

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КИСЕЛЕЙ

*В.А. Шуляк*, С.Л. Масанский, А.Ю. Болотко,  
М.А. Киркор, Е.Н. Лузина

Исследован гранулометрический состав полидисперсных пищевых порошков из гречневой, рисовой и овсяной круп. Изучено влияние гранулометрического состава (степени измельчения) и содержания исследуемых порошков в качестве структурообразователей на основные показатели качества киселей. Экспериментально обоснована возможность обогащения пищевого концентрата киселей тонкодисперсными порошками с заменой части картофельного крахмала. Предложены рецептуры пищевых концентратов киселей пяти наименований с рекомендуемым содержанием тонкодисперсных порошков.

### Введение

Исследование пищевых тонкодисперсных порошков из злаковых культур в качестве функционально-технологических ингредиентов в рецептурах многокомпонентных продуктов питания практически значимы. При наличии широкой сырьевой базы для их получения такие добавки практически не используются в пищевой промышленности. Тонкодисперсные порошки позволяют сохранить пищевую ценность, улучшить технологические свойства, существенно расширить область применения исходного сырья.

Так, например, порошок из овсяной крупы содержит клетчатку, стимулирующую двигательную функцию кишечника, нормализующую деятельность кишечной микрофлоры, способствующую выведению из организма холестерина, токсинов; некрахмалистый водорастворимый полисахарид  $\beta$ -глюкан – физиологически важный диетический компонент. Порошок из рисовой крупы не содержит глютен, поэтому не вызывает аллергических реакций; содержит клетчатку (до 0,5%), сложные углеводы (70 %), что положительно влияет на пищеварение, способствует выведению шлаков, токсичных веществ, радионуклидов. Порошок из гречневой крупы содержит значительное количество биологически активного лецитина, цистина и цистеина (радиозащитные свойства); рутин (до 260 мг%); дефицитную фолиевую кислоту (до 32 мкг в 100 г), калий (380 мг%) и железо (6,7 мг%); препятствует усвоению радиоактивных изотопов [1–4].

В связи с этим на основе анализа пищевой ценности выбраны для производства порошков овес, рис, гречиха.

Свойства полученных порошков таковы, что при непосредственном применении порошков в смесях после измельчения наблюдается повышенная реакционная способность за счет избыточной поверхностной энергии, запасенной в результате механического измельчения. Порошки перспективны как ценная добавка в придании продуктам новых потребительских свойств, создании новых вкусовых характеристик, импортозамещении зарубежных аналогов.

### Результаты исследований и их обсуждение

Для исследования влияния гранулометрического состава пищевых порошков на их технологические свойства спроектирована и изготовлена установка, которая включает в себя измельчитель ударно-стирающего действия, центробежный классификатор, шнековый питатель, циклон, бункер сбора мелкой фракции, систему рециркуляционных трубопроводов и регулирующих заслонок. Причем измельчитель и классификатор объединены в одном рабочем объеме [5–8].

После измельчения для определения гранулометрического состава полидисперсных пищевых порошков из гречневой, рисовой и овсяной круп использовался прибор «Beckman Coulter» серии LS 230, позволяющий определять доли частиц каждого размера в полидис-

персном материале. Данный прибор снабжен жидкостным модулем и ультразвуковым диспергатором, проводит измерение частиц, суспендированных в жидкости. Предел измерений лежит в диапазоне от 0,04 до 900 мкм. Матричный фотодиодный детектор определяет и измеряет интенсивность рассеяния света. Фотодетекторы сканируются, полученные данные переводятся в оцифрованный сигнал, который передается на подключенный компьютер. Компьютер сохраняет первичные данные, на основе которых производятся расчеты, результаты которых изображаются в выбранной исследователем форме.

Независимо от способа получения порошка его частицы отличаются друг от друга размерами, формой и другими признаками. Перевод исходного материала в порошкообразное состояние очень редко является конечной целью той или иной технологии. Чаще всего порошки используют как полуфабрикаты для проведения последующих технологических процессов. Поэтому необходимо учитывать, что физические и химические свойства частиц порошка неодинаковы. Принято считать, что одинаковые по размерам частицы имеют одинаковые свойства. Это справедливо при предположении, что исходный материал, из которого получен порошок, однороден. Исходя из этого допущения, определяющее значение приобретают функции массового или объемного распределения частиц порошка по их геометрическим характеристикам, то есть гранулометрический состав порошка.

При описании гранулометрического состава порошка использованы интегральные функции распределения частиц по размерам, которые представлены на рисунке 1. Измельчение проводилось при постоянной частоте вращения ротора  $n = 6500$  об/мин.

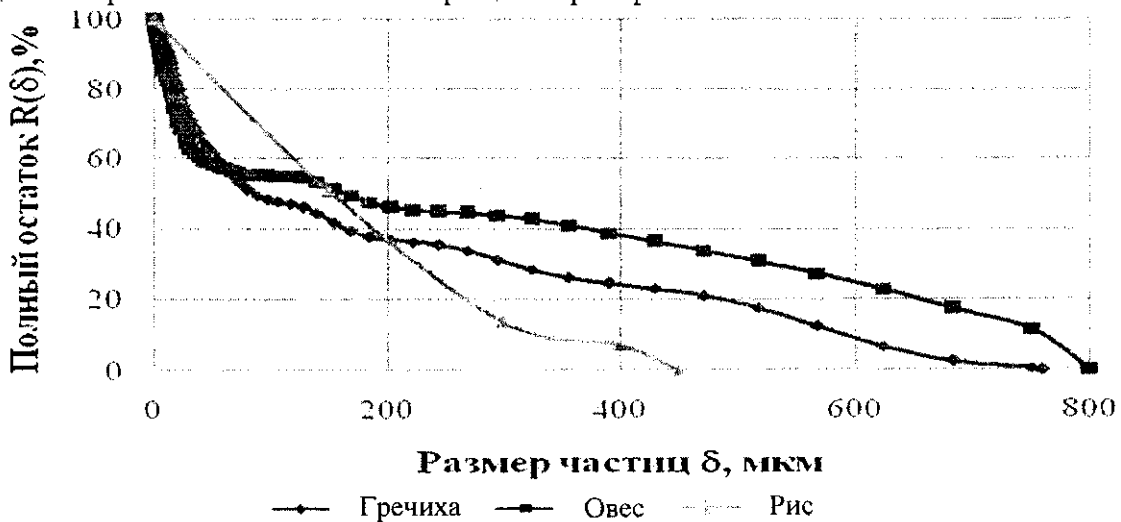


Рисунок 1 – Интегральные кривые распределения частиц по размерам

Для описания этих кривых наиболее часто применяется закон распределения Розина – Раммлера, который имеет вид

$$R(\delta) = \exp(-B \cdot \delta^N), \tag{1}$$

где  $B$  и  $N$  – параметры приведения кривой к опытным данным.

Для определения параметров  $B$  и  $N$  необходимы две пары опытных значений  $R_1(\delta_1)$  и  $R_2(\delta_2)$ . Уравнение (1) адекватно описывает опытные точки  $R_i(\delta_i)$  или сглаживающие их кривые  $R(\delta)$  в широком диапазоне размеров частиц при рациональном выборе значений пар  $R_1 - \delta_1$ ,  $R_2 - \delta_2$ . Они должны быть сосредоточены в той области распределения, которую необходимо наиболее точно описать. Для описания всей кривой гранулометрического состава  $R(\delta)$  рекомендуется использовать значения  $R_1 = 0,65-0,8$  и  $R_2 = 0,1-0,25$  [9].

Эмпирические константы  $B$  и  $N$  определяются по выражениям (2) и (3):

$$N = \frac{\ln(\ln(1/R_1)/\ln(1/R_2))}{\ln(\delta_1/\delta_2)}, \quad (2)$$

$$B = \frac{1}{\delta_1^N} \ln \frac{1}{R_1}. \quad (3)$$

В результате математической обработки экспериментальных данных были получены выражения, описывающие интегральные кривые для каждого из продуктов в отдельности (4–6):

$$\text{Порошок из гречки} \quad R(\delta) = \exp(-B \cdot \delta^N) = \exp(-0,002 \cdot \delta^{1,13}), \quad (4)$$

$$\text{Порошок из овса} \quad R(\delta) = \exp(-B \cdot \delta^N) = \exp(-0,0073 \cdot \delta^{0,46}), \quad (5)$$

$$\text{Порошок из риса} \quad R(\delta) = \exp(-B \cdot \delta^N) = \exp(-0,009 \cdot \delta^{1,6}). \quad (6)$$

В пищевой промышленности разделение порошкового материала на фракции осуществляется, как правило, ситовым методом. В результате разделения получены овсяные и гречневые порошки с размером частиц менее 300 мкм, 300–600 мкм и более 600 мкм; рисовые порошки крупностью менее 100 мкм, 100–300 мкм. Дальнейшие исследования проводились с использованием полученных фракций порошков с учетом их технологических свойств.

Проведено экспериментальное обоснование возможности обогащения пищекопцентратов сладких блюд полученными тонкодисперсными порошками злаков на примере киселей с заменой части картофельного крахмала.

Выбор пищекопцентратов сладких блюд в качестве объекта исследования не случаен. Пищевые концентраты сладких блюд (кисели, муссы, желе, кремы, пудинги) представляют собой смеси предварительно подготовленных ингредиентов, фасованные в насыпном или брикетированном виде и предназначенные для быстрого приготовления одноименных сладких блюд. Преимущества концентратов – универсальность, легкость, быстрота и удобство приготовления, подачи, относительно низкая стоимость.

На рынке сладких блюд пищекопцентраты представлены в ограниченном ассортименте и порой не соответствуют современным потребностям. Поэтому актуально создание пищекопцентратов нового поколения, отвечающих современным требованиям и способных удовлетворить потребности даже самых взыскательных покупателей – детей. Такие сладкие блюда функционального назначения могли бы занять особое место в рационах питания школьников как продукты ежедневного потребления. Кроме того, по совокупности потребительских свойств, промышленному потенциалу данную подгруппу продуктов возможно рассматривать как перспективную в структуре рационов школьного питания для коррекции дефицита таких нутриентов, как пищевые волокна, витамины, минеральные вещества.

В ходе исследования была разработана универсальная базовая смесь ингредиентов для пищекопцентратов киселей (определенное соотношение ингредиентов – сахара, крахмала и лимонной кислоты) с заданными технологическими свойствами. Целесообразность разработки базовой смеси заключается в возможности ее универсального использования как основы в рецептурах пищевых концентратов широкого ассортимента.

Дано экспериментальное обоснование использования тонкодисперсных порошков из овсяной, рисовой и гречневой крупы в качестве структурообразователя в сладких блюдах. Для этого исследованы технологические свойства порошков; изучено влияние степени измельчения порошка на основные показатели качества киселей. Размер частиц порошка 50–600 мкм. Замена крахмала в рецептуре осуществлена в интервале 0–60 %.

Каждому сладкому блюду свойственна определенная консистенция. Она является «фоном» для комплексного проявления отдельных свойств данного блюда. Для оценки конси-

стенции нами выбраны органолептическая (сенсорная) и реологическая характеристики. Используются адаптированные методики определения наиболее существенных показателей: органолептических; обобщенной вязкостной характеристики консистенции киселя (на экспресс-анализаторе консистенции ЭАК-1М); кинематической вязкости киселей с использованием капиллярного вискозиметра при заданной температуре; величины рН. Измерения проводились при температурах 55°C и 20°C с учетом особенностей подачи киселей в горячем и охлажденном виде. Анализ полученных данных проводился в сопоставлении с контрольными образцами киселей ведущих белорусских производителей ОАО «Лидапичекоцентра-ты» и ОАО «Криница» (г. Минск).

В ходе исследований доказана возможность снижения содержания крахмала в рецептурах киселей за счет внесения тонкодисперсных порошков из злаков. Установлено соотношение структурообразующих компонентов («крахмал : порошок из злаков»), позволяющее сохранить привычную для киселя консистенцию. Влияние размера частиц порошка на соотношение «крахмал : порошок» для исследуемых видов злаков представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Рекомендуемое соотношение «крахмал-порошок» в зависимости от размера частиц порошка

Наименование тонкодисперсного порошка	Размер частиц, мкм	Рекомендуемое содержание порошка, в % к крахмалу	Соотношение крахмал : порошок
рисовый	менее 100	10	9:1
рисовый	100-300	10	9:1
овсяный	менее 300	20	4:1
гречневый		9	10:1
овсяный	300-600	15	6:1
гречневый		10	9:1
гречневый	более 600	8	11:1

Наибольшее содержание (15–20%) рекомендовано для тонкодисперсного порошка из овсяной крупы, а минимальное содержание (8–9%) – для порошка из гречневой крупы. При увеличении содержания гречневого порошка проявляется посторонний привкус, ухудшаются реологические свойства киселя. При содержании рисового порошка более 10% в готовом киселе визуально отмечается помутнение, в связи с чем дальнейшее увеличение содержания исследуемой добавки нецелесообразно.

Реологические (вязкостные) характеристики являются для киселей одними из ключевых. При этом часть потребителей предпочитает кисели жидкие или средней густоты, для других «настоящим» является только густой кисель. Консистенция киселей, восстановленных из концентратов, зависит от ряда факторов: вида структурообразователя; соотношения амилозной и амилопектиновой фракции в крахмале; содержания и соотношения крахмала и других компонентов рецептуры (в первую очередь, сахар и лимонная кислота); рН (органические кислоты, понижая кислотность среды, способствуют частичному гидролизу крахмала и инверсии сахарозы, что приводит к «разжижению» консистенции); величины гидромодуля; температуры и длительности тепловой обработки; механического перемешивания; условий хранения готового продукта.

Исследовано влияние порошков из злаков на реологические показатели исследуемых киселей по показателям кинематической вязкости и обобщенной вязкостной характеристики консистенции. Контрольный образец производства ОАО «Криница» – один из лучших в Беларуси. Он характеризуется высокой величиной показателя консистенции, близок к киселям густым. У образца производства ОАО «Лидапичекоцентра-ты» значения показателей консистенции ниже – это кисель средней густоты. При разработке киселей с тонкоизмельченными

порошками была поставлена цель задать консистенцию в рамках определенного диапазона значений с привязкой к контрольным образцам. Значения показателей консистенции и pH для образцов с рекомендуемым соотношением «крахмал:порошок» приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика реологических показателей и pH в киселях с рекомендуемым содержанием порошков злаков

Размер частиц, мкм	pH	Тонкодисперсный порошок		Кинематическая вязкость·10 <sup>6</sup> , м <sup>2</sup> /с, при t, °C		Обобщенная вязкостная характеристика по ЭАК-1М, числ. ед., при t, °C	
		наименование	мас. %	55°C	20°C	55°C	20°C
менее 100	3,1±0,22	рисовый	2,3	139,64±1,97	216,31±2,34	27,1±0,17	36,6±0,20
100–300	3,1±0,29	рисовый	2,3	136,52±2,32	214,13±1,87	27,0±0,41	36,0±0,21
менее 300	3,1±0,41	овсяный	4,5	134,39±2,15	213,74±4,89	26,7±0,33	35,9±0,45
	3,2±0,20	гречневый	2,7	125,83±3,60	205,58±3,54	26,4±0,23	35,7±0,35
300–600	3,1±0,36	овсяный	3,4	126,46±3,65	205,81±2,46	26,4±0,30	35,5±0,45
	3,2±0,15	гречневый	2,3	125,21±3,55	205,19±2,66	26,2±0,42	35,4±0,44
более 600	3,2±0,36	гречневый	1,9	125,71±2,14	205,61±2,89	26,3±0,52	35,5±0,42
Контрольные образцы киселей	3,2±0,38	ОАО «Криница»		141,32±0,75	227,32±0,49	27,3±0,23	36,7±0,39
	3,0±0,40	ОАО «Лидапищеконцентраты»		120,36±0,83	204,68±0,52	26,1±0,21	35,1±0,33

В киселях с рисовым и овсяным порошком размером частиц до 300 мкм кинематическая вязкость и обобщенная вязкостная характеристика имеют наибольшие значения. Кинематическая вязкость более  $134 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с при температуре 55°C и более  $213 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с при температуре 20°C. Обобщенная вязкостная характеристика более 26,7 числовых единиц при температуре 55°C и более 35,9 числовых единиц при температуре 20°C. Отметим, что показатели консистенции киселей с порошком из овсяной крупы менее 300 мкм при максимальной замене крахмала высокие, что связано со свойством овсяной крупы при разваривании в воде образовывать слизистую белково-крахмальную массу. Реологические показатели киселей с гречневым порошком наиболее низкие: кинематическая вязкость при температуре 55°C близка к  $126 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с, при температуре 20°C составляет около  $205 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с. Обобщенная вязкостная характеристика – около 26,3 числовых единиц (55°C) и 35,5 числовых единиц (20°C). Величина pH разработанных киселей находится на уровне 3,1–3,2, что соответствует значению pH для контрольных образцов.

Важнейший критерий для определения оптимального количества вводимой добавки (тонкодисперсный порошок из круп) – органолептическая (сенсорная) оценка. Этот критерий приобретает особую значимость с учетом сегмента потребителей киселей – учащихся. В соответствии с установленными требованиями, в рецептуры включены только натуральные красители и идентичные натуральным ароматизаторы, не запрещенные в школьном питании.

Для органолептической оценки киселей разработана специализированная дегустационная карта, где подобраны наиболее важные сенсорные категории: естественность, яркость восприятия цвета; выраженность, естественность запаха; сладость, естественность вкуса, «кислинка»; однородность, густота киселя и наличие в нем ощутимых частичек; общая оценка вкусоности. Установлена возможность выбора (шкала) – от двух до пяти характеристик по каждой сенсорной категории. Количественные (балльные) оценки, полученные в ходе «слепых» дегустаций киселей различных вкусов с рекомендуемым содержанием тонкоизмельченных порошков, достаточно высокие. На рисунке 2 отражены результаты сенсорной оценки киселей «Вишня-злаки» с овсяным, рисовым и гречневым порошком в сравнении с контрольным образцом производства ОАО «Лидапищеконцентраты».

По результатам дегустации цвет всех трех киселей «Вишня-злаки» получил оценку выше,

чем контрольный образец. Мнения о вкусе и общей вкусоности контрольных и разработанных киселей близки, наивысший балл по вкусу (8,4 балла) и общей оценке вкусоности (8,6 балла) получил кисель с рисовым порошком. Запах киселя «Вишня-злаки» (овес) получил оценку в 8,2 балла, как и контроль, что выше значения для киселя «Вишня-злаки» (рис) с оценкой 8 баллов и киселя «Вишня-злаки» (гречка) с оценкой 7,9 баллов. Органолептическая оценка консистенции разработанных и контрольных образцов близки по значению (8,1–8,2 балла).

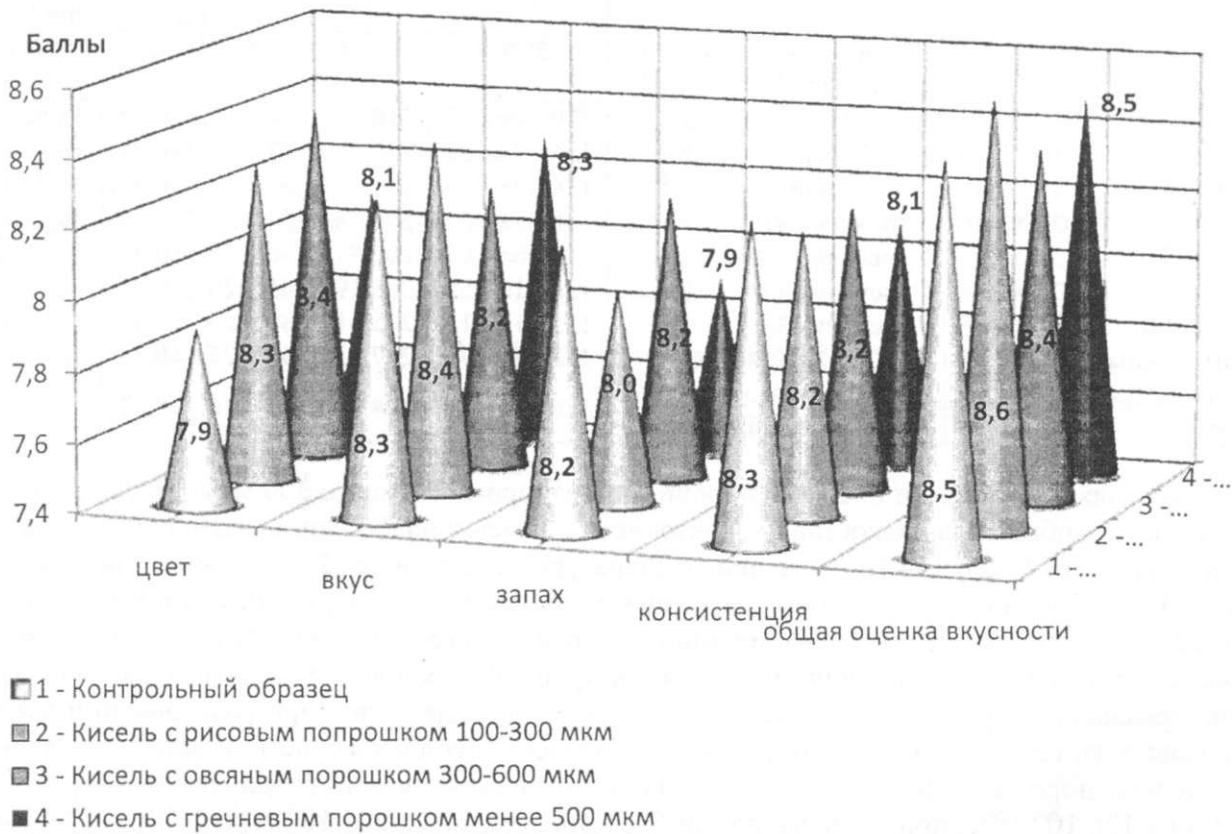


Рисунок 2 – Сенсорные оценки киселей «Вишня-злаки» с овсяным, рисовым и гречневым порошком

Получены развернутые сенсорные характеристики киселей со вкусами вишни, клюквы, абрикоса, малины, земляники. Лучшими, по мнению дегустаторов, являются кисели со вкусами вишни, клюквы. Высокие оценки получили также кисель земляничный с рисовым порошком, абрикосовый с овсяным порошком, малиновый с гречневым порошком. Для киселей с рисовым тонкодисперсным порошком характерна легкая мучнистость, а для киселей с гречневым порошком – легкий привлекательный аромат гречихи.

**Заключение**

В результате проведенных исследований обоснована возможность обогащения пищекоцентрагов киселей тонкодисперсными порошками с заменой части картофельного крахмала, содержание которого в рационе детей необходимо ограничивать. Показано, что с увеличением максимального размера частиц порошков, используемых как структурообразователи, происходит снижение реологических и сенсорных характеристик киселей. Даны рекомендации по содержанию тонкодисперсных порошков из злаков в рецептурах пищекоцентрагов киселей. Предложены рецептуры киселей пяти наименований с заменой крахмала тонкоиз-

мельченными порошками: «Клюква-злаки», «Вишня-злаки», «Малина-злаки», «Земляника-злаки», «Абрикос-злаки».

### Литература

1. Иунихина, В. Крупяные продукты для здорового питания / В. Иунихина, Е.Мельников // Хлебопродукты. – 2005. – №12. – С.36–39.
2. Лоскутов, И. Овес – прошлое, настоящее и будущее / И. Лоскутов // Хлебопродукты. – 2007. – №5. – С. 52–53.
3. Скурихин, И.М. Химический состав пищевых продуктов. Книга 1: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетическая ценность пищевых продуктов/И.М. Скурихин, М.Н. Волгарева. – М.: ВО «Агропромиздат», 1987. – 224 с.
4. Шатнюк, Л.Н. Обогащение микронутриентами пищевых концентратов на зерновой основе / Л. Шатнюк, А.В. Юдина // Пищевая промышленность. – 2004. – №6. – С.94–96.
5. Шуляк, В.А. Сравнительная оценка центробежных классификаторов роторного типа / В.А. Шуляк, М.А. Киркор, А.Г. Смусенок // Вестник МГУП. Научно-методический журнал. – 2006. – № 1. – С.91–96.
6. Шуляк, В.А. Разработка высокоэффективных аппаратов для механической обработки дисперсных материалов/В.А. Шуляк, М.А. Киркор//К 30-летию Могилевского государственного университета продовольствия: сб. науч. тр. / Могилев. гос. ун-т продовольствия; под ред. Т.С. Хасаншина. – Могилев, 2007. – С.165–172.
7. Установка тонкого измельчения пищевого сырья. Руководство по эксплуатации. УТИ -00.00.010 РЭ. – Могилев. – 2006. – 12 с.
8. Установка для помола и классификации: пат. 9314 Респ. Беларусь, МПК7 В07 В7/083/ В.А. Шуляк, А.Г. Смусенок, Е.М. Минина; заявитель Мог. гос. ун-т. прод. – № а 20040492; заявл. 31.05.2004 //Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. –2004. – № 4. – С.26–27.
9. Градус, Л.Я. Руководство по дисперсному анализу методом микроскопии. – М.: Химия, 1979. – 232 с.

*Поступила в редакцию 19.03.2010*