⁻⁴ J соответственно. Показатель формы кривой, характеризующий сбалансированность упругости и растяжимости теста, при добавлении смеси «Дары природы» в указанном количестве также повышался, что свидетельствует о заметном ухудшении реологических свойств теста по альвеографу. Его значение увеличилось до 4,59. При использовании 30% смеси «Дары природы» отмечалось статистически доказуемое снижение объемного выхода до 460 см³/100 г муки по сравнению с контролем (табл. 2).

Максимальный объемный выход хлеба был отмечен в вариантах с использованием 5% кедрового (ЖКО) (590 см³) и 10% кунжутного жмыхов (ЖКС) (610 см³) (табл. 2, 3). В данном случае объемный выход увеличивался на 110 и 60 см³ по сравнению с контролем. Дальнейшее повышение массовой доли кедрового и кунжутного жмыха не было столь эффективным. В вариантах опыта с добавлением 3% МКЦ, 7-14% ЖТС, а также при совместном использовании 2% МКЦ, 10% ЖКО, 3,5% ЖТС наблюдалось повышение объемного выхода хлеба на 90, 40-65 и 45 см³ соответственно.

Таблица 3

Хлебопекарная оценка по результатам пробной лабораторной выпечки

Вариант	Качество подового хлеба			Объёмный выход хлеба, см ³ /100 г муки	Общая хлебопекарная оценка, балл*
	h, мм	d, мм	h/d		
Мука пшеничная высшего сорта (МПВС, контроль 1)	61,0	123,0	0,49	480,0	3,4
МПВС + 1% МКЦ	63,0	119,0	0,53	490,0	3,4
МПВС + 3% МКЦ	71,0	120,0	0,59	570,0	3,4
МПВС + 5% МКЦ	79,0	119,0	0,66	505,0	3,1
МПВС + 5% ЖКО	67,0	134,0	0,50	590,0	3,6
МПВС + 10% ЖКО	61,0	131,0	0,47	525,0	3,6
МПВС + 15% ЖКО	59,0	125,0	0,47	510,0	3,4
МПВС + 7% ЖТС	67,0	112,0	0,59	520,0	3,6
МПВС + 14% ЖТС	65,0	112,0	0,58	545,0	3,7
МПВС + 21% ЖТС	50,0	105,0	0,47	305,0	3,1
МПВС + 2% МКЦ, 5% ЖКО, 7% ЖТС	60,0	134,0	0,45	480,0	3,4

Вариант	Качество подового хлеба			Объёмный выход хлеба, см ³ /100 г муки	Общая хлебопекарная оценка, балл*
	h, мм	d, мм	h/d		
МПВС + 2% МКЦ, 10% ЖКО, 3,5% ЖТС	61,0	136,0	0,45	525,0	3,6
МПВС + 3% МКЦ 15% ЖКО, 10% ЖТС	52,0	140,0	0,37	460,0	3,2
НСР0.05	—	—	—	17,1	—

* без учета цвета мякиша.

Формоустойчивость подового хлеба во всех вариантах опыта изменялась от 0,37 до 0,66. В случае использования изученных растительных добавок в максимальных дозировках (за исключением МКЦ) имелась тенденция к снижению формоустойчивости хлеба. Применение растительных добавок не приводило к существенному ухудшению качества мякиша хлеба, его пористости и эластичности (рис. 5, 6). В большинстве случаев форма поверхности была полуовальная (3 балла), за исключением вариантов с 14% ТЖ, с совместным использованием 2% МКЦ, 10% КЖ, 3,5% ТЖ и варианта с добавлением 15% смеси «Дары природы» (овальная —

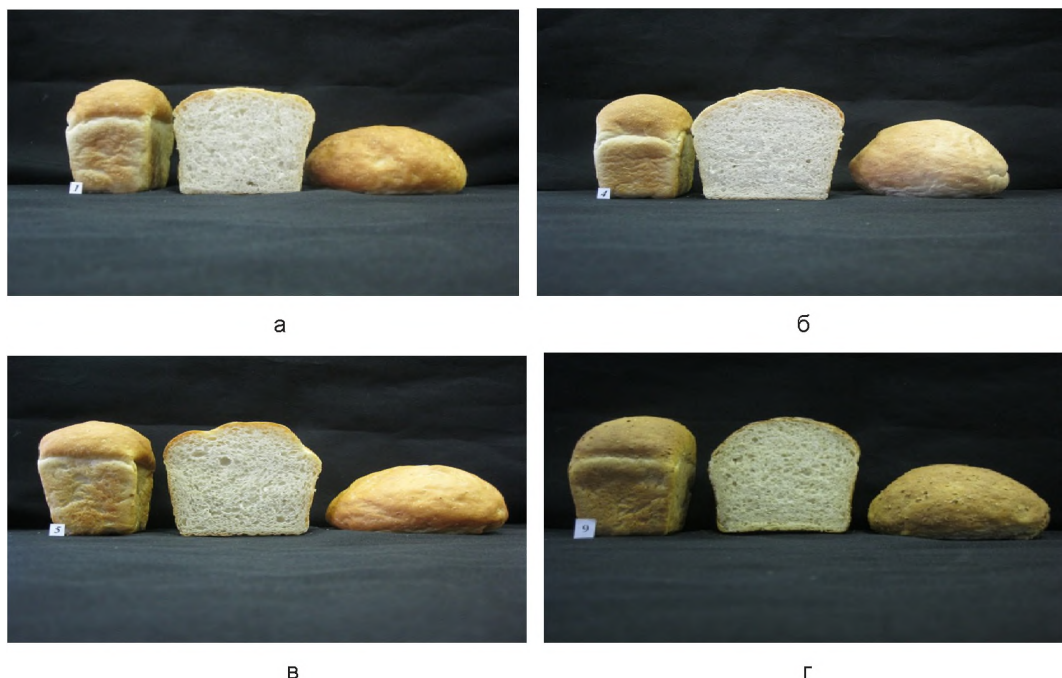


Рис. 5. Образцы хлеба по результатам пробной лабораторной выпечки: а — хлеб без добавок (контроль-1); б — образцы хлеба с добавлением 5% МКЦ; в — образцы хлеба с добавлением 5% КЖ; г — образцы хлеба с добавлением 14% ТЖ

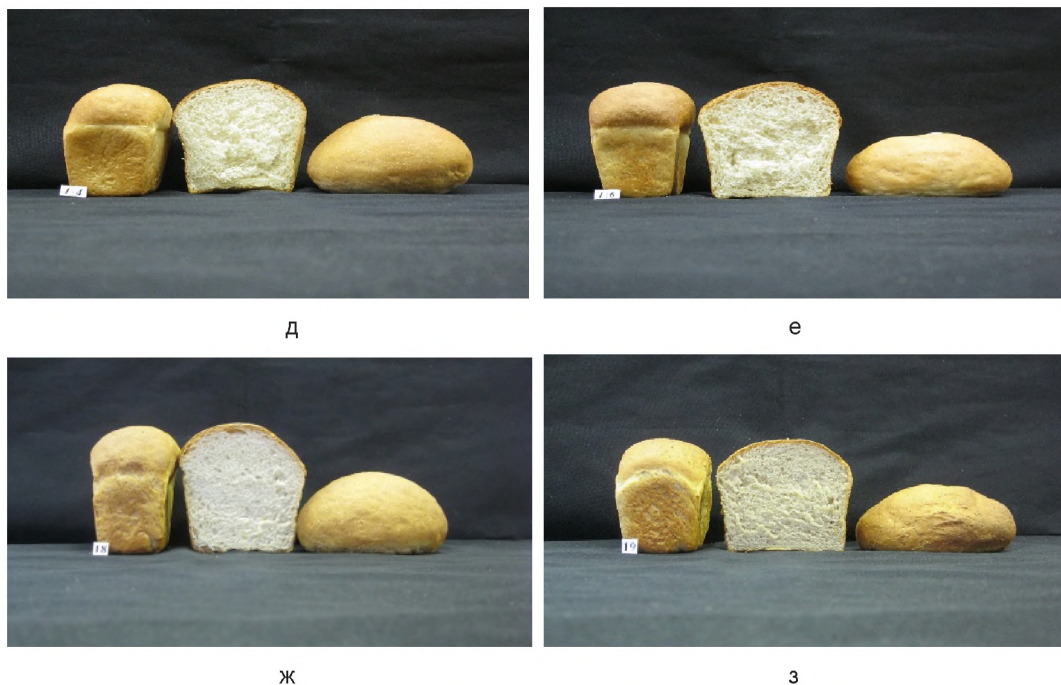


Рис. 6. Образцы хлеба по результатам пробной лабораторной выпечки: д — хлеб без добавок (контроль-2); е — образцы хлеба с добавлением 10% ЖК; ж — образцы хлеба с добавлением 15% смеси «Дары природы»; з — образцы хлеба с добавлением 30% смеси «Дары природы»

4 балла). Поверхность у выпеченного хлеба с добавлением смеси «Дары природы» была ровная (4 балла). Во всех вариантах цвет корки был золотисто-коричневым (интенсивная реакция меланоидинообразования) (5 баллов), исключение составил вариант с внесением 5% МКЦ (3 балла). При использовании растительных добавок в большинстве случаев отмечалась сравнительно крупная толстостенная пористость (3 балла). Однако в варианте с совместным добавлением 2% МКЦ, 10% КЖ, 3,5% ТЖ пористость была сравнительно крупная неравномерная (3,5 балла), при использовании 15 и 30% смеси «Дары природы» мелкая, тонкостенная, неравномерная (4 балла).

При использовании растительных добавок в большинстве случаев отмечалась сравнительно крупная толстостенная пористость (3 балла). Однако в варианте с совместным добавлением 2% МКЦ, 10% КЖ, 3,5% ТЖ пористость была сравнительно крупная неравномерная (3,5 балла), при использовании 15 и 30% смеси «Дары природы» мелкая, тонкостенная, неравномерная (4 балла).

Результаты пробной лабораторной выпечки показали, что при использовании 5% МКЦ, 21% жмыха тыквенных семян общая хлебопекарная оценка составила 3,1 балла (удовлетворительная оценка). При внесении 1-3% микрокристаллической целлюлозы, 5-15% жмыха ядра кедрового ореха, 7-14% жмыха тыквенных семян, 7-21% жмыха кунжутных семян, 30% смеси «Дары природы», совместном использовании растительных добавок хлебопекарная оценка изменялась в пределах 3,2-3,7 балла (вполне удовлетворительная оценка). Наилучшей хлебопекарной

оценкой среди всех изученных вариантов опыта отличался образец с добавлением 15% смеси «Дары природы» (3,8 балла), рецептура которого представлена в таблице 4.

Т а б л и ц а 4

**Рецептура хлеба «Академический»
с использованием растительной смеси «Дары природы»**

Наименование сырья	Расход сырья, кг (в натуре)
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта	100,0
Дрожжи хлебопекарные прессованные	3,0
Соль поваренная пищевая	1,3
Сахар-песок	2,5
Композиция «Дары природы»:	15,0
микрористаллическая целлюлоза	1,2
жмых ядра кедрового ореха	6,3
жмых кунжутных семян	3,15
жмых тыквенных семян	4,35
Вода	По расчету

При помещении тестовой заготовки в среду пекарной камеры в ней одновременно протекают теплофизические, микробиологические, биохимические и коллоидные процессы, следствием которых являются прогревание, образование корки и мякиша, увеличение объема, формирование вкуса и аромата, уменьшение массы (упек) [21]. Очевидно, что внесение дополнительных ингредиентов, отличающихся по химическому составу от основного сырья, повлияет на интенсивность и характер протекания реакций при превращении тестовой заготовки в готовый продукт.

В ходе лабораторных выпечек опытных образцов нами был отмечен более выраженный, по сравнению с контрольным образцом, процесс меланоидинообразования, что проявлялось в более интенсивном окрашивании корки в процессе выпечки. В связи с тем, что используемые в представленной научно-исследовательской работе продукты переработки растительного сырья содержат более высокое, по сравнению с пшеничной мукой, количество белка, при гидролизе которого накапливаются продукты реакции меланоидинообразования, объясняется более интенсивное окрашивание корки тестовой заготовки.

С целью совершенствования технологического процесса производства обогащенного хлеба с учетом особенностей химического состава используемых растительных ингредиентов, нами проведен дифференциально-термический и термогравиметрический анализ исходного сырья с применением термоаналитического комплекса на базе модифицированного деривате графа Q-1500 D. По имеющимся данным наблюдается полное сохранение структуры клетчатки при температуре (230°C), соответствующей выпечке хлебобулочных изделий. Однако, показатель энергии активации у использованных в опыте растительных добавок заметно отличается от этого

показателя у пшеничной муки. Так, энергия активации в пробах пшеничной муки находилась на уровне 234,53 кДж/моль; МКЦ — 206,54; кедровом жмыхе — 173,20; тыквенном жмыхе — 162,91 кДж/моль.

Как известно, энергия активации — это минимальное количество энергии, которое требуется сообщить системе, чтобы произошла реакция. При низкой температуре большинство молекул обладают меньшей энергией, чем энергия активации. Чтобы молекулы могли вступить в химическое взаимодействие, они должны обладать некоторой избыточной кинетической энергией, называемой энергией активации, которая превышает их среднюю кинетическую энергию [20]. Энергия активации является основным фактором, определяющим скорость той или иной реакции: чем больше энергия активации, тем медленнее протекает реакция, и наоборот, чем меньше энергия активации, тем быстрее при данной температуре будет протекать данный процесс.

Изученные нами растительные добавки обладают заметно меньшей энергией активации по сравнению с энергией активации пшеничной муки: на 61,3 и на 71,6 кДж/моль у кедрового и тыквенного жмыхов соответственно. Это объясняет более интенсивный процесс меланоидинообразования в вариантах с применением ценных побочных продуктов переработки растительного сырья. Таким образом, можно рекомендовать более низкие температурные режимы выпечки при большей продолжительности выпечки хлебобулочных изделий с использованием этих добавок. Установленные нами различия в энергии активации исследуемых объектов с точки зрения хлебопечения, представляют новое перспективное направление в поиске и разработке индивидуальных режимов выпечки в зависимости от использования, предусмотренных рецептурой различных растительных добавок. Полученные в результате эксперимента дериватограммы показаны на рис. 7.

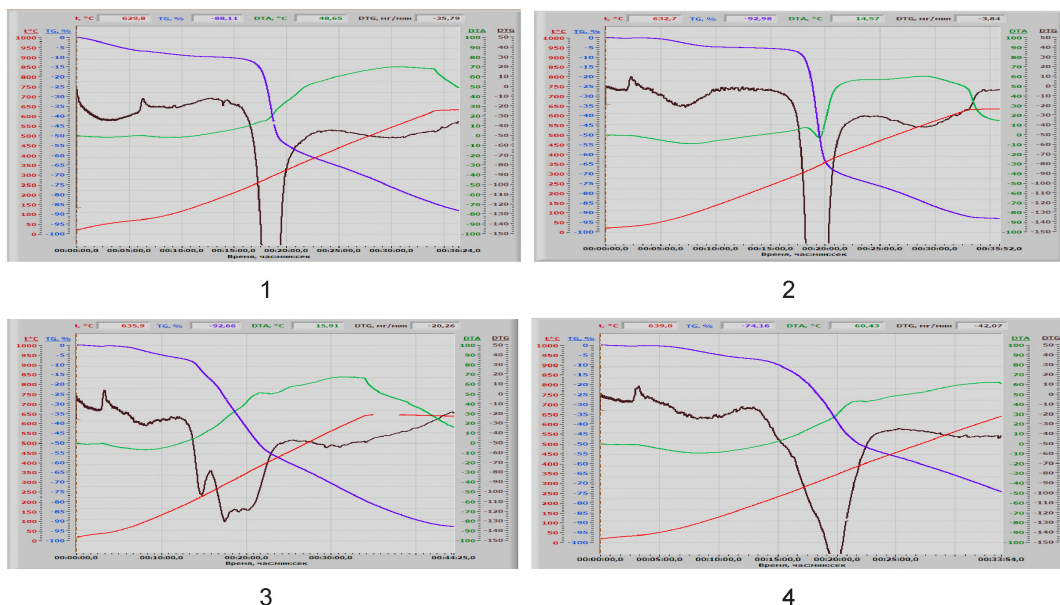


Рис. 7. Дериватограммы: 1 — муки пшеничной высшего сорта; 2 — микрокристаллической целлюлозы; 3 — кедрового жмыха; 4 — тыквенного жмыха

Выводы

1. В результате исследований установлено, что добавление к пшеничной муке ценных побочных продуктов переработки растительного сырья, а также составленной, на основе анализа данных по отдельному применению растительных добавок, смеси «Дары природы», не приводит к ухудшению качества выпекаемого хлеба, а в ряде случаев и улучшает его.

2. Максимальный объемный выход был отмечен в вариантах с использованием 5% кедрового жмыха (590 см³) и 10% жмыха кунжутного (610 см³). В данном случае объемный выход хлеба повышался на 110 и 60 см³ по сравнению с контролем.

3. По результатам пробной лабораторной выпечки, наилучшим качеством по органолептическим свойствам отличался вариант с использованием 15% смеси «Дары природы» (3,8 балла), включающей в свой состав 8% микрокристаллической целлюлозы, 21 % жмыха кунжутных семян, 29% жмыха тыквенных семян, 42% жмыха кедровых орехов.

4. Разработанная рецептура хлеба «Академический» с применением 15% смеси «Дары природы» позволит в промышленных условиях производить обогащенные хлебобулочные изделия повышенной пищевой ценности при сохранении высокого уровня качества готового продукта.

5. Таким образом, можно рекомендовать широкое внедрение в хлебопекарное производство следующих концентраций ценного побочного растительного сырья от массы пшеничной муки соответственно: микрокристаллической целлюлозы, кедрового, кунжутного и тыквенного жмыхов в количестве до 3, 15, 10 и 14%, а также совместное использование растительных добавок в следующих изученных количествах 2% МКЦ, 10% КЖ, 3,5% ТЖ. Наиболее эффективным по результатам опыта оказалось применение 15% растительной смеси «Дары природы» от массы пшеничной муки.

6. Энергия активации в пробах изученных растительных образцов по термогравиметрическому анализу составила: у муки пшеничной высшего сорта «Макфа» — 234,53 кДж/моль; микрокристаллической целлюлозы — 206,54 кДж/моль; кедрового жмыха— 173,20 кДж/моль; тыквенного жмыха— 162,91 кДж/моль. Установленные различия в энергии активации исследуемых объектов с точки зрения хлебопечения, позволяют проводить разработку индивидуальных режимов выпечки в зависимости от особенностей химического состава, предусмотренных рецептурой различных растительных добавок.

Библиографический список

1. *Ардатская М.Д.* Клиническое применение пищевых волокон. М.: 4ТЕ Арт, 2011. 48 с.

2. *Аушева Т.А.* Композиции биологически активных веществ растительного и животного сырья в технологии хлеба и мучных кондитерских изделий: дисс. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2012. 230 с.

3. *Белопухов С.Л., Шлее Т.В., Старых С.Э.* Методические указания по проведению испытаний биологических образцов методом термической гравиметрии и дифференциально-термического анализа. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2010. 46 с.

4. *Бессонов В.В., Байгарин Е.К., Горшунова К.Д., Семенова П.А., Нечаев А.П.* Взаимодействие пищевых волокон с различными функциональными ингредиентами пищи // Вопросы питания. 2012. Т. 81. № 3. С. 41-45.

5. *Васильева А.Г., Касьянов Г.П., Деревенко В.В.* Комплексное использование тыквы и ее семян в пищевых технологиях. Краснодар: Экоинвест, 2010. 144 с.

6. ГОСТ Р 51404-99 (ИСО 5530-1-97) Мука пшеничная. Физические характеристики теста. Определение водопоглощения и реологических свойств с применением фаринографа. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000.

7. ГОСТ Р 51415-99 (ИСО 5530-4:91) Мука пшеничная. Физические характеристики теста. Определение реологических свойств с применением альвеографа. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000.

8. Думачеева Е.В. Физиология питания. Белгород: ИПК НИУ «Бел ГУ», 2012. 96 с.

9. Ильина О.А. Научно-практические основы применения пищевых волокон в хлебопекарном и кондитерском производствах: автореф. дисс. ... док. техн. наук. М., 2002. 52 с.

10. Лисицын А.Б., Чернуха И.М., Горбунова Н.А. Научное обеспечение инновационных технологий при производстве продуктов здорового питания // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 10. С. 8—14.

11. Мельникова Е.П., Скрыльникова Е.С., Рудниченко Е.С. Анализ функционально-технологических свойств различных пищевых волокон // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2013. № 4. С. 62-63.

12. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Калинин: Калининская областная типография, 1988. 121 с.

13. Невская Е. В. Разработка технологий хлебобулочных изделий для детского питания на основе натуральных обогатителей: дисс.... канд. техн. наук. Москва, 2011, 233 с.

14. Остробородова С.Н. Разработка технологий функциональных хлебобулочных изделий с применением сырья растительного и животного происхождения: дисс. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2009. 219 с

15. Погожих Н.П., Одарченко Д.Н., Сподаров Е.В., Сорокопудое В.Н., Мячикова Н.И. Исследование функционально-технологических свойств овощных жмыхов // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 11. С. 21-24.

16. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. МР 2.3.1.1915-04. М.: Технорматив, 2008. 26 с.

17. Скурихин П.М., Тутельян В.А. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания. М.: ДеЛи принт, 2007. 276 с.

18. Субботина М.А. Минеральный состав и показатели безопасности семян сосны кедровой сибирской // Вестник КрасГАУ 2009. № 5. С. 174-177.

19. Тутельян В.А., Байгарин Е.К., Погожаева А.В. Пищевые волокна: гигиеническая характеристика и оценка эффективности. М.: СвР-АРГУС, 2012. 244 с.

20. Хмельницкий Г.А. Физическая и коллоидная химия. М.: ООО «Издательский дом Альянс», 2009. 400 с.

21. Цыганова Т.Б. Технология и организация производства хлебобулочных изделий. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 448 с.

UTILIZATION EFFICIENCY OF PLANT RAW MATERIAL BY-PRODUCTS IN BAKERY

M.SH. BEGEULOV, E.O. KARMASHOVA

(Russian Timiryazev State Agrarian University)

In connection with the outlined recent trends towards the creation of functional foods, including bakery products, it is imperative to work at studying the influence of introduced ingredients on the quality of final products, as changes in the quantitative composition of the product can lead to some changes in its qualitative characteristics. We have studied the possibility of using in bread making such valuable by-products derived from processed raw plant material as: microcrystalline

cellulose, cedar oil cake, sesame oil cake, and pumpkin oil cake, that differ from wheat flour because they are high in protein, fat, and what is of greatest importance is that they contain dietary fiber.

The paper presents results on the effect of by-products derived from plant material on dough physical properties and bread quality. These studies have confirmed the possibility of widespread use in baking production the following proportions of plant raw materials calculated per unit of wheat flour weight: microcrystalline cellulose, cedar, sesame and pumpkin cake up to 3, 15, 10 and 14%, respectively; or 2% of microcrystalline cellulose, 10% of cedar oil cake, 3.5% of pumpkin oil cake if they are used in combination. Moreover, adding 15% of the mixture called "Gifts of nature", which contains 8% microcrystalline cellulose, 21% of sesame oil cake, 29% of pumpkin cake, 42% of cedar oil cake.

Key words: cedar oil cake, sesame oil cake, microcrystalline cellulose, pumpkin oil cake, dough physical properties, enriched bread.

Бегулов Марат Шагабанович — к. с.-х. н. доц. кафедры хранения, переработки и товароведения продукции растениеводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел. (499) 976-24-82; e-mail: mbegeulow@timacad.ru).

Кармашова Екатерина Олеговна — асп. кафедры хранения, переработки и товароведения продукции растениеводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел. (499) 976-12-71; e-mail: eketkarm@mail.ru).

Begeulov Marat Shagabanovich — PhD in Agricultural Sciences, associate professor of the department of storage, processing and plant production science, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel. 8(499)976-24-82; e-mail: mbegeulow@timacad.ru).

Karmashova Ekaterina Olegovna—PhD student of the department of storage, processing and plant production science, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel. 8(499)976-12-71; e-mail: eketkarm@mail.ru).