

УДК 532.135:664

А. М. Мазур,

доктор технических наук, ведущий научный сотрудник Белорусского государственного технического университета

Д. П. Лисовская,

кандидат технических наук, профессор Белорусского торгово-экономического университета потребительской кооперации

М. Ф. Бань,

ассистент Белорусского торгово-экономического университета потребительской кооперации

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СУХАРИКОВ

В работе впервые представлены результаты исследований микротвердости снековых сухариков в одинаковых условиях деформирования по разработанной методике оценки. Проведена классификация сухариков по показателю «микротвердость».

For the first time the article presents the results of the research into crackers microhardness under equal conditions of deformation using the developed evaluation procedure. The classification of crackers by microhardness characteristic has been carried out.

Введение

В статье представлена сравнительная характеристика сухариков отечественного и зарубежного производства, реализуемых на рынке, на основе разработанной методики

пенетрации по показателю микротвердости. Обращено внимание на удовлетворение предпочтений потребителей при формировании рынка сухариков по структурно-механическим свойствам и преимуществу в по-

лучении сухариков типа «мягкий» по предложенной и внедренной технологии на основе ржаного экструзионного полуфабриката.

В настоящее время при производстве пищевых продуктов уделяется большое внимание их качеству, направленному на потребительские предпочтения. На потребительский рынок поступают сухие завтраки, в числе которых – сухарики, представляющие собой легкую, хрустящую закуску, готовую к употреблению [1]. В сегменте рынка снеков в виде сухариков наблюдается конкурентная борьба за потребителя. Анализ рынка сухариков показывает, что рынок насыщается продукцией, выработанной преимущественно на основе продуктов хлебопечения (хлеба, специальных сухарей) [2].

В то же время имеется информация о том, что сухарики, поставляемые на рынок, из-за своей твердости наносят вред нашему здоровью, разрушая эмаль зубов [3]. Из этого следует, что необходимо обратить внимание на структурно-механические свойства сухариков, изучить предпочтения потребителей.

В результате анализа регламентируемых показателей качества установлено, что в действующем стандарте на сухие завтраки не акцентируется внимание на особенностях структурно-механических свойств отдельных сегментов рынка сухих завтраков. Показатель «консистенция» предусматривает только то, что продукция должна быть «хрустящая, пористая, свойственная соответствующим наименованиям изделий» [4].

Существующий органолептический метод контроля консистенции является субъективным. Поэтому при экспертизе продовольственных товаров наряду с органолептическим методом оценки консистенции применяют инструментальный метод контроля, основанный на определении одной или нескольких объективных структурно-механических характеристик продукта.

В процессе исследования структурно-механических свойств полутвердых и твердых продуктов используется метод пенетрации путем определения сопротивления продуктов проникновению в них инденторов (конус, шарик, цилиндр) со строго определенными размерами, массой и материалом при точно определенной температуре и за определенное время [5; 6].

Исследованы реологические свойства следующих пищевых продуктов: конфетных масс, хлебопекарного и кондитерского теста, мясных и молочных продуктов, пшеничного хлеба, продуктов переработки винограда и яблок, фруктов. При этом используются разные конструкции приборов и инденторов. Так, для классификации продуктов по значению предельного напряжения сдвига исполь-

зован конический индентор с углом при вершине конуса, равным 30, 45 и 60°, для хлебного мякиша – полусферический элемент погружения, для сыроделия – полый цилиндрический индентор, в основании которого находится тупой конус [5–11].

Достаточно полно представлены экспериментальные данные реометрии многих жиросодержащих продуктов при их различных фазовых состояниях [12], а также продуктов эмульсионной природы [13].

В описании изобретения по созданию экструдированных продуктов типа сухариков, максимально приближенных по текстуре к пшеничному или ржаному-пшеничному, указывается на то, что они имеют меньшую твердость по сравнению с традиционными сухариками. Но инструментальные данные по этому показателю не приводятся [14].

Таким образом, в источниках не упоминаются исследования по определению микротвердости сухариков, а также нет сравнительной характеристики по численному выражению этого показателя.

Дальнейшие этапы нашего исследования обусловлены указанными выше проблемами и направлены на их решение.

Целью исследований является определение влияния отдельных параметров разработанной технологии по производству ржаных сухариков на основе экструзионного полуфабриката на показатель микротвердости и разработка по этому показателю классификации сухариков, реализуемых на рынке.

Задачами исследования являются следующие:

- установление метода и параметров пенетрации для оценки показателя «микротвердость» в сухариках;
- анализ потребительских мотиваций и предпочтений по сухарикам;
- оценка влияния отдельных параметров технологии выработки ржаных сухариков на структурно-механические свойства;
- сравнительная оценка сухариков, реализуемых на рынке, по показателю микротвердости.

Объектами исследований выбраны восемь торговых марок отечественных и импортируемых сухариков (рисунок 1), наиболее распространенных на рынке Республики Беларусь. Сухарики «Царь-сухарь» (Республика Беларусь) выработаны на основе экструзионного полуфабриката при разработанных режимах и параметрах экструдирования ржаной экструзионной муки в сочетании с вторичными материальными ресурсами хлебопекарного производства (сухари-гренки, панировочные сухари и т. д.) с последующей кратковременной обжаркой в растительном масле [15].

Сухарики «Кириешки Light» (Российская



Рисунок 1 – Торговые марки сухариков, реализуемых на рынке Республики Беларусь

Федерация) выработаны из злаков (рожь, пшеница, кукуруза) по специальной экструзионной технологии «Crispy Light».

Другие исследуемые сухарики выработаны на основе хлеба, различаются по виду вводимой муки: «Кириешки Мах» (Российская Федерация) – ржано-пшеничные (форма удлиненной соломки); «Кириешки» (Российская Федерация) – ржано-пшеничные, выработанные по специально разработанной рецептуре хлеба и при особенном способе сушки сухариков Shock Dry; «Компашки» (Российская Федерация) – пшеничные, выработанные по особой технологии Shock Dry; «Хруст Team» (Российская Федерация) – кукурузно-пшенично-ржаные; «Флинт» (Украина) – пшенично-ржаные; «Золотой выбор» (Республика Беларусь) – ржаные.

Метод исследований. Исходя из анализа литературных источников, ТНПА (ГОСТ 22162-76, ГОСТ 9450-76 и др.), измерение микротвердости пищевых продуктов и других указанных образцов проводится вдавливанием алмазных наконечников. При этом используются методы измерения восстановленных или невосстановленных отпечатков с учетом глубины погружения пирамидки.

Как показали наши исследования, в пористых продуктах типа сухариков невозможно использование метода восстановленного отпечатка при применении различных видов наконечников (конических, трехгранных, четырехгранных или биглиндрических) из-за структурных особенностей, из-за большой травмируемости изделий.

Проведением ряда экспериментальных исследований выявлено, что воспроизводимость результатов оценки микротвердости является удовлетворительной при применении конического индентора (рисунок 2).

Разработанная нами методика оценки микротвердости состоит в следующем.

Нагружение индентора осуществляется гириями (5) и определяется глубина его внедрения (по методу невосстановленного отпечатка) при помощи индикатора часового типа (6) с ценой деления 0,01 мм, закрепленного в магнитной стойке (7). Нагружение грузами осуществляется последовательно.

Необходимо придерживаться определенной скорости нагружения и выдержки под нагрузкой.

Быстрое нагружение приводит к занижению значений микротвердости из-за деформации образцов как от статического, так и от динамического действия груза. Лучшее время нагружения – 5–7 с, а выдержки под нагрузкой – 10 с.

Изучение влияния нагрузок – величины нагрузки на изменение глубины погружения конусного индентора – проведено в 5-кратной повторности при нагрузках 0,490, 0,981; 1,471; 1,962; 2,452 Н (гири массой 50, 100, 150, 200, 250 г).

Установлено, что оптимальной нагрузкой является нагрузка, равная 0,981 Н (100 г).

Для большей точности измерений рекомендуется проводить оценку параллельно не менее пяти раз с последующим расчетом среднего значения.

Для расчета микротвердости H (в Н/мм²) используется следующая формула:

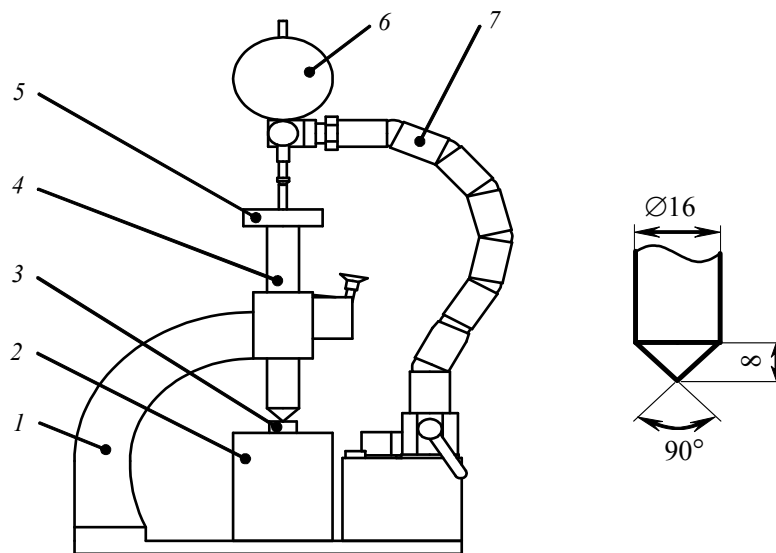
$$H = K \cdot \frac{F}{h^2},$$

где $K = h_0 \operatorname{tg}(\alpha/4)$, h_0 – высота конуса, м (0,008); $\alpha = 90^\circ\text{C}$ [6];

F – нормальная нагрузка, приложенная к индентору, Н;

h – глубина погружения в образец, мм.

Изучение потребительских предпочтений по консистенции сухариков. До разработки схемы технологического процесса



Условные обозначения:

1 – стойка; 2 – столик; 3 – образец; 4 – индентор; 5 – груз; 6 – индикатор часового типа;
7 – магнитная стойка МС 29М

Рисунок 2 – Устройство для оценки микротвердости сухариков

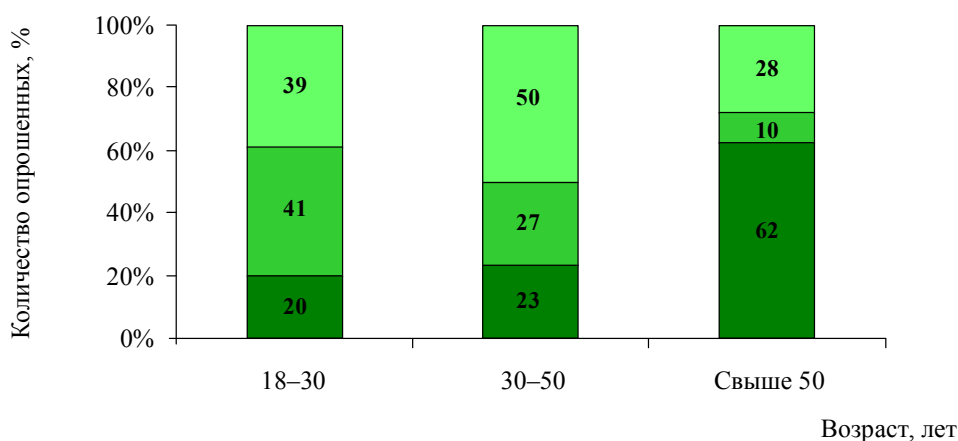
производства сухариков проведено интервью с потребителями сухариков по оценке их предпочтений.

Проведенное интервью с потребителями сухариков в трех возрастных группах (от 18 до 30 лет, от 30 до 50 лет и старше 50 лет) показало, что 62% потребителей в возрастной категории старше 50 лет предпочли бы сухарики более мягкие в сравнении с сухариками, реализуемыми в розничной торговой сети (рисунок 3).

Молодежь в большей степени предпочитает сухарики твердой консистенции и полутвердые. Однако 20% молодежи также предпочитает сухарики мягкой консистенции.

Кроме того, на вопрос: «Хотели бы Вы, чтобы на рынке были сухарики нетрадиционной формы и более воздушные?» – все респонденты ответили положительно.

Учитывая то, что предварительная органолептическая оценка исследуемых импортируемых сухариков показала, что сухари-



Условные обозначения:

- предпочитают полутвердые;
- предпочитают твердые;
- предпочитают более мягкие, чем реализуемые на рынке

Рисунок 3 – Предпочтения потребителей различных возрастных групп по консистенции сухариков

ки имеют твердую консистенцию, а также то, что потребители хотели бы иметь сухарики мягкой консистенции, необходимо расширить их ассортимент.

Сырьем для производства новых видов сухариков выбрана мука ржаная экструзионная, имеющая повышенную степень набухаемости в воде и содержания водорастворимых веществ.

При выборе параметров получения экструзионного полуфабриката как сырья для сухариков определено влияние режимов производства сухариков на их микротвердость.

При разработке технологической схемы производства сухариков на основе экструзионного полуфабриката указанным выше методом проведена оценка показателя «микротвердость».

Влияние влажности pelletного теста на изменения показателя микротвердости сухариков показано на рисунке 4.

Из данных рисунка 4 видно, что микротвердость сухариков в зависимости от влажности pelletного теста описывается полиномиальным уравнением третьей степени. При оптимальной влажности (25–26%) микротвердость сухариков составляет 1,6–1,8 Н/мм².

Согласно системно-аналитической модели, к целевым параметрам продуктов экструзии наряду с органолептическими показателями относятся показатели набухаемости, растворимости, влагоудерживающей способности.

Теоретические основы и фундаментальные экспериментальные исследования в этой области свидетельствуют о том, что получаемые продукты приобретают новые свойства, в частности, изменяется набухаемость и содержание водорастворимых веществ.

Для оценки качественных характеристик сухариков на основе ржаного экструзионного полуфабриката были определены их физико-химические свойства.

В исследуемых рецептурах сухариков на-

бухаемость составляет 5,7–6,2 см³/г, влагоудерживающая способность – 6,2–6,8 г/г, водорастворимых веществ в них – 45,8–46,1%.

Эти показатели несколько ниже, чем в муке ржаной обдирной после экструзионной обработки при исходной влажности сырья до 19% [16], а также в экструдированных продуктах из круп [17]. Это, очевидно, обусловлено более высокой влажностью исходного сырья перед экструзией из-за специфичности используемых сырьевых компонентов и более низкими температурными режимами экструзии. Однако при этом создается такая структура, чтобы разрушение продукта при потреблении происходило постепенно и сохранялся при этом свойственный сухарикам хруст.

Влияние возрастающих нагрузок на глубину внедрения конусного индентора показано на рисунках 5 и 6, а также в таблице.

Как свидетельствуют данные таблицы, во всех сухариках зависимость выражается полиномиальными уравнениями четвертой степени. Это свидетельствует о том, что разработанная методика оценки микротвердости применима ко всем исследуемым видам сухариков независимо от их технологии производства (экструзионная или на основе продуктов хлебопечения).

На основании профилей нагрузок на глубину внедрения индентора, представленных на рисунках 5 и 6, можно сделать вывод, что для расчета показателя микротвердости сухариков следует выбрать нагрузку массой 100 г (0,981Н) в связи с тем, что при двух смежных нагрузках получены совпадающие или близкие друг к другу результаты. При возрастании нагрузки значение глубины погружения индентора уменьшается или увеличивается, что обусловлено нарушением целостности структуры.

Результаты оценки микротвердости основных видов сухариков, реализуемых на рынке Республики Беларусь, представлены на рисунке 7.

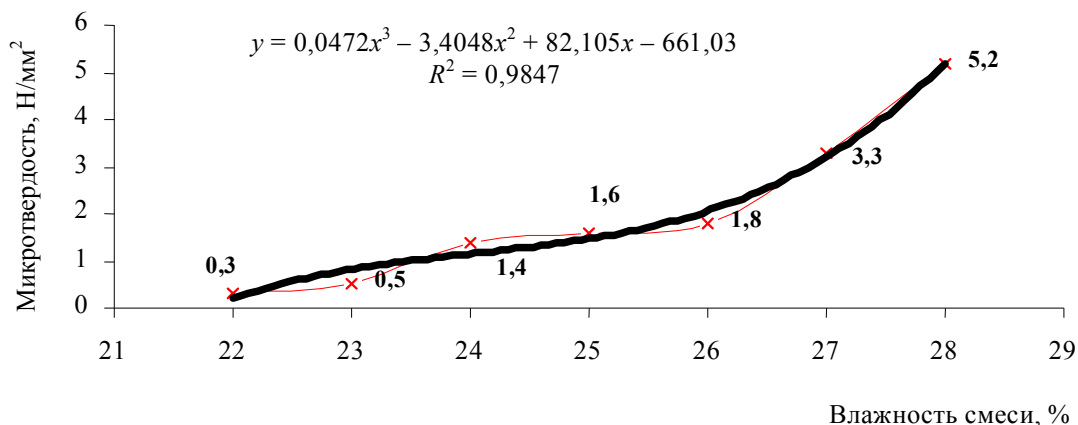


Рисунок 4 – Микротвердость сухариков при разной влажности pelletного теста

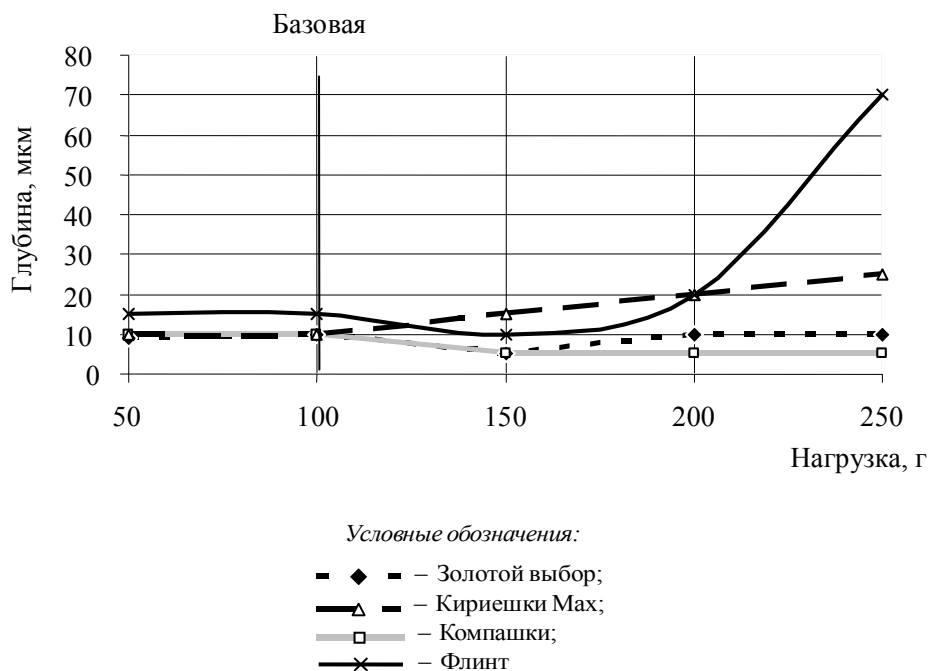


Рисунок 5 – Профиль глубины внедрения индентора от нагрузки на сухарики твердой и средней микротвердости

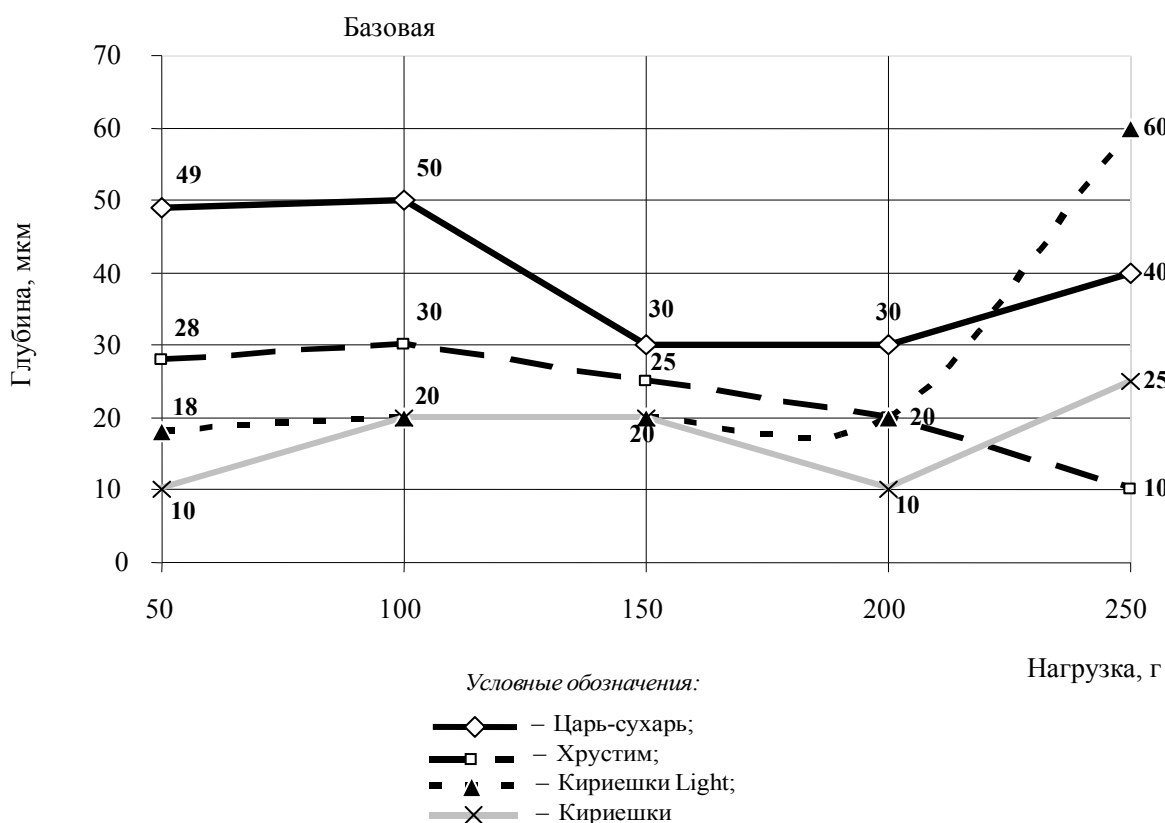


Рисунок 6 – Профиль глубины внедрения индентора от нагрузки на сухарики мягкой консистенции

Как свидетельствуют данные рисунка 7, микротвердость сухарика ржаного (торговая марка «Царь-сухарь») является наименьшей, что соответствует наименованию сухариков

данного типа – «мягкий». Наибольшей микротвердостью среди исследуемых сухариков характеризуются сухарики «Золотой выбор», «Компашки», «Кириешки Мах». Раз-

Зависимость глубины погружения конусного индентора от прилагаемой нагрузки

Наименование сухариков	Уравнение связи	Коэффициент аппроксимации
Флинт	$Y = 9E-08x^4 - 3E-05x^3 + 0,0019x^2 - 0,0503x + 15,336$	1
Кириешки Мах	$Y = -6E-09x^4 + 3E-06x^3 + 5E-05x^2 - 0,0099x + 10,052$	1
Золотой выбор	$Y = -8E-06x^3 + 0,0038x^2 - 0,4457x + 13/991$	0,9965
Компашки	$Y = 5E-08x^4 - 2E-05x^3 + 0,0033x^2 - 0,1308x + 11,003$	1
Кириешки	$Y = -2E-07x^4 - 0,0001x^3 + 0,0201x^2 - 1,1079x + 29,194$	1
Кириешки Light	$Y = 1E-07x^4 - 4E-05x^3 + 0,0034x^2 + 0,0323x + 19,375$	1
Хрустteam	$Y = 3E-08x^4 - 2E-05x^3 + 0,004x^2 - 0,3104x + 32,721$	1
Царь-сухарь	$Y = -5E-08x^4 + 3E-05x^3 - 0,0069x^2 + 0,316x + 47,495$	1

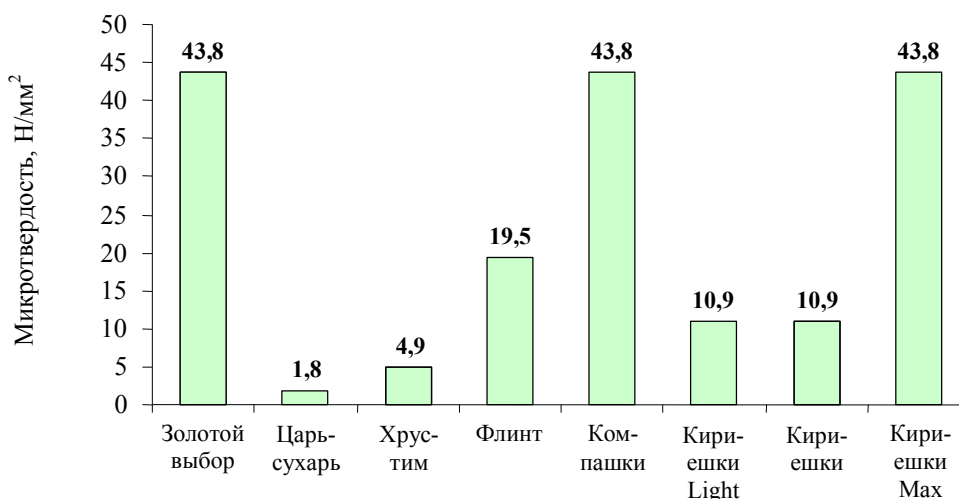


Рисунок 7 – Результаты оценки микротвердости (Н/мм²) сухариков

личия в микротвердости сухариков обусловлены технологией их производства, структурой теста и готового изделия.

Проведена классификация сухариков по микротвердости на три группы (Н/мм²): до 14,5 – мягкие, от 14,5 до 29 – средние, свыше 29 – твердые.

Но с учетом определения конкурентных особенностей сухариков, реализуемых на рынке, целесообразно провести классификацию, исходя из соотношений между значениями. За стандарт предлагается принять значение 1,8 Н/мм² (сухарик «Царь-Сухарь»). Деление на категории будет иметь следующий вид: от 1 до 8; от 9 до 17; свыше 17.

Тогда к категории «мягкие» будут относиться сухарики «Царь-сухарь», «Хрустteam» (4,9 : 1,8 = 2,7), «Кириешки», «Кириешки Light» (соотношение равно 6); сухарики средней твердости – «Флинт» (10,8); твердые – «Золотой выбор», «Компашки», «Кириешки Мах» (24,3).

Также установлено, что между показателями объемности и микротвердости сухариков имеется обратная умеренная связь, характеризующаяся коэффициентом корреляции, равным 0,4415. Эта связь является обратной высокой (по шкале Чеддока) в су-

хариках, выработанных по экструзионной технологии ($r = -0,8348$).

Заключение

Разработка и применение метода для объективного контроля консистенции сухариков позволит создать автоматические системы управления технологическими процессами пищевых производств. Представленные исследования помогут технологам и разработчикам новых продуктов в целенаправленном формировании заранее заданной структуры, достижении определенных свойств продукта оптимальным образом.

Показатель микротвердости в сухариках устанавливается инструментальным методом впервые. Классификацию сухариков по микротвердости рекомендуется использовать в дальнейших исследованиях и внедрить в учебный процесс.

Отметим, что разработанная технология производства сухариков на основе экструзионного полуфабриката позволяет изготовить сухарики, мягкие по консистенции (торговая марка «Царь-сухарь»), что расширяет ассортимент сухариков и способствует удовлетворению запросов потребителей.

Список литературы

1. **Что** такое снеки? Статьи [Электронный ресурс]. – Минск, 2007. – Режим доступа : http://www.koreyka.by/articles-read-1805-t-что-takoe-sneki.html/g/_stream_2901/. – Дата доступа : 10.05.2007.
2. **Ассортиментная** продуктовая линейка рынка снековых сухариков и ее анализ / М. Ф. Бань [и др.] // Управление торговлей: теория, практика, инновации: материалы II Междуна- р. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию кафедр товароведения, товарного консалтинга и аудита, коммерции и технологии торговли, Москва, 12–13 нояб. 2009 г. / Рос. ун-т кооп. – Москва, 2009. – С. 46–49.
3. **Диета** для зубов [Электронный ресурс]. – Минск, 2010. – Режим доступа : <http://dalifarm.ru/advice/i21>. – Дата доступа : 23.04.2010.
4. **Завтраки** сухие. Общие технические условия: СТБ 922-94. – Введ. 01.08.95. – Минск : НПО «Хартэкс», 1995. – 12 с.
5. **Реометрия** пищевого сырья и продуктов : справ. / под ред. Ю. А. Мачихина. – М. : Агропромиздат. – 1990. – 271 с.
6. **Мачихин, Ю. А.** Реология пищевых продуктов : учеб. пособие / Ю. А. Мачихин, Г. К. Берман. – М. : МГУПП, 1999. – 180 с.
7. **Ауэрман, Л. Я.** Определение физико-механических свойств мякиша хлеба на автоматизи- рованном пенетрометре / Л. Я. Ауэрман, Г. М. Мелькина // Хлебопекарная и кондитерская пром-сть. – 1973. – № 2. – С. 5–8.
8. **Косой, В. Д.** Совершенствование процесса производства вареных колбас / В. Д. Косой. – М. : Легкая и пищевая пром-сть. – 1983. – 272 с.
9. **Рогов, И. А.** Дисперсные системы мясных и молочных продуктов / И. А. Рогов, А. В. Горбатов, В. О. Свинцов. – М. : Агропромиздат, 1990. – 320 с.
10. **Табачников, В. П.** Портативный прибор для контроля консистенции сыра / В. П. Табач-ников, Е. Я. Барков // Молочная пром-сть. – 1970. – № 8. – С. 25–27.
11. **Тешитель, О. В.** Изменение реологических свойств теста при замораживании / О. В. Те- шитель, Г. Ф. Пшенишнюк // Хлебопекарная и кондитерская пром-сть. – 1985. – № 9. – С. 38–40.
12. **Арет, В. А.** Физико-механические свойства сырья и готовой продукции / В. А. Арет, Б. Л. Николаев, Л. К. Николаев. – СПб. : ГИОРД, 2009. – 448 с.
13. **МакКенна, Б. М.** Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы / Б. М. МакКенна ; пер. с англ. под науч. ред. Ю. Г. Базарновой. – СПб. : Профессия, 2008. – 480 с.
14. **Состав** для производства зернового экструдированного продукта типа хлебных суха- риков : пат. 2 333 672 Рос. Федерация : А 23L 1/18, А 23P 1/12 / А. Д. Кычаков, А. А. Кычаков ; заявители А. Д. Кычаков, А. А. Кычаков. – № 2006139618/13 ; заявл. 08.11.06 ; опубл. 20.09.08 // Официальный бюл. / Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. – 2008. – № 26. – С. 1–6.
15. **Бань, М. Ф.** Современная технология производства новых видов экструдированных продуктов на основе отечественного растительного сырья / М. Ф. Бань, А. М. Мазур // Тех-ника и технология пищевых производств: материалы V Междуна- р. науч. конф. студентов и аспирантов, Могилев, 21–23 апр. 2006 г. / Могилев. гос. ун-т продовольствия. – Могилев, 2006. – С. 73.
16. **Мука** экструзионная целевого назначения / Е. А. Назаренко [и др.] // Хлебопек. – 2007. – № 2. – С. 35–38.
17. **Платова, Е. Ю.** Физико-химические свойства экструдированного комбинированного крупяного сырья / Е. Ю. Платова, В. Т. Литвинченко, С. В. Краус // Пищевая пром-сть. – 1992. – № 11. – С. 25.