

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РЖАНОГО ХЛЕБА

Э. А. Черниязова, А. А. Ефремова, Н. Л. Наумова

Одним из способов повышения пищевой ценности хлеба из ржаной муки является использование нетрадиционных видов растительного сырья, превосходящих ржаную муку по набору отдельных нутриентов. В этой связи целью исследований явился сравнительный анализ химического состава сырьевой базы, применяемой в технологии производства ржаного хлеба. В качестве объектов исследований использовали различные виды муки: ржаную обдирную (производитель ЗАО «Магнитогорский комбинат хлебопродуктов – СИТНО»), из семян черного тмина (ООО «Алтайский Кедр») и кунжута (ООО «Фабрика Органик Продукт»), из ядер кедрового ореха (ООО «Дар Алтай»), из виноградных косточек (ООО «Сампо»). Установлено, что применение нетрадиционных видов муки является оправданным для повышения пищевой ценности выпечки из ржаного сырья. Так, применение муки из семян черного тмина позволит существенно повысить в ржаных изделиях содержание пищевых волокон и микроэлементов (железа, меди, кобальта, магния); внесение кунжутной муки – концентрацию белка, меди, магния, фосфора, цинка; использование муки из ядер кедрового ореха – содержание полиненасыщенных жирных кислот, марганца, фосфора, кобальта, меди; введение муки из виноградных косточек – дозировку растворимых и нерастворимых пищевых волокон, а также железа, меди, кальция. Во всех случаях замещение определенного количества ржаной муки в рецептуре хлебобулочных изделий на анализируемое растительное сырье снизит глютеную нагрузку на организм человека.

Ключевые слова: мука ржаная, мука из семян черного тмина, мука из семян кунжута, мука из ядер кедрового ореха, мука из виноградных косточек, химический состав.

ВВЕДЕНИЕ

Поиск ингредиентов и разработка рецептур хлебобулочных изделий, сбалансированных по нутриентному составу, – одно из перспективных направлений обеспечения потребительского рынка здоровыми продуктами питания. Одним из способов повышения пищевой ценности хлеба из ржаной муки является внесение в рецептуру теста нетрадиционных видов растительного сырья [1].

Известно, что в ржаной муке содержится больше незаменимых аминокислот, минеральных веществ и витаминов, чем в пшеничной муке [2]. Однако на товарном рынке реализуется растительное сырье, рекомендуемое для использования в хлебопечении, превосходящее ржаную муку по набору отдельных нутриентов [1, 3–8]. В этой связи целью настоящих исследований явился сравнительный анализ химического состава растительного сырья, применяемого в технологии производства ржаного хлеба.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов исследований использовали:

- муку ржаную хлебопекарную обдирную, вырабатываемую по ГОСТ Р 52809-2007 (производитель ЗАО «Магнитогорский комбинат хлебопродуктов – СИТНО», Челябинская область, г. Магнитогорск);

- муку из семян черного тмина (торговая марка «Сибирский продукт»), вырабатываемую по ТУ 9146-008-53163736-13 (производитель ООО «Алтайский Кедр», поставщик ООО «ВЕЛА» Кедровый рай, г. Москва);

- муку из семян кунжута (торговая марка «Масляный король»), вырабатываемую по ТУ 9146-016-70834238-09 (производитель ООО «Фабрика Органик Продукт», Новгородская область, поселок Панковка);

- муку из ядер кедрового ореха (торговая марка «Сибирский продукт»), вырабатываемую по ТУ 9146-001-53163736-06 (производитель ООО «Дар Алтай», Алтайский Край, г. Барнаул);

- муку из виноградных косточек (торговая марка «Житница здоровья»), вырабатываемую по СТО 21318887-005-53163736-13 (производитель ООО «Сампо», Тверская область, село Красная гора).

Массовую долю влаги определяли по ГОСТ 9404-88, содержание пищевых волокон,

фосфора, магния, кальция, марганца – согласно общепринятой методике [9], содержание железа, меди, цинка, кобальта, никеля – по ГОСТ 30178-96, массовые доли сухих веществ, жира и золы – согласно МУ 4237-86, массовую долю золы – по ГОСТ 28875-90.

Микроструктуру растительного сырья определяли на растровом электронном микроскопе JSM – 6460LV (фирмы JEOL, Япония).

Все исследования проводились в пятикратной повторности. Статистический анализ выполнялся с использованием пакета программ: Microsoft Excel XP, Statistica 8.0. Статистическая погрешность данных не превысила 5 % (при 95%-ном доверительном уровне).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На первом этапе исследований изучали физико-химические показатели анализируемого растительного сырья в сравнительном аспекте. Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Установлено, что массовая доля сухих веществ в анализируемых образцах сырья резких колебаний в количественных характеристиках не имела и находилась в пределах 90–97 %. Однако содержание влаги в муке из

ядер кедрового ореха было более чем в 3 раза ниже ($3,2 \pm 0,3$ %), чем в ржаной муке ($11,0 \pm 0,4$ %). Наиболее близкой к муке из зерна ржи по влажности оказалась мука из виноградных косточек ($10,4 \pm 0,4$ %). Влажность сырья – это важный показатель при расчете количества воды, необходимого для замеса теста.

Значительное количество масла было выявлено в муке из ядер кедрового ореха. Содержание в ней растительного жира существенно превосходило концентрации, установленные в изучаемом сырье: от трехкратного превышения количества в муке из семян кунжута до многократного (в 42 раза) – в ржаной муке. Известно, что липидная фаза влияет на пластичные свойства теста, в этой связи применение муки из ядер кедрового ореха в технологии ржаного хлеба может изменить реологические характеристики этого полуфабриката. При этом повышение в хлебе концентрации полиненасыщенных жирных кислот за счет дополнительного введения анализируемого нетрадиционного сырья позволит снизить: риск развития сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, уровень холестерина и повысить: функции иммунной системы, устойчивость организма к инфекциям и простудным заболеваниям и т. д. [10].

Таблица 1 – Химический состав муки из различных видов растительного сырья

Наименование показателя	Результаты испытаний				
	мука из зерна ржи	мука из семян черного тмина	мука из семян кунжута	мука из ядер кедрового ореха	мука из виноградных косточек
Массовая доля влаги, %	$11,0 \pm 0,4$	$7,2 \pm 0,7$	$5,7 \pm 0,5$	$3,2 \pm 0,3$	$10,4 \pm 0,4$
Массовая доля сухих веществ, %	89,0	92,8	94,3	96,8	89,6
Массовая доля белка, %	$10,0 \pm 0,6$	$40,6 \pm 1,4$	$58,2 \pm 1,5$	$20,8 \pm 0,6$	$19,9 \pm 0,5$
Массовая доля жира, %	$1,3 \pm 0,2$	$10,2 \pm 0,5$	$15,8 \pm 0,7$	$54,2 \pm 1,3$	$11,3 \pm 0,5$
Массовая доля золы, %	$1,60 \pm 0,02$	$6,46 \pm 0,03$	$6,04 \pm 0,05$	$3,07 \pm 0,02$	$4,20 \pm 0,04$
Содержание растворимых и нерастворимых пищевых волокон, г/100 г	$30,8 \pm 0,9$	$56,3 \pm 1,0$	$50,4 \pm 1,2$	$46,5 \pm 0,9$	$70,3 \pm 1,4$

В ряде научных трудов отмечено, что пищевые волокна, содержащиеся в ржаной муке, обладают повышенной водопоглотительной, адсорбционной, ионной и буферной

способностями, усиливают перистальтику кишечника и выведение из организма канцерогенных веществ и других вредных продуктов обмена [3–8]. Результаты наших исследований показали, что по содержанию растворимых и нерастворимых пищевых волокон

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РЖАНОГО ХЛЕБА

ржаная мука уступает изучаемым видам нетрадиционного сырья. Так, в муке из ядер кедрового ореха пищевых волокон содержится в 1,5 раза больше, чем в муке из зерен ржи, а в муке из виноградных косточек – уже в 2,3 раза больше.

По оценке экспертов, Россия относится к группе стран, где хронический дефицит белка наблюдается у большого количества граждан: от 2,5 до 4,0 % россиян [11]. Поэтому изучение количества белка, содержащегося в анализируемом растительном сырье, и установление возможности повышения биологической ценности ржаного хлеба является необходимым. Результаты показывают, что в муке из ядер кедрового ореха и виноградных косточек содержание белка в 2 раза превышает количество, обнаруженное в ржаной муке, а в муке из семян черного тмина и кунжута – в 4 и 6 раз больше соответственно.

Структура белковых молекул определяет свойства теста и влияет на качество хлеба. В этой связи нами была изучена микроструктура анализируемых проб муки из различного сырья, результаты которой представлены на рисунке 1.

Анализ морфологии микрочастиц муки из различных видов растительного сырья показывает, что во всех образцах присутствуют сферические белковые структуры размером от 3–4 мкм – в муке из ядер кедрового ореха до 40 мкм – в муке из зерна ржи.

Необходимо так же учитывать, что в изучаемом нетрадиционном растительном сырье отсутствует глютен, обуславливающий физико-химические свойства теста и влияющий на качество готовой продукции.

Углубленные исследования такого заболевания, как целиакия, позволяют сегодня утверждать о трех формах глютенассоциированных реакций: аллергической (аллергия на белки злаковых, в т. ч. на белки ржи), аутоиммунной (к ней относится целиакия, герпетиформный дерматит и глютеносенная (идиопатическая чувствительность к глютену). Всего за 10 лет целиакия во всем мире перешла из небытия в центр внимания врачей гастроэнтерологов, педиатров и других специалистов [12–13]. В этой связи снижение глютеносенной нагрузки на организм человека путем замещения определенного количества ржаной муки в рецептуре хлебобулочных изделий на анализируемое растительное сырье является своевременным и необходимым.

Высокая зольность нетрадиционного сырья (от $3,07 \pm 0,02$ % – в муке из ядер кедрового ореха до $6,46 \pm 0,03$ % – в муке из семян черного тмина) нашла отражение в количественных характеристиках его минерального состава.

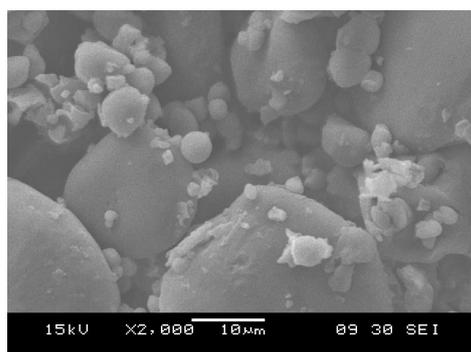
Общеизвестно, что большая часть минеральных веществ ржаной муки состоит из соединений фосфора, калия, магния и кальция. В ничтожных количествах содержатся различные микроэлементы – медь, марганец, цинк и др. [2]. Поэтому восполнение пищевой ценности ржаных хлебобулочных изделий по ряду отдельных микроэлементов имеет практическое значение. В этой связи на следующем этапе исследований был изучен минеральный состав растительного сырья в сравнительном аспекте. Результаты исследования представлены в таблице 2.

По результатам исследований определено, что анализируемое нетрадиционное сырье имеет богатый минеральный состав, но не всегда превосходит ржаную муку по содержанию фосфора, железа, марганца, цинка, никеля.

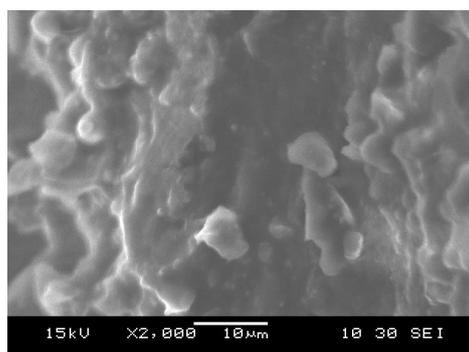
Установлено, что существенно повысить содержание фосфора в хлебобулочных изделиях из ржаной муки можно, в первую очередь, за счет дополнительного применения муки из ядер кедрового ореха, где содержание этого минерального элемента более чем в 4 раза превосходит количество, обнаруженное в муке из зерна ржи. Использование же муки из семян черного тмина не даст положительного результата в решении данного вопроса, так как количество фосфора в черном тмине в 3,2 раза меньше, чем в ржи.

По содержанию железа ржаной муке уступает сырье из ядер кедрового ореха (на 31 %), но превосходит муку из семян черного тмина (в 4,7 раза) и виноградных косточек (в 3 раза). Относительно низкие концентрации марганца выявлены в муке из семян кунжута ($28,05 \pm 9,26$ мг/кг) и виноградных косточек ($30,99 \pm 10,23$ мг/кг), высокие – в муке из ядер кедрового ореха ($75,43 \pm 24,89$ мг/кг).

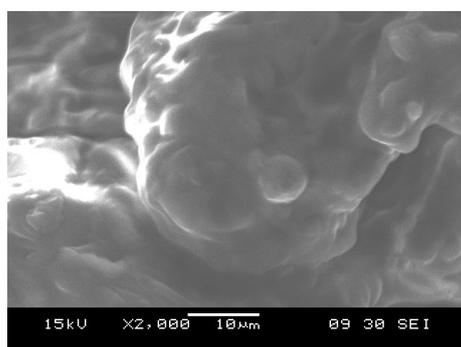
Содержание микроэлемента цинка было обнаружено в одном количественном диапазоне (50–55 мг/кг) в муке из зерен ржи, семян черного тмина и ядер кедрового ореха. Богата цинком кунжутная мука и бедна – мука из виноградных косточек.



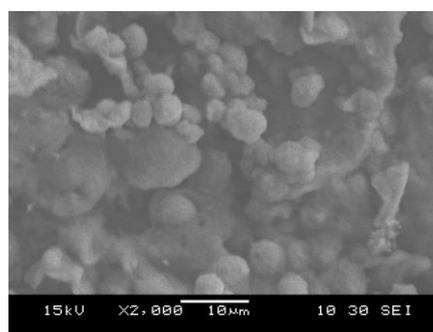
Мука из зерна ржи



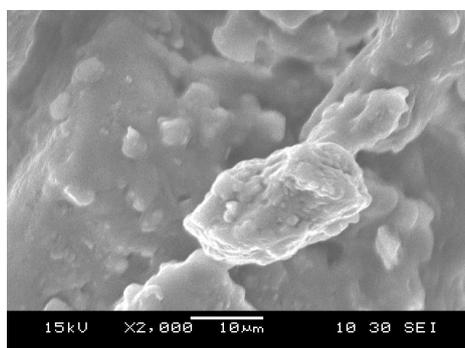
Мука из семян черного тмина



Мука из семян кунжута



Мука из ядер кедрового ореха



Мука из виноградных косточек

Рисунок 1 – Микроструктура муки из различных видов растительного сырья (увеличение в 2000 раз)

Таблица 2 – Минеральный состав муки из различных видов растительного сырья

Элемент	Результаты испытаний, мг/кг				
	мука из зерна ржи	мука из семян черного тмина	мука из семян кунжута	мука из ядер кедрового ореха	мука из виноградных косточек
P	2543,0±524,2	781,0±166,0	8773,0±2154,4	11256,0±3144,7	3883,0±611,4
Ca	630,07±226,83	3869,70±1393,09	1208,70±435,13	717,34±258,24	7137,00±2426,58
Cu	8,52±0,85	19,59±1,96	33,49±3,35	11,92±1,19	14,11±1,41
Fe	87,41±8,74	411,28±41,13	137,51±13,75	60,37±6,04	269,46±26,95
Mg	1010,70±272,89	3720,50±1004,50	7260,10±1415,72	2286,30±617,30	2017,60±544,75
Mn	43,46±14,34	41,80±13,79	28,05±9,26	75,43±24,89	30,99±10,23
Zn	55,09±5,51	51,60±5,16	121,60±12,16	51,80±5,18	20,55±2,06
Ni	0,54±0,03	1,02±0,07	0,42±0,05	0,70±0,09	0,10±0,02
Co	0,007±0,002	0,100±0,033	0,034±0,006	0,130±0,042	0,023±0,005

Относительно высокое содержание никеля было отмечено в муке из семян черного

тмина (1,02±0,07 мг/кг), низкое – в муке из виноградных косточек (0,10±0,02 мг/кг), на

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РЖАНОГО ХЛЕБА

среднем уровне – в ржаной ($0,54 \pm 0,03$ мг/кг) и кунжутной ($0,42 \pm 0,05$ мг/кг) муке.

Источником кальция можно рассматривать муку из виноградных косточек (содержит макроэлемент в количествах, превышающих содержание в ржаной муке в 11,3 раза) и муку из семян черного тмина (в 6 раз больше). Медью и магнием богато сырье из семян кунжута (концентрации выше в 3,9 и 7,2 раз соответственно) и черно-

го тмина (в 2,3 и 3,7 раз соответственно), кобальтом – мука из ядер кедрового ореха (в 18,6 раза) и семян черного тмина (в 14,7 раза).

На заключительном этапе исследований изучали степень удовлетворения суточной потребности взрослого человека в минеральных элементах (согласно МР 2.3.1.2432-08) за счет употребления 100 г растительного сырья (рисунок 2).

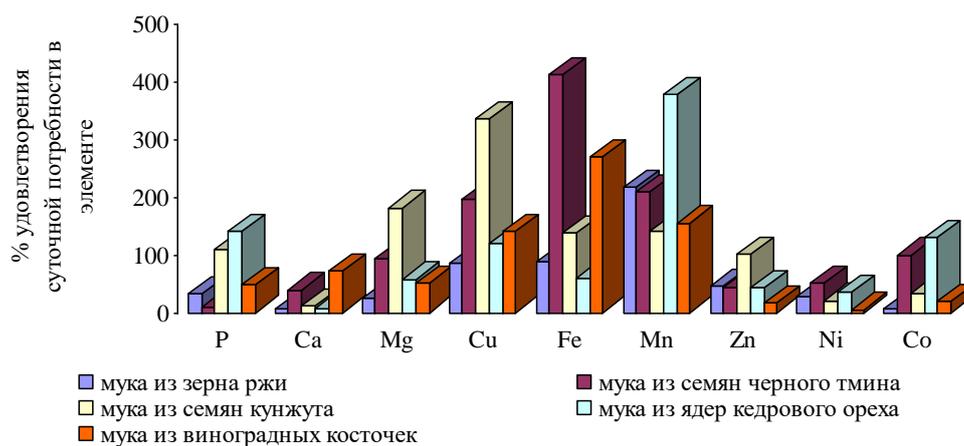


Рисунок 2 – Удовлетворение физиологической потребности в минеральных элементах при употреблении 100 г сырья

Анализ статистически обработанных данных, приведенных на рисунке 2, позволяет сделать вывод о том, что использование нетрадиционного сырья в технологии производства ржаного хлеба способно удовлетворить существенно больший процент суточной потребности человека в минеральных элементах, а именно:

- употребление продуктов из семян черного тмина удовлетворит больший процент потребности в таких микроэлементах, как железо (411,3 % для мужчин, 228,5 % для женщин), медь (195,9 %), кобальт (100,0 %), магний (93,0 %);

- использование муки из семян кунжута способствует большей оптимизации пищевого рациона по содержанию меди (334,9 %), магния (181,5 %), фосфора (109,7 %), цинка (101,3 %);

- применение муки из ядер кедрового ореха больше снизит дефицит марганца (377,2 %), фосфора (140,7 %), кобальта (130,0 %), меди (119,2 %) в организме человека;

- введение муки из виноградных косточек в рецептуру ржаных изделий удовлетворит больший процент потребности человека в

железе (269,5 % для мужчин, 149,7 % для женщин), меди (141,1 %), кальция (71,4 %).

ВЫВОДЫ

Сравнительный анализ химического состава растительного сырья, применяемого в технологии производства ржаного хлеба, показал, что использование нетрадиционных видов муки является оправданным для повышения пищевой ценности выпеченных продуктов. Так, применение муки из семян черного тмина позволит существенно повысить в ржаных изделиях содержание пищевых волокон и микроэлементов (железа, меди, кобальта, магния); внесение кунжутной муки – концентрацию белка, меди, магния, фосфора, цинка; использование муки из ядер кедрового ореха – содержание полиненасыщенных жирных кислот, марганца, фосфора, кобальта, меди; введение муки из виноградных косточек – дозировку растворимых и нерастворимых пищевых волокон, а также железа, меди, кальция. Во всех случаях замещение определенного количества ржаной муки в рецептуре хлебобулочных изделий на анализируемое растительное сырье снизит глютеную нагрузку на организм человека.

Исследования выполнены при поддержке Правительства РФ (Постановление № 211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.А03.21.0011.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дерканосова, Н. М. Изучение хлебопекарного потенциала цельнозерновой муки из амаранта / Н. М. Дерканосова, И. Н. Пономарева, Н. И. Золотарева, В. Н. Куралесина // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (50). – с. 175–182.
2. Тутельян, В. А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания : Справочник / В. А. Тутельян. – М. : ДеЛи плюс, 2012. – 284 с.
3. Щеколдина, Т. В. Изучение влияния белкового изолята подсолнечника на свойства смеси ржаной и пшеничной муки / Т. В. Щеколдина, О. Л. Вершинина, П. И. Кудинов, Е. А. Черниховец // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2015. – № 1 (30). – с. 20–28.
4. Кучерявенко, И. М. Ржаная закваска с применением муки из семян тыквы / И. М. Кучерявенко, О. Л. Вершинина // Пищевая наука и технология. – 2013. – Т. 25, № 4. – с. 101–103.
5. Лаптева, Н. К. Ассортимент хлебобулочных и мучных кондитерских изделий с использованием ржаного сырья и его роль в питании современного человека / Н. К. Лаптева // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 6. – с. 75–78.
6. Пащенко, Л. П. Семена кунжута – натуральный обогатитель хлебобулочных продуктов пониженной влажности / Л. П. Пащенко, С. Н. Остроборова, В. Л. Пащенко // Современные наукоемкие технологии. – 2006. – № 6. – с. 45–46.
7. Селифонова, Н. А. Разработка технологии хлеба ржано-пшеничного «Загадка» / Н. А. Селифонова, Е. Г. Шуваева, Е. А. Кузнецова // Здоровье человека и экологически чистые продукты питания – 2014 : Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2014. – с. 179–180.
8. Тарасова, О. А. Применение биологически активной добавки на основе растительного сырья при приготовлении хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки / О. А. Тарасова, И. И. Файзуллина, И. И. Габдрахимова и др. // Вестник Казанского технологического университета. – 2017. – Т. 20, № 23. – с. 104–106.
9. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов // под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. – М. : Брандес, Медицина, 1998. – 342 с.
10. Ипатова, Л. Г. Жировые продукты для здорового питания. Современный взгляд / Л. Г. Ипатова, А. А. Кочеткова, А. П. Нечаев, В. А. Тутельян. – М. : ДеЛи принт, 2009. – 396 с.
11. Ковалева, Л. И. К вопросу об обогащении продуктов хлебопечения белками / Л. И. Ковалева, Ю. Е. Рогова // Вестник индустрии гостеприимства. – С-Пб, 2016. – с. 92–99.
12. Дударь, Д. В. Целиакия взрослых : комплексный метод лечения и профилактика глютеновых поражений слизистой оболочки рта / Д. В. Дударь // Крымский терапевтический журнал. – 2012. – № 2 (19). – с. 90–97.
13. Камалова, А. А. Глютен-ассоциированные заболевания : современные данные / А. А. Камалова, А. Р. Шакирова, М. Г. Афраимович // Вопросы детской диетологии. – 2016. – Т. 14. – № 4. – с. 42–48.

Черниязова Элина Альбертовна, студент бакалавриата кафедры пищевых и биотехнологий ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», 454080, г. Челябинск, Проспект Ленина, 76, e-mail: thkimi@mail.ru

Ефремова Алина Алексеевна, студент бакалавриата кафедры пищевых и биотехнологий ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», 454080, г. Челябинск, Проспект Ленина, 76, e-mail: thkimi@mail.ru

Наумова Наталья Леонидовна, д.т.н., профессор кафедры пищевых и биотехнологий ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», 454080, г. Челябинск, Проспект Ленина, 76, e-mail: n.naumova@inbox.ru