

## ХАРАКТЕРИСТИКА КЛЕТЧАТКИ ПШЕНИЧНОЙ, КАК ИСТОЧНИКА ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН

### CHARACTERISTICS OF WHEAT FIBER AS A SOURCE OF FOOD FIBERS

Е.С. КОБЕЦ<sup>1</sup>, О.В. АРПУЛЬ<sup>2</sup>, В.Ф. ДОЦЕНКО<sup>3</sup>  
E. KOBETS<sup>1</sup>, O. ARPUL<sup>2</sup>, V. DOTSENKO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина)

<sup>1</sup>(National University of Food Technologies, Kiev, Ukraine)

E-mail: Elenka-021991@mail.ru, kseniya\_arp@mail.ru

В статье рассмотрено современное состояние и перспективы развития продуктов обогащенных пищевыми волокнами, в том числе клетчаткой пшеничной, и их значение для населения. Подчеркнута важность пищевых волокон для людей больных сахарным диабетом, сердечнососудистыми заболеваниями. Описаны особенности химического состава клетчатки пшеничной, ее фракционный и гранулометрический состав. Определены водопоглотительная, водоудерживающая и жиросвязывающая способности исследуемого сырья.

The article deals with the current state and prospects of development of products enriched with food fibers, including wheat fiber, and their importance to the people. The influence of food fibers to people with diabetes, cardiovascular diseases. The features of the chemical composition of wheat fiber, as well as fraction and particle size have been described. Identified water absorbing, water retention and fat binding capacities of the raw materials.

**Ключевые слова:** мучные кондитерские изделия, пищевые волокна, клетчатка пшеничная, водопоглотительная способность, водоудерживающая способность, жиросвязывающая способность.

**Keywords:** pastry, food fiber, wheat fiber, water absorbing, water retention, fat binding ability.

**Введение.** В широком ассортименте продуктов питания значительное место принадлежит мучным кондитерским изделиям. Именно поэтому большое значение приобретает вопрос повышения их качества, пищевой ценности, расширение ассортимента и введения в категорию функционального назначения.

Мучные кондитерские изделия являются одними из самых популярных и доступных продуктов питания в мире, их потребление находится на первом

месте во всех групп населения. Однако они обладают повышенной калорийностью, высокое содержание легкоусвояемых углеводов, которые представлены крахмалом и сахарозой, и несбалансированностью нутриентного состава, поскольку эта продукция имеет незначительное количество биологически активных веществ. Поэтому важным является решение вопроса обогащения мучных кондитерских изделий физиологически функциональными пищевыми ингредиентами, что будет способствовать снижению риска развития наиболее распространенных «болезней цивилизации» (сердечнососудистых, онкологических, диабета, ожирения).

Одним из путей решения этой проблемы является создание функциональных пищевых продуктов, так как на сегодняшний день на рынке Украины их сегмент почти пустой [1].

Бисквитные полуфабрикаты являются основной или составной частью многих мучных кондитерских изделий. Бисквитное тесто представляет собой термодинамически-неустойчивую пенообразную пищевую систему и важное технологическое значение при их производстве имеет стабильность этой системы.

Создание БКВ нового поколения происходит за счет обогащения их жизненно важными биологически активными веществами: пищевыми волокнами, ненасыщенными жирными кислотами, макро- и микроэлементами. Введение пищевых волокон в рецептуру БКВ приводит к значительным изменениям в структурно-технологическим свойствам теста. Это связано с влиянием функциональных добавок на физико-химические и структурно-технологические свойства готового изделия. Выбор соответствующего типа волокон или использования комплекса волокон с различными свойствами в соответствии с конкретной задачей позволяет разработать продукты с высоким содержанием пищевых волокон, которые не ухудшают органолептических свойств конечного продукта.

Пищевые волокна относятся к числу наиболее значимых физиологически функциональных ингредиентов, способных обеспечить реальную коррекцию пищевых продуктов в направлении повышения их пользы для здоровья. Существуют достоверные доказательства связи между потреблением пищевых волокон и снижением уровня холестерина, который является фактором риска сердечнососудистых заболеваний. Достаточное количество растворимых пищевых волокон в рационе снижает риск заболевания атеросклерозом и ишемической болезнью сердца [2].

Правильный выбор волокон обеспечивает определенные технологические и экономические преимущества. В соответствии с рекомендациями ФАО / ВОЗ продукт, в 100 г которого содержится 3 г пищевых волокон, рассматривается как источник этого функционального ингредиента, при содержании 6 г пищевых волокон в 100 г – считается обогащенным пищевыми волокнами [3]. Анализ литературных источников показал, что использование пищевых волокон в производстве мучных кондитерских изделий недостаточно изучен [4, 5].

Однако проведенные исследования по использованию различных видов пищевых волокон в производстве мучных кондитерских изделий, в том числе и бисквитных полуфабрикатов, не отражают полной картины их влияния на физико-химические процессы, протекающие при производстве, а также на изменение структурно-механических свойств теста и выпеченных полуфабрикатов.

В качестве обогатительной добавки нами использовано вторичное растительное сырье, а именно клетчатку пшеничную производства Витацель (Германия) [6]. Она содержит в своем составе значительное количество пищевых волокон, поэтому возникает необходимость исследования ее химического состава и функционально-технологических свойств.

**Объекты и методы исследований.** Целью является обоснование перспективности использования продукта переработки пшеницы - клетчатки пшеничной (КП). Задачей работы является определение общего химического и фракционного состава клетчатки пшеничной и ее полисахаридных комплексов, а также функционально-технологических свойств добавки. В лабораторных условиях проведен комплекс исследований с применением КП. Содержание белка определяли модифицированным методом Кельдаля, зольность определяли методом мокрого озоления с использованием ускорителя, массовую долю жира – рефрактометричным методом, количественное определение целлюлозы проводили азотно-спиртовым методом (метод Кюршнера), пектиновых веществ – кальций-пектатным методом, лигнина – по методу Вильштеттера Цехмейстера, общее содержание гемицеллюлозы определяли по методике [7], массовую долю крахмала – объемным методом. Водопоглотительную, водоудерживающую, жиросвязывающую способности определяли по общепринятым методикам. Гранулометрический состав определяли методом рассеяния на системе сит. Расчет среднего диаметра частиц добавки проводили по методике [8].

Результаты и их обсуждение. Пользуясь экспериментальными данными и данными литературных источников, была проведена сравнительная оценка содержания питательных и биологически активных веществ клетчатки пшеничной, пшеничных отрубей и муки высшего сорта, которая представлена в табл. 1.

**Таблица 1–** Содержание питательных и биологически активных веществ в исследованном сырье г/100г

<b>Основные компоненты, г/100г</b>	<b>Мука пшеничная высшего сорта</b>	<b>Отруби пшеничные</b>	<b>Клетчатка пшеничная</b>
Белки	10,3	14,6	0,1
Жиры	1,1	5,5	0,1
Углеводы, у т.ч.	73,6	63,1	95,4
-моно и дисахариды	1,6	4,6	0,1
-крахмал	68,5	20,6	0,1
-пищевые волокна	3,5	37,9	95,2

Зола	0,5	1,8	1,0
Энергетическая ценность, ккал	342,0	165,0	4,0

Результаты исследований, приведенные в табл. 1, свидетельствуют, что КП уступает пшеничной муке и отрубям по содержанию белков и жира, поскольку в своем составе содержит только их следы. Одновременно с тем, содержание пищевых волокон в КП составляет 95,4г/100г, что в 28 раз превышает их содержание в пшеничной муке и в 2,5 раз в пшеничных отрубях. Значительное количество пищевых волокон позволяет уменьшить процент дозирования КП к массе муки в технологии мучных кондитерских изделий для обеспечения физиологично оправданной концентрации пищевых волокон. Еще одним важным преимуществом КП является ее низкая энергетическая ценность – только 4,0 ккал/100г – что, в результате, позволяет также снизить калорийность готового продукта.

Пищевые волокна – это комплекс, который состоит из полисахаридов (целлюлозы, гемицеллюлозы, пектиновых веществ), а также лигнина и связанных с ними белковых веществ, формирующих клеточные стенки растений.

Направление физиологического действия пищевых волокон (ионообменные свойства, способность к регулированию обменных процессов в организме, влияние на концентрацию и активность ферментов желудочно-кишечного тракта, снижение риска возникновения проблем работы сердечнососудистой системы), их технологические особенности зависят от содержания и соотношения отдельных составляющих пищевых волокон. Поэтому было решено провести исследование содержания пищевых волокон в сырье по фракциям (табл. 2).

**Таблица 2**– Содержание пищевых волокон и их отдельных составляющих в исследуемом сырье, г/100 г

Название сырья	Полисахариды				
	Целлюлоза	Гемицеллюлоза	Пектиновые вещества	Лигнин	Всего
Мука пшеничная высшего сорта	0,6	2,5	0,3	0,1	3,5
Отруби пшеничные	17,3	13,7	3,1	3,8	37,9
Клетчатка пшеничная «Витацель»	53,6	24,1	10,1	7,4	98,2

Целлюлоза является основной составляющей клеточных стенок растений и обладает высокой водопоглотительной способностью, в результате



Установлено (табл. 3), отруби пшеничные по сравнению с мукой пшеничной имеют значительную дисперсность, что в итоге негативно отражается на качестве готовых изделий, так как снижаются их структурно-механические показатели, в частности, пористость, удельный объем, высота подъема. Основное количество частиц пшеничных отрубей (58%) имеет размер в пределах 315...420 мкм, тогда как размер основного количества частиц муки пшеничной находится в диапазоне 130...220 мкм. В отличие от пшеничных отрубей КП имеет размеры, соответствующие размерам частиц муки. В частности, «Витацель WF-400» имеет гранулометрический состав частиц размером 70...100 мкм (6,3%), 100...130 мкм (25,7%), 130...220 мкм (66%), или и меньший гранулометрический состав – «Витацель WF-600» содержит 73,5% частиц с размером 70...100 мкм. Можно предположить, что такой показатель, как низкая дисперсность положительно влияет на показатели качества готовых изделий, так как существенных различий между мукой, сырьем, подлежащей частичной замене, и исследуемой добавкой при замесе и выпечке не возникает.

Значительное содержание пищевых волокон в исследуемом сырье может вызвать существенные изменения в коллоидных, физико-химических процессах при замесе теста и выпечки мучных кондитерских изделий. Для прогнозирования влияния дисперсности КП, муки и отрубей пшеничных на реологические характеристики теста при замешивания и формировании мякиша при выпечке, определяли их водопоглотительную способность (ВПС) при температуре 20 °С при дисперсности 50...150, 150...250, 250...350 мкм (табл. 4)

**Таблица 4–** Значение ВПС в зависимости от размера частиц исследуемого сырья, %

Название сырья	ВПС в зависимости от размера частичек, мкм		
	50..150	150..250	250..350
Мука пшеничная высшего сорта	112	127	-
Отруби пшеничные	220	310	380
Клетчатка пшеничная «Витацель»	355	649	1052

На рис.1 приведены результаты определения водопоглотительной способности исследуемого сырья различной дисперсности.

Из гистограммы наблюдается зависимость увеличения ВПС муки, отрубей и клетчатки пшеничной в зависимости от их дисперсности. Установлено (рис.1), что водопоглотительная способность КП наибольшая среди всех исследуемых образцов. Так, частицы с дисперсностью 50...150 мкм имеют ВПС только 335%, а ВПС частиц с размером 250...350 мкм увеличивается в 3 раза и составляет 1052 %.

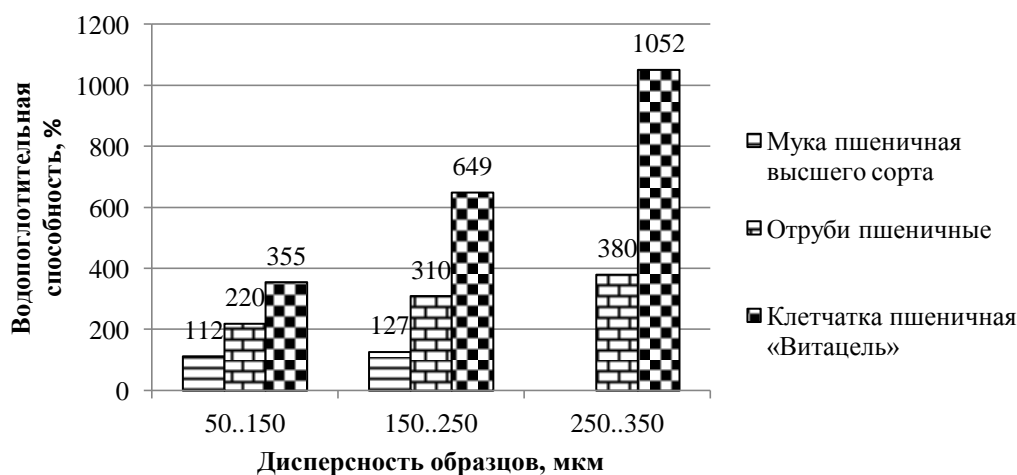


Рис. 1 - Водопоглотительная способность исследуемого сырья

ВПС пшеничных отрубей в 2 раза выше ВПС муки, но при увеличении их дисперсности ВПС увеличивается только в 1,7 раза.

В муке пшеничной функцию водопоглащения выполняют в основном белковые вещества, которые за счет образования клейковины связывают влагу. Водопоглотительная способность пищевых волокон обусловлена особенностями состава, строением полимеров добавок, их размерами, пористостью и характером поверхности. В частности, пектиновые вещества и полисахариды гемицеллюлозы обладают повышенной водопоглотительной способностью. КП состоит в основном из целлюлозы, которая имеет систему сверхтонких субмикроскопических капилляров, обеспечивает всасывание внутрь них большого количества влаги. С уменьшением дисперсности, уменьшается длина этих капилляров и, тем самым, снижается ВПС КП. Так как значение ВПС существенно влияет на физико-химические и структурно-механические характеристики конечного продукта, то по полученным данным можно спрогнозировать, что КП с наименьшей дисперсностью приведет к минимальным изменениям этих показателей.

Наравне с ВПС важными технологическими свойствами пищевых добавок является водоудерживающая способность (ВУС), которая является важным показателем и характеризует устойчивость влаги при технологической обработке (взбивания, перемешивания, выпечке). Водоудерживающую способность исследуемой сырья определяли по общепринятым методикам с различной температурой тепловой обработки (табл.5).

Таблица 5 – Водоудерживающая способность исследуемого сырья в зависимости от температуры тепловой обработки

Название сырья	Температура, °С				
	20	40	60	80	100
Водоудерживающая способность, %					
Мука пшеничная высшего сорта	115	118	120	125	123
Отруби пшеничные	283	295	315	327	338
Клетчатка пшеничная	648	684	715	758	786

«Витацель WF- 400»					
Клетчатка пшеничная «Витацель WF- 600»	358	377	382	397	415

С табл. 5 можно сделать вывод, что ВУС исследуемого сырья находится в прямой корреляционной зависимости от температурного режима эксперимента. Определено, что с увеличением температуры тепловой обработки ВУС исследуемого сырья повышается, в частности ВУС клетчатки пшеничной в 2...5 раз выше ВУС пшеничной муки и отрубей. При увеличении температуры до 100°C ВУС клетчатки пшеничной «Витацель WF- 600» повышается на 15,9% по сравнению с первоначальным значением, а для клетчатки пшеничной «Витацель WF-400» на 21,2% соответственно.

На рис. 2 приведены результаты определения водоудерживающей способности исследуемой сырья.

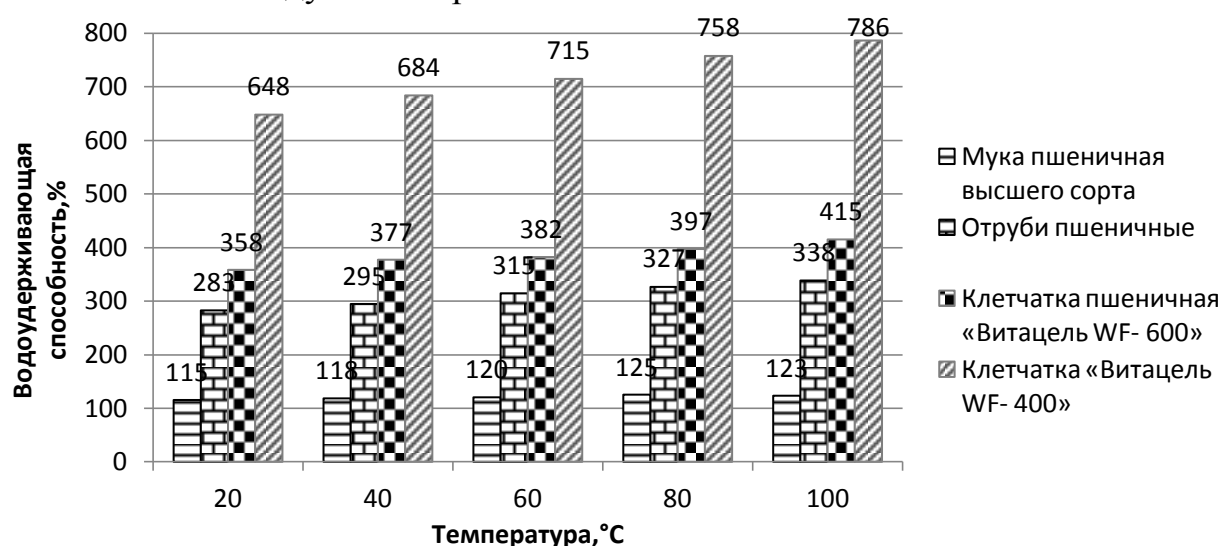


Рис. 2 – Водоудерживающая способность муки пшеничной, отрубей пшеничных и клетчатки пшеничной

Абсорбция воды исследуемого сырья предполагает наличие воды вокруг макромолекул, подвергшихся воздействию силового взаимодействия, и содержанию воды за счет капиллярности, что приводит к увеличению объема воды, которая содержится в готовом изделии [9]. Эта абсорбированная вода играет важную роль в формировании консистенции мучных кондитерских изделий.

ВУС муки объясняется наличием в ней белков альбумина и глобулина, которые способны к набуханию и благодаря наличию полипептидных цепей белков, их расположению, в белковых молекулах действуют силы водородных связей, образуя сетку пептидных цепей. Гидрофильные белковые цепи, образуют гидрофильную поверхность глобулы, обеспечивают водоудерживающую способность белков растительного происхождения [10].

Способность пищевых волокон удерживать воду связана с количеством в них биополимеров, со степенью гидрофильности, характером поверхности и пористости частиц. Растворимая клетчатка гидрофильная, то есть растворимая в воде и обладает высокой сорбционной способностью, может поглощать



большой объем жидкости. Нерастворимые пищевые волокна гидрофобные, но содержат большое количество гидроксильных и карбоксильных групп, которые обеспечивают способность к ионообменному набуханию, то есть содержанию и выведению влаги [11].

Как следствие, можно предположить, что использование КП в технологии мучных кондитерских изделий будет способствовать снижению потерь влаги при выпечке и увеличению выхода готовых изделий.

По этому принципу исследуемое сырье может содержать и жировую фракцию, объясняет ее эмульгирующую способностью, поэтому возникла необходимость исследования жиросвязывающей способности (ЖСС) исследуемого сырья (табл.6)

Таблица 6 - Жиросвязывающая способность пшеничной муки, отрубей и клетчатки

Название сырья	Коэффициент жиросвязывающей способности, %
Мука пшеничная высшего сорта	144
Отруби пшеничные	231
Клетчатка пшеничная «Витацель WF- 600»	255
Клетчатка пшеничная «Витацель WF- 400»	367

Как видно из табл. 6 Жиросвязывающая способность КП меняется в зависимости от гранулометрического состава исследуемого сырья, в частности, с увеличением крупности частиц, увеличивается ЖСС КП. Так КП «Витацель WF-600» имеет ЖСС в 1,7 раз выше муки пшеничной и ее значения почти не отличаются от значения отрубей пшеничных, а КП «Витацель WF-400» имеет ЖСС в 2,5 раз выше по сравнению с мукой пшеничной. Повышенную ЖСС можно объяснить наличием системы сверхтонких субмикроскопических капилляров, обеспечивающих всасывание внутрь них большого количества как влаги, так и жира. Полисахариды также проявляют жиросвязывающую способность взаимодействием их с жирами и образованием гликолипидов с ковалентными связями. Кроме того Жиросвязывающая способность объясняется явлением адсорбции поверхностью частиц исследуемой сырья.

**Выводы.** Таким образом, определено, что КП являются перспективными источником для обогащения мучных кондитерских изделий пищевыми волокнами, поскольку в своем составе содержит большое количество целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина и пектиновых веществ. Результаты определения фракционного состава КП свидетельствуют, что пищевые волокна, в основном, представлены целлюлозно-гемицеллюлозным комплексом, а достаточно низкая калорийность этого сырья позволит снизить энергетическую ценность конечного продукта.

С большой вероятностью можно предположить, что КП с низкой дисперсностью будет лучше влиять на показатели качества готовых изделий,

как органолептические, так и физико-химические, поскольку существенных различий между мукой, сырьем, подлежащей частичной замене, и исследуемой добавкой при замесе и выпечке не возникнет.

Определено, что КП с низкой дисперсностью имеет меньшую ВПС, ЖСС и большую ВУС, таким образом, можно спрогнозировать, что в результате она будет лучше влиять на консистенцию теста, его физико-химические показатели и способствовать увеличению выхода готовых изделий.

### Список использованной литературы

1. Дорохович, В. В. Застосування морквяного соку при розроблені бісквітів функціонального призначення / В. В. Дорохович // Продукти&Інгредієнти. – 2013. - №8. – С.22-23.

2. Шендеров Б.А. Современное состояние и перспективы развития концепции «Функциональное питание» / Б.А. Шендеров // Пищевая промышленность. – 2003. - №5. – С.4-7

3. Шендеров Б. А. Современное состояние и перспективы развития концепции «Функциональное питание» / Б. А. Шендеров // Пищевая промышленность. – 2003.- №5.- С.4-7.

4. Brennan C.S. Evaluation of starch degradation and textural characteristics of dietary fiber enriched biscuits / C.S. Brennan, E.Samyue // International Journal of Food Properties. – 2004. – Vol.7. - №3. – P. 647-657.

5. Арсеньева Л.Ю. Концентрати харчових волокон / Л.Ю. Арсеньева, В.Ф. Доценко, О. Борисенко // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2013. - №12(109) – с.49-51

6. Висновок санітарно-епідеміологічної експертизи № 05.03.02-03/11418 від 18.02.2014 р.

7. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош // Под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.

8. Стабников, В. Н. Процессы и аппараты пищевых производств / В.Н. Стабников, В.И.Баранцев. - 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Агропромиздат, 1985. – С. 64-65.

9. Ocheme O., Chinma C. Effects of soaking and germination on some physicochemical properties of millet flour for porridge production // Journal of Food Technology. – 2008. Vol. 6.№ 5. P. 185-188.

10. Hidvegi M., Lasztity R. Phytic acid content of cereals and legumes and interaction with proteins // Periodica Polytechnica. Ser.Chem.Eng. – 2002. Vol. 46. № 1–2. P. 59–64.

11. Доценко, В.А. Диетическое питание. Справочник / В.А. Доценко, Е.В. Литвинова, Ю.Н. Зубцов. – СПб .: Издательский дом «Нева»; М.: «ОлмаПрес», 2002. – 352 с.