

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕСТА С ДОБАВЛЕНИЕМ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН

Исследованы структурно-механические свойства теста для кексов. Определено влияние клетчатки пшеничной, яблочной и какао на смену реологических показателей тестовых масс. Доказана целесообразность внесения в кексовое тесто для улучшения его структурно-механических свойств купажей растительных масел. Описанные реологические кривые вязкости и реологические кривые течения кексового теста.

Ключевые слова: мучные кондитерские изделия, реологические свойства теста, клетчатка, растительные масла.

Мучные кондитерские изделия (МКИ) пользуются большим спросом у населения. Вместе с тем они имеют несбалансированный состав, высокое содержание жиров и углеводов и относительно низкий - белков, пищевых волокон, ненасыщенных жирных кислот, витаминов. В связи с этим актуальность приобретает разработка новых видов МКИ сбалансированного состава или обогащение существующих функциональными ингредиентами.

Улучшение пищевой и биологической ценности конечного продукта можно достичь использованием сырья различного нутриентного состава, в данном случае - использованием растительных масел и концентратов пищевых волокон - клетчатки пшеничной (КП), яблочной (КЯ) и какао (КК).

Пищевыми волокнами (ПВ) называют растительные полисахариды и лигнин, которые не перевариваются эндогенными секретами желудочно-кишечного тракта человека. Их выделяют из богатого ими растительного сырья: злаков, бобовых, корнеплодов, фруктов, ягод, орехов. Они делятся на растворимые и нерастворимые [1].

Нерастворимые волокна не растворяются в верхнем отделе пищеварительного тракта и попадают в толстый кишечник почти в неизменном виде, улучшая его моторику. Они воспроизводят пребиотические свойства, обеспечивая бифидобактериям активный рост и подавляя отрицательную и патогенную микрофлору кишечника, в результате чего укрепляется иммунитет [2].

Действие же растворимых волокон более весомое и включает важные механизмы, связанные с профилактикой алиментарно-зависимых заболеваний. Они улучшают липидный обмен, способствуют снижению содержания триглицеридов и липопротеидов низкой плотности в крови, замедляют образование в печени жировых отложений, улучшают действие ферментов печени, усвоения кальция, снижают риск возникновения опухолей кишечника.

Благодаря своим функциональным свойствам, ПВ во всем мире признаны необходимым компонентом рациона питания человека, при том, что в рационе современного человека их содержится в три раза меньше необходимой нормы. Этот недостаток устраняется путем обогащения ими продуктов [3]. Концентраты пищевых волокон, а именно КК, КП и КЯ являются перспективным сырьем для обогащения МКИ благодаря тому, что в их состав входит 65...95% ПВ, и это позволяет при относительно невысокой их дозировке к массе продукта удовлетворить 20...30% суточной потребности организма человека в этом нутриенте [4].

Известно, что растительные масла - это необходимый компонент питания населения, основной источник ненасыщенных жирных кислот, без которых невозможно нормальное функционирование человеческого организма. Мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК) регулируют активность ферментов, полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) семейства ω -3 уменьшают агрегационную способность тромбоцитов, снижают уровень

холестерина в крови. Линолевая кислота в организме превращается в арахидоновую, которая является предшественником простагландинов, обладающих противовоспалительными свойствами. Важным показателем биологической ценности растительных масел является соотношение жирных кислот.

С целью обогащения БКВ функциональными ингредиентами как носитель ненасыщенных жирных кислот (ω -3 и ω -6) использовали масло плодов шиповника и зародышей пшеницы, которые содержат в своем составе около 40% ПНЖК группы ω -6 и масло рыжиковое, которое содержит около 35% ПНЖК группы ω -3. Поскольку ни одно из масел не имеет сбалансированного жирнокислотного состава, который должен соответствовать соотношению ω -6 ω -3 как 9...10: 1, то целесообразным было создание купажей масел для его сбалансирования. Необходимость использования купажей растительных масел обусловлено также их положительным влиянием на структурно-механические свойства теста, вследствие образования жирными кислотами комплексов с белком и крахмалом [5].

Исследованиями, которые проводились ранее, разработаны два купажа, что имеют сбалансированное соотношение ω -6: ω -3. Первый - масло из плодов шиповника и рыжика (купаж №1) в соотношении ингредиентов как 85:15 и второй - масло зародышей пшеницы и масло рыжика (купаж №2) как 90:10, в которых соотношение ω -6: ω -3 составляет 9:1.

Целью данной работы было определение реологических характеристик кексового теста с добавлением функциональных ингредиентов. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- исследовать влияние клетчатки пшеничной, яблочной и какао на смену реологических характеристик кексового теста.
- определить влияние добавления купажей растительных масел на изменение вязкости кексового теста с клетчаткой.

Экспериментальные образцы кексов производили в лабораторных условиях, тесто готовили по классической рецептуре [6]. В качестве сырья для изготовления контрольного образца кекса использовали муку пшеничную высшего сорта, сахар-песок, масло сливочное, ядра кешью, меланж, разрыхлитель - аммоний углекислый.

Предыдущими исследованиями было установлено, что оптимальная дозировка клетчатки от массы муки пшеничной составляет 20%, что связано со снижением органолептических характеристик в случае превышения данного дозирования.

С помощью ротационного вискозиметра Реотест 2 нами было исследовано структурно-механические свойства теста с добавлением КП, КЯ и КК с частичной заменой масла сливочного купажными растительных масел, для повышения биологической ценности кексов.

Рецептурные композиции исследуемых тестовых моделей (табл.1) были подобраны без добавок (модель 1) и с добавлением КП в количестве 20% от массы муки (модель 2), КЯ в количестве 20% от массы муки (модель 3), КК в количестве 20% от массы муки (модель 4). А также тестовые модели с добавлением купажа №1 (модель 5, 6, 7) и купажа №2 (модель 8, 9, 10) с указанным количеством клетчатки, как в моделях 2, 3, 4 соответственно.

Таблица 1 - Рецептурные композиции исследуемых тестовых моделей

Сырье	Модель 1	Модель 2	Модель 3	Модель 4	Модель 5	Модель 6	Модель 7	Модель 8	Модель 9	Модель 10
Мука пшеничная в/с	38,0	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4
Клетчатка пшеничная	-	7,3	-	-	7,3	-	-	7,3	-	-
Клетчатка яблочная	-	-	7,3	-	-	7,3	-	-	7,3	-
Клетчатка какао	-	-	-	7,3	-	-	7,3	-	-	7,3
Масло сливочное	22,0	22,0	22,0	22,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0

Купаж №1	-	-	-	-	9,0	9,0	9,0	-	-	-
Купаж №2	-	-	-	-	-	-	-	9,0	9,0	9,0
Сахар-песок	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5
Ядра кешью	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Яйца куриные	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Аммоний углекислый	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Эссенция ванильная	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Для количественного отображения состояния системы теста кексов и получения полных реологических кривых, а также области кривых течения в достаточной степени разрушенных структур, определяли эффективную вязкость, которая отражает сложность процесса течения системы под действием внешних сил. На ротационном вискозиметре Реотест 2 исследовали тесто влажностью 18...22%, пользуясь цилиндром S3 при температуре 20°C, при скорости сдвига от 0,333 до 145,8 с⁻¹. Результаты исследований приведены на рис.1.

Реологические кривые вязкости теста характерные для структурированных систем. Кексовое тесто обладает аномалией вязкости, которая связана с изменением вязкости от скорости и напряжения сдвига. При небольших градиентах скорости аномалия вязкости теста выражена очень сильно, при увеличении градиента скорости эффективная вязкость меняется незначительно. Это означает, что эффективная вязкость с ростом напряжения плавно уменьшается в диапазоне от η_0 к η_m , и соответствует критическому напряжению P_m , выше которого η_0 - η_m остается постоянным. Определено, что вязкость разрушенной структуры всех тестовых масс составляет около 11 Па * с.

Анализ кривых указывает на то (рис. 1), что вязкость теста с заменой муки КП самая высокая и составляет 245 Па*с при сдвиге 244,9 Па. Наименьшая вязкость при том же напряжении смещения у образца с заменой муки 20% КК - 136 Па*с. Внесение в рецептуру КЯ и КП приводит к повышению эффективной вязкости теста на 18 и 30% соответственно, значит, добавления КП и КЯ укрепляет вязкость системы. КК ослабляет вязкость по сравнению с контролем на 9%, так показатели эффективной вязкости при напряжении смещения 308 Па становятся 130 Па*с для контроля, 115 Па*с для образца с заменой муки КК, и 171 и 201 Па*с соответственно для образцов с заменой муки КЯ и КП.

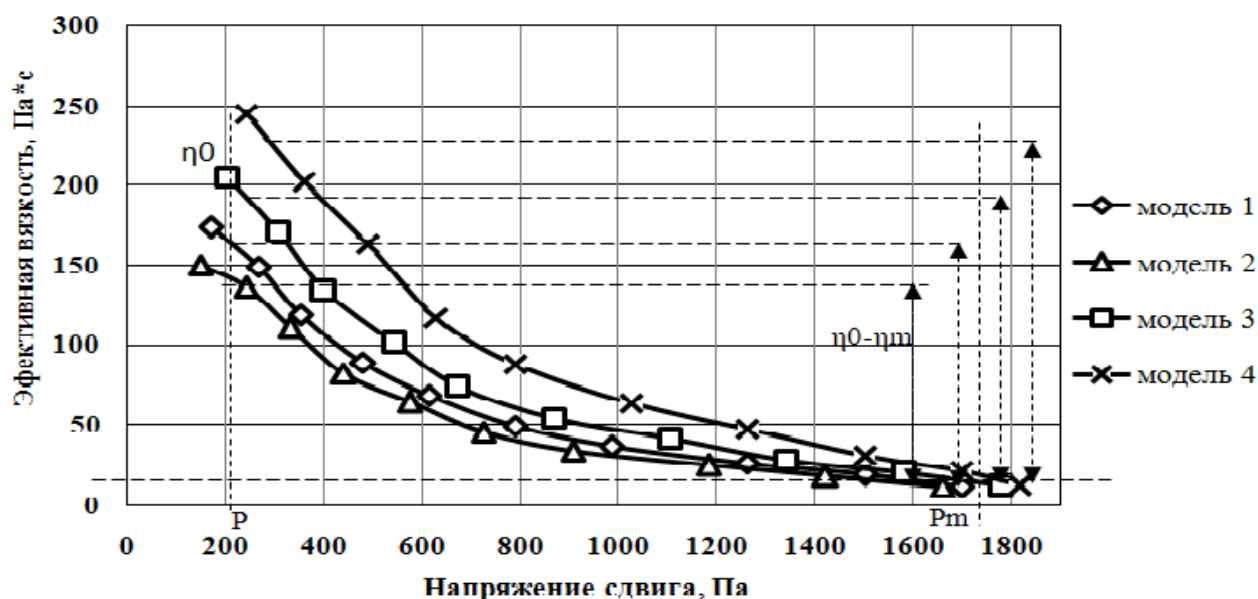


Рисунок 1 – Реологические кривые вязкости кексового теста:

модель 1-контроль, модель 2 - с 20% КК, модель 3 - с 20% КЯ, модель 4 - с 20% КП

Очевидно, что высокая гидрофильность составляющих полисахаридного комплекса

КП, сила связи ее с молекулами воды являются приоритетными факторами в формировании консистенции теста по сравнению с интенсивностью гидролитических процессов, происходящих в результате действия собственных ферментов муки. Так как КК имеет низкую водопоглотительную способность, она не вступает в конкуренцию с белками теста по поглощению воды, что приводит к снижению вязкости теста с ней.

В ходе экспериментальных исследований при замеса теста с частичной заменой масла сливочного купажами масел было очевидно, что его структура явно изменилась, поэтому возникла необходимость определить вязкость теста с их добавлением.

Установлено, что внесение купажа масел №1 и №2 к тесту кексовому приводит к уменьшению его эффективной вязкости по сравнению с контролем. Так как при проведении исследований существенной разницы между влиянием купажа №1 и №2 на вязкость теста не наблюдалось, в тексте статьи показано и описано влияние только купажа №1 (рис 2).

Снижение вязкости теста в данном случае можно отметить как улучшающий эффект. Вследствие меньшей вязкости теста пузырьки воздуха, которые входят в состав дисперсной фазы, при выпечке расширяются сильнее, но более прочный по сравнению с тестом без добавок и с добавлением клетчатки - пленочный каркас из яиц, сахара, пшеничной муки и пищевых волокон препятствует выходу воздуха из пузырьков наружу. Кекс при выпечке меньше оседает и характеризуется большими значениями удельного объема и пористости, что подтверждается физико-химическим показателям выпеченных изделий.

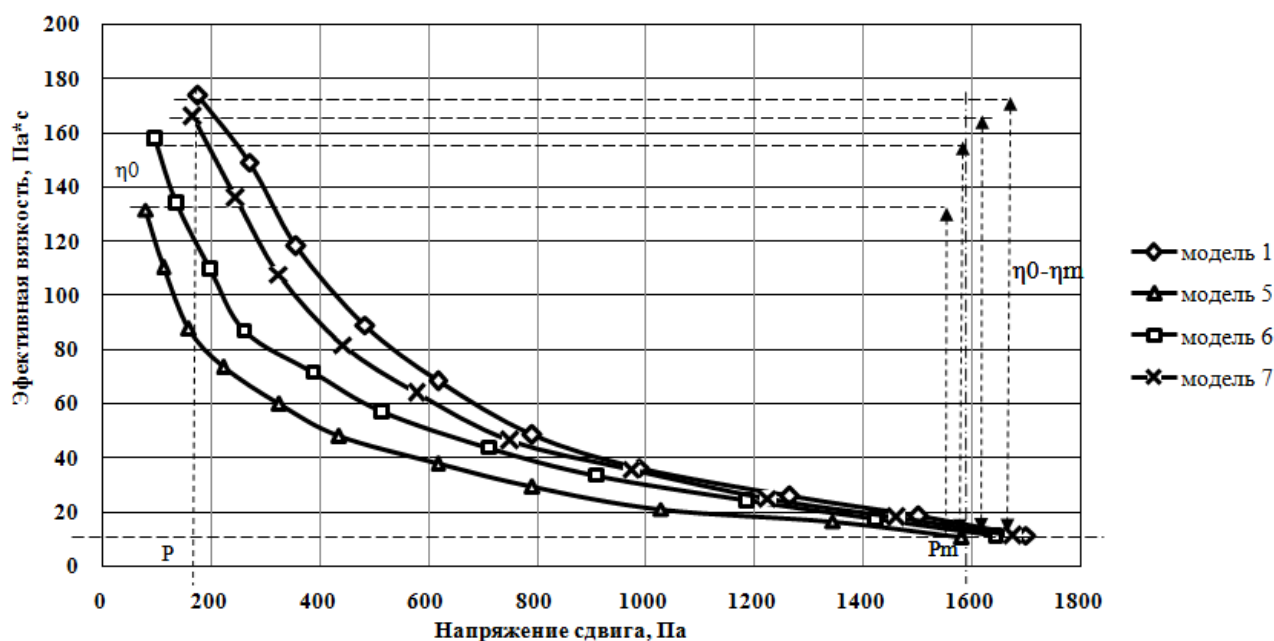


Рисунок 2 – Реологические кривые вязкости кексового теста с частичной заменой масла сливочного купажем №1:

модель 1-контроль, модель 5-с заменой 20% КК, модель 6 - с заменой 20% КЯ, модель 7 - с заменой 20% КП

При добавлении в тесто купажей масла, оно адсорбируется на поверхности белковых мицелл и крахмальных зерен, снижая способность набухания коллоидов муки и клетчатки. При введении масла в тесто в виде эмульсии оно распределяется в виде тонких пленок между частицами муки, окутывая и смазывая их, и тем самым препятствуя проникновению влаги и образованию клейковины. Это способствует уменьшению упругости и повышению пластичности теста. Чем тоньше пленки жира и чем больше их в тесте, тем более пористую структуру имеют готовые изделия.

Следующим шагом было изображение реологических кривых течений модельных образцов (рис 3). Анализ рис. 3 показывает, что при добавлении в тесто КП и КЯ реологическая кривая смещается в сторону больших значений напряжения смещения. Это свидетельствует, что добавление КП и КЯ приводит к увеличению усилия, которое затрачивается на разрушение структуры теста. Минимальная вязкость системы, то есть

вязкость почти разрушенной структуры в образцах с заменой муки наблюдают при напряжения смещения 1,2...1,6 кПа*с по сравнению с контрольным образцом - 1,2 кПа*с.

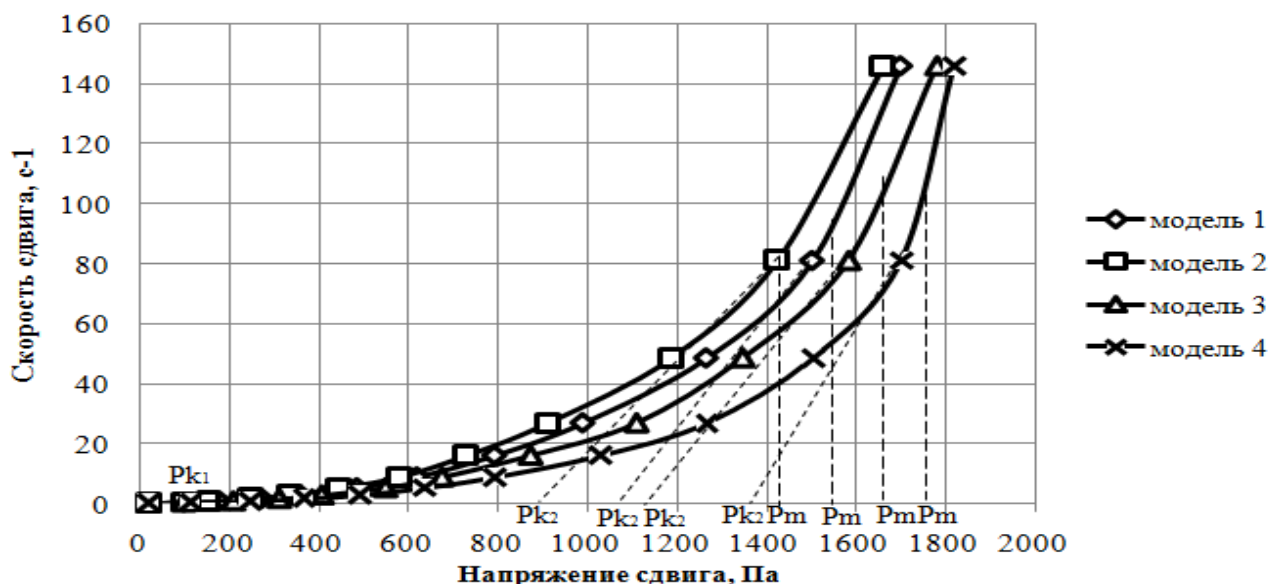


Рисунок 3 – Реологические кривые течения кексового теста:
модель 1-контроль, модель 2 - с 20% КК, модель 3 - с 20% КЯ, модель 4 - с 20% КП

Введение в состав теста купажа масел приводит к смещению кривой в сторону меньших значений предельного напряжения сдвига (рис 4), что свидетельствует об увеличении аэрации тестовой массы. Минимальная вязкость образцов с добавлением купажей масел составляет 1,0 кПа, что превосходит контрольный образец.

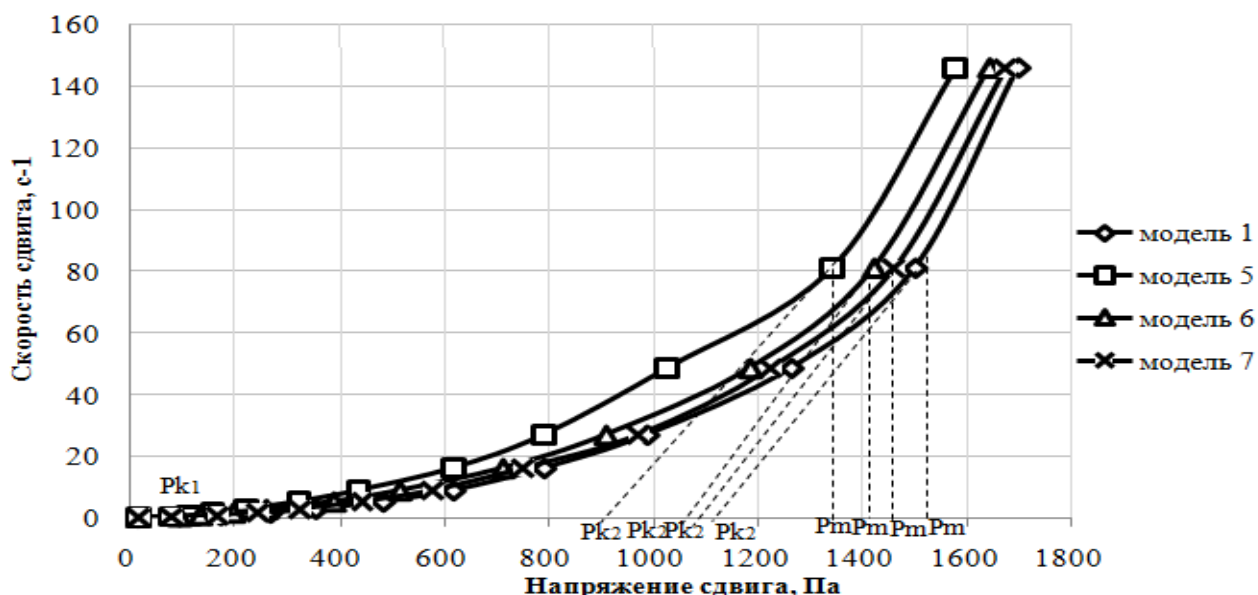


Рисунок 4 – Реологические кривые течения кексового теста с добавлением купажа масел №1:
модель 1-контроль, модель 5 - с 20% КК, модель 6 - с 20% КЯ, модель 7 - с 20% КП

Из рис 4 видно, что добавление купажа растительных масел приводит к ослаблению структуры теста. Это свидетельствует об уменьшении усилия, которое затрачивается на разрушение его структуры. В частности, по сравнению с контролем напряжение смещения моделей с клетчаткой и купажами масел снижается на 1,5% для КП, на 3,2% для КЯ и на 6,9% для КК, можно спрогнозировать, что изделия из такого теста будут иметь большую пористость, удельный объем и высоту подъема.

Анализ кривых течений позволяет определить такие константы: $P_{k1}:P_{k2}$ - прочность структурных связей, (чем выше это отношение, тем крепче связи в структуре), P_m/P_{k1} -

характеризует диапазон напряжений, от которых происходит разрушение системы, P_{k2} - условно динамический порог текучести. Если $P_{k1} > 0$, то система обладает свойствами структурированного твердого тела, P_m - характеризует прочность образованного структурного каркаса. Результаты проведенных расчетов представлены в табл.2

Таблица 2 - Реологические характеристики кексового теста

Реологические характеристики	Конт-роль	Тесто кексовое с:			Тесто кексовое с купажем масел №1 и:		
		заменой муки 20% КП	заменой муки 20% КЯ	заменой муки 20% КК	заменой муки 20% КП	заменой муки 20% КЯ	заменой муки 20% КК
Наибольшая вязкость системы – η_0 , Па*с	173,8	244,9	205,3	158,0	165,7	158,0	131,6
Наименьшая вязкость системы – η_m , Па*с	11,7	12,5	12,3	11,3	11,4	11,2	10,8
Прочность образованной надмолекулярной структуры - η_0 - η_m , Па*с	162,1	232,4	193,0	146,7	154,3	146,8	120,8
Характер образованной системы, P_{k1}	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8
Условный динамический предел текучести, P_{k2}	1100,0	1330,0	1150,0	950,0	1060	1020	900
Прочность образования структурного каркаса, P_m	1501,0	1699,0	1580,0	1422,0	1461	1422	1343
Прочность структурных связей, P_{k1}/P_{k2}	0,014	0,012	0,010	0,011	0,013	0,014	0,017
Диапазон напряжений в которых происходит разрушение структуры, P_m/P_{k1}	95,0	108,0	100,0	90,0	92,46	90,0	85,0

Из полученных данных можно сделать вывод, что прочность структурных связей исследуемых тестовых моделей разная: прочная структура теста с добавлением КП, слабая - контрольный образец и образец с добавлением КК. Системы имеют свойства структурированного твердого тела. Отличие в воздействии клетчатки на реологические показатели тестовых масс можно объяснить разной ее водопоглотительной способностью. КП имеет наивысшую водопоглотительную способность, и в результате тесто с ней приобретает крепкой структуры. Наименьшую водопоглотительную способность имеет КК, поэтому она положительно влияет на структуру теста, уменьшая вязкость.

Частичная замена масла сливочного купажами растительных масел позволяет уменьшить вязкость тестовой системы на 1,5...6,9%, и тем самым спрогнозировать улучшение качества готового изделия по показаниям - пористости, удельного объема и высоты подъема при выпечке.

Выводы

По характеру данных реологических кривых течения и вязкости определено, что полученные системы относятся к коагуляционной пенообразной структуре, характеризующиеся невысокой прочностью, высокой текучестью, способностью к высоко эластичной деформации. За счет разрыхлителей тесто является слабоструктуровним и легко

поддается внешним влияниям.

Определено, что добавление КП и КЯ приводит к повышению эффективной вязкости теста на 18 и 30% соответственно, то есть клетчатка укрепляет систему, одновременно с этим КК ослабляет вязкость по сравнению с контролем на 9%.

Доказано, что при частичной замене масла сливочного купажем растительных масел, снижается вязкость теста, можно объяснить снижением способности набухания коллоидов муки и клетчатки. В процессе замешивания теста частички масла в виде тонких пленок распределяются между частицами муки, и тем самым препятствуют проникновению влаги и образованию клейковины. Это способствует уменьшению упругости и повышению пластичности теста на 1,5% для КП, на 3,2% для КЯ и на 6,9% для КК соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бахтин, Г.Ю. Пищевые волокна для хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / Г.Ю.Бахтин // Кондитерское и хлебопекарское производство - 2013. - № 11-12. - С.36-40.
2. Гораздовский, Т.Я. Исследование реологических свойств кондитерского теста / Т.Я. Гораздовский // Коллоидный журнал - 1999. - Т. XIV. Вып. №8 - С.408 - 413.
3. Ипатова, Л. Г. Физиологические и технологические аспекты применения пищевых волокон / Л. Г. Ипатова, А. А. Кочеткова, О. Г. Шубина, Т. А. Духу, М. А. Левачева // Пищевая промышленность. - 2004. - № 1. - С. 14
4. Смоляр, В.І. Концепція ідеального жирового харчування / В.І. Смоляр // Проблеми харчування – 2006. – №4. – С.16-19.
5. Сидорова, Л. Н. Пищевые волокна в производстве кондитерских изделий / Л.Н. Сидорова, З.Г. Скобельская, М.В. Головенко // Кондитерское производство. - 2008. - № 2. - С. 18-22.
6. Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий / А.В. Павлов – Гидрометеиздат. – 1998. – 244 ст.

Доценко Виктор Федорович

Национальный университет пищевых технологий

Доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии питания и ресторанного бизнеса»

01601, г.Киев, Владимирская, 68

Тел: +3(80674665357)

E-mail: Elenka-021991@mail.ru

Арпуть Оксана Владимировна

Национальный университет пищевых технологий

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии питания и ресторанного бизнеса»

01601, г.Киев, Владимирская, 68

Тел: +3(80506612353)

E-mail: kseniya_arp@mail.ru

Кобец Елена Сергеевна

Национальный университет пищевых технологий

Аспирант кафедры «Технологии питания и ресторанного бизнеса»

01601, г.Киев, Владимирская, 68

Тел: +3(80631006214)

E-mail: Elenka-021991@mail.ru

Шкабура София Сергеевна

Национальный университет пищевых технологий

Магистрант кафедры «Технологии питания и ресторанного бизнеса»

01601, г.Киев, Владимирская, 68

Тел: +3(80632124524)

E-mail: sofo4ka@ukr.net

O.S. KOBETS, S.S. SHKABURA, O.V. ARPUL, V.F. DOTSENKO

DETERMINATION OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF DOUGH WITH ADDITION

OF DIETARY FIBER

The structural and mechanical properties of dough for cupcakes were studied. The influence of wheat and apple dietary fibre and cocoa on rheological parameters of dough mass was defined. The application of blends of vegetable oils into dough to improve its structural and mechanical properties was proved. The rheological viscosity curves and rheological flow curves of cupcake dough were described.

Keywords: pastry, dough rheology, fiber, vegetable oils.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Bahtin, G.Y. Pishevie volokna dlia hlebobylochnih i mychnih konditerskih izdeliy / G. Y. Bahtin // Konditerskoe i hlebopekarskoe proizvodstvo. – 2013. - № 11-12. - S.36-40.
2. Gorazdovskiy, T.Y. Issledovanie reologicheskikh svojstv konditerskogo testa / T.Y. Gorazdovskiy // Kolloidniy Jurnal - 1999. - T. XIV. - №8 - S.408 - 413.
3. Igipatova, L.G. Fiziologicheskie i tehnologicheskie aspekti primineniya pischevih volokon / L.G. Igipatova, A.A. Kochetkova, O.G. Shubina, T.A.Duhu, M.A.Levacheva // Pischevaia promishlennost. - 2004. - № 1. - S. 14.
- 4.Smoliar, V.I Kontseptsiya idealnogo jirovogo harchyvannia / Problemi harchyvannia - 2006. – №4. – S.16-19
5. Sidorova, L.N. Pichevie volokna v proizvodstve konditerskih izdeliy / L.N. Sidorova , Z.G. Skobelskaya, M.V. Golovenko // proizvodstvo. - 2008. - № 2. - S. 18-22.
- 6.Sbornik retseptur mychnih konditerskih i bylochnih izdeliy / A.V. Pavlov. – Gidrometeoizdat. - 1998. – 244s.

Dotsenko Viktor Fedorovich

National University of Food Technologies

Doctor of technical science, professor at the department of «Food Technology and restaurant business»

01601, Kiev, Vladimirska, 68

Tel:+3(80674665357)

E-mail:Elenka-021991@mail.ru

Arpuls Oksana Vladimirovna

National University of Food Technologies

Candidate of technical science, assistant professor at the department of «Food Technology and restaurant business»

01601, Kiev, Vladimirska, 68

Tel:+3(80506612353)

E-mail:kseniya_arp@mail.ru

Kobets Elena Sergeevna

National University of Food Technologies

student at the department of «Food Technology and restaurant business»

01601, Kiev, Vladimirska, 68

Tel:+3(80631006214)

E-mail:Elenka-021991@mail.ru

Shkabura Sophia Sergeevna

National University of Food Technologies

Master at the department of «Food Technology and restaurant business»

01601, Kiev, Vladimirska, 68

Tel:+3(80632124524)

E-mail:sofo4ka@ukr.net