

УДК 641:66.099.2

## **РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОССТАНОВЛЕННОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО ПРОДУКТА**

Д.т.н. Попов А.М., к.т.н. Пирогов А.Н., асп. Шилова Е.И.  
[gluhova-shilova@mail.ru](mailto:gluhova-shilova@mail.ru)

ГОУ ВПО Кемеровский технологический институт пищевой промышленности

*Изучено влияния доз пшеничных зародышевых хлопьев (ПЗХ) и крахмала на реологические свойства восстановленного гранулированного продукта на основе облепихи, ПЗХ и молочной сыворотки – предельное напряжение сдвига и вязкость. Получены кривые течения образцов при различных дозах крахмала и ПЗХ.*

Ключевые слова: гранулированный продукт, пшеничные зародышевые хлопья, крахмал, предельное напряжение сдвига и вязкость.

## **STRUCTURALLY-MECHANICAL PROPERTIES OF THE RESTORED GRANULATED PRODUCT**

Popov A.M., Pirogov A.N., asp. Shilova E.I.

Kemerovo technology institute of the food industry

*It is studied influences of doses of wheaten germinal flakes (WGF) and starch on structurally-mechanical properties of the granulated product of fast preparation on the basis of sea-buckthorn berries, WGF and dairy whey – limiting pressure of shift and viscosity. Curve currents of samples are received at various doses of starch and WGF.*

Keywords: the granulated breakfast, wheaten germinal flakes, starch, limiting pressure of shift and viscosity.

Богатейшим источником практически всех необходимых организму микронутриентов является растительное сырье. Создание пищевых продуктов на основе растительного сырья является одним из путей решения проблемы сбалансированного питания. При этом продукты должны быть обогащены не только витаминно-минеральным составом, но и белками животного и растительного происхождения, а также содержать максимально возможный набор незаменимых и полиненасыщенных жирных кислот. [1]

Анализ дефицита витаминов в питании населения нашего региона свидетельствует о необходимости корректировки состава и свойств продуктов питания. В связи с этим разработан технологический поток (рис.1) гранулированного продукта быстрого приготовления на основе облепихи, пшеничных зародышевых хлопьев (ПЗХ) и молочной сыворотки, который позволяет получить готовый продукт с требуемым уровнем пищевой и биологической ценности.

Облепиха является богатейшим источником природных витаминов и минеральных веществ. Пшеничные зародышевые хлопья - это источник полноценного белка, легкоусвояемых углеводов, водо- и жирорастворимых витаминов, полиненасыщенных жирных кислот, минеральных веществ витамина Е и селена, что приобретает особую актуальность для региона, в котором установлен дефицит питания по селену. [2]

Высокую пищевую и биологическую ценность молочной сыворотки обуславливают не только углеводы, минеральные вещества, ферменты, витамины, органические кислоты, но и сывороточные белки. В сухом веществе молочной сыворотки основные компоненты распределяются следующим образом: лактоза - 70%, азотистые вещества – 14,5%, жир – 7,5% и минеральные соли – 8%. [3] Кроме того пшеничные зародышевые хлопья и молочная сыворотка являются побочными продуктами основного производства в соответствующей отрасли, поэтому использование их при производстве гранулированных продуктов решает проблему переработки вторичного сырья.



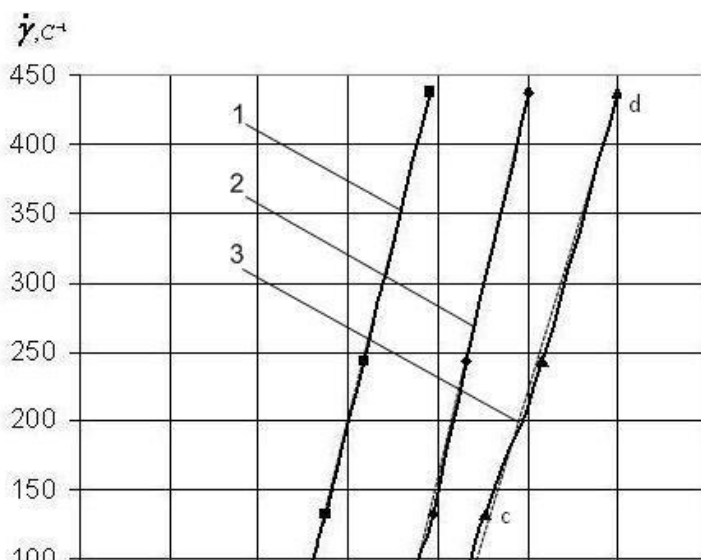
Рис. 1. Схема технологического потока производства быстрорастворимого гранулированного продукта на основе облепихи, пшеничных зародышевых хлопьев и молочной сыворотки

Отличительной особенностью разрабатываемого продукта является: сохраняемость (до 6 месяцев); не слеживаемость, хорошая сыпучесть; удобство и быстрота приготовления (в течение 2 мин); восстановление продукта осуществляется путем заваривания его кипяченной водой при температуре 80-95 °С. Качество готового продукта оценивается, в частности, органолептическим методом, составляющей которого является знание его консистенции. Для оценки последней целесообразно применить реологический метод путем определения прочности структуры и вязкости продукта.

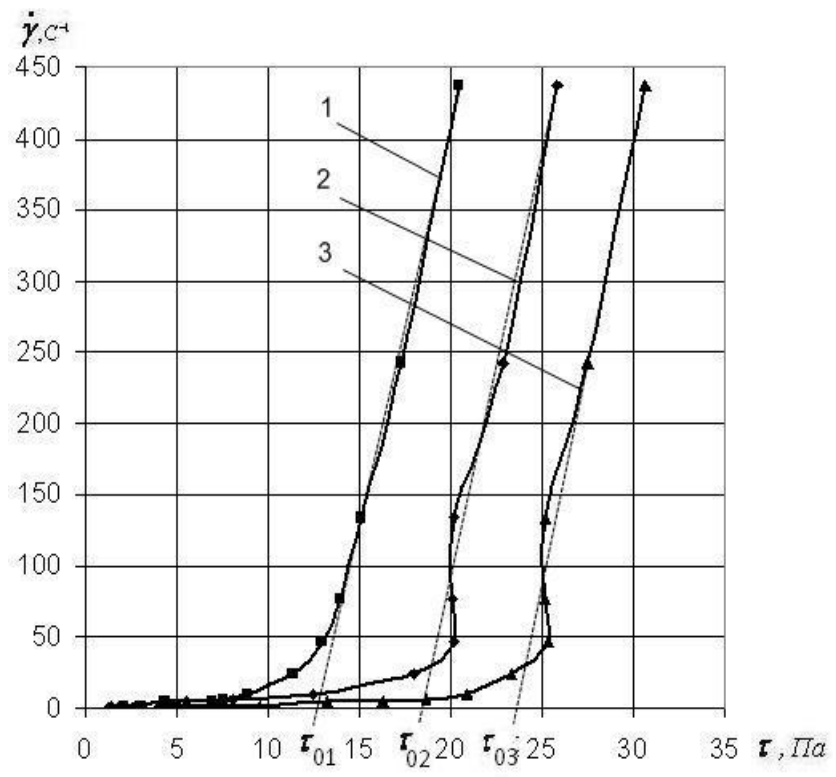
Цель настоящей работы - исследовать влияние доз ПЗХ и крахмала на реологические показатели восстановленного гранулированного продукта в виде киселя.

Для проведения исследований готовили серию гранулированных образцов следующего состава: содержание в 100 г продукта доз ПЗХ 20, 25, 30 и 35 г при варьировании количества крахмала в каждой дозе 5, 10 и 15 г, соответственно, при этом доза облепиховой добавки оставалась постоянной. Гранулометрический состав ПЗХ: на сите №1(диаметр отверстий 1,2 мм) – 3% массы частиц, на сите № 2(диаметр отверстий 0,7 мм) – 12%, на сите №3 (диаметр отверстий 0,25 мм) – 55%, на сите №4 (диаметр отверстий <0,25 мм) – 19% и проход с набора сит – 9%. Таким образом преобладают частицы ПЗХ с размером 0,25 мм. Затем каждый из 12 полученных образцов заваривали кипяченной водой при температуре 80-95 °С в пропорции 1:7 и охлаждали до комнатной температуры.

Исследования проводили на ротационном вискозиметре «Reotest-2», с использованием цилиндрической измерительной системы S/S2. Скорость сдвига изменяли в диапазоне от 1,0 до 437,4  $c^{-1}$ . Измерения были выполнены при фиксированной температуре 25 °С, поддерживаемой жидкостным ультратермостатом. Все опыты проведены в 3-х повторностях. Образцы термостатировали в течение 20 мин. Показания прибора на каждой скорости сдвига фиксировали при достижении установившегося режима деформирования образца. Были получены кривые течения в координатах «напряжение сдвига  $\tau$  - скорость сдвига  $\dot{\gamma}$ », представленные на рис. 2, а-г.



a)



b)

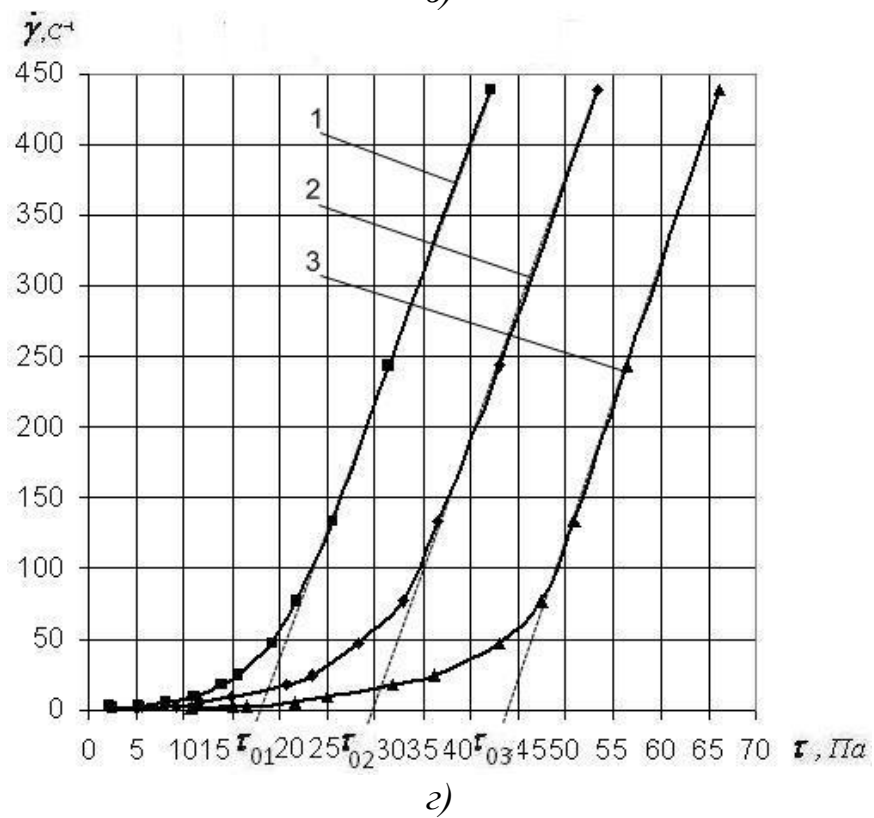
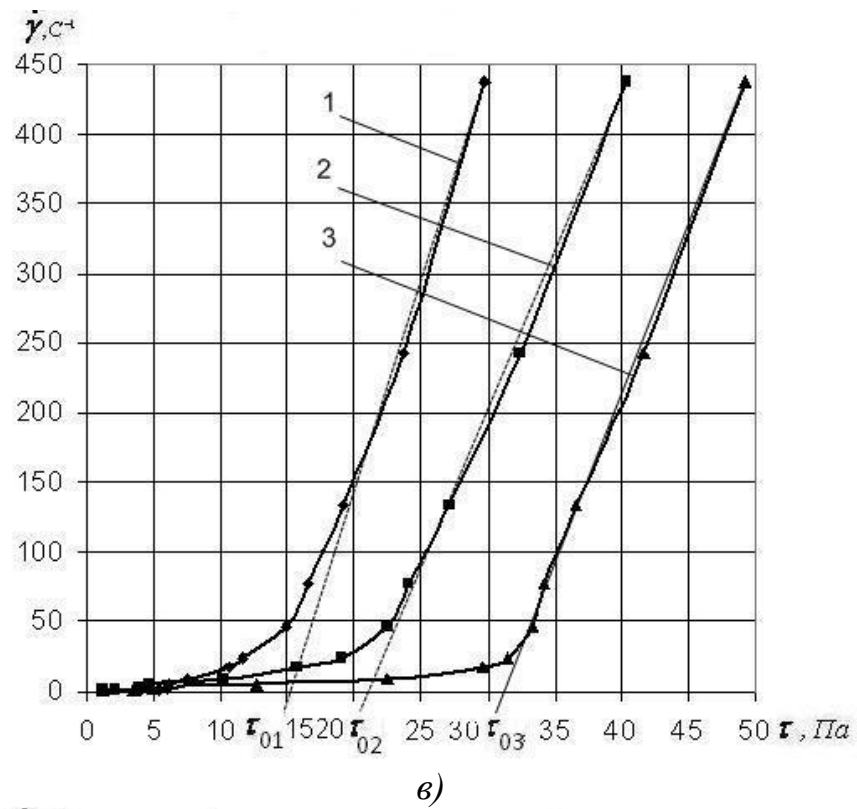


Рис. 2. Кривые течения образцов: а) - с содержанием ПЗХ 20 г при дозе крахмала 1 – 5 г, 2 - 10 г, 3 - 15 г; б) - с содержанием ПЗХ 25 г при дозе крахмала 1 – 5 г, 2 - 10 г, 3 - 15 г; в) - с содержанием ПЗХ 30 г при дозе крахмала 1 – 5 г, 2 - 10 г, 3 - 15 г; г) - с содержанием ПЗХ 35 г при дозе крахмала 1 – 5 г, 2 - 10 г, 3 - 15 г;

Из рассмотрения кривых течения следует, что при дозах ПЗХ 20 г (рис. 2,а) и 25 г (рис. 2,б) при малых скоростях сдвига  $\dot{\gamma}$  продукт течет на режиме ползучести с максимальной ньютоновской вязкостью  $\eta_0$ . Одновременно происходит упрочнение структуры вплоть до точки *a* (кривая 3, рис. 2, а), в которой достигается максимальная прочность, характеризуемая касательными напряжениями  $\tau_{\max}$ . При дальнейшем увеличении  $\dot{\gamma}$  на участке *ab* происходит некоторое разупрочнение структуры продукта из-за истощения прочности структурных связей, что выражается в уменьшении значений  $\tau$ . Это явление называют в реометрии сверханомалией [4]. Затем кривая течения на участке *bcd* практически становится прямолинейной. При повышении дозы ПЗХ до 30 и 35 г участки сверханомалии на кривых течения исчезают (рис. 2, в,г), а кривые течения при дальнейшем увеличении  $\dot{\gamma}$  также становятся прямолинейными. Из анализа кривых рис. 2 следует, что их можно аппроксимировать реологической моделью Шведова-Бингама:

$$\tau = \tau_0 + \eta_{nl} \cdot \dot{\gamma}, \quad (1)$$

где  $\tau_0$  - предельное напряжение сдвига, полученное экстраполяцией прямолинейного участка *bcd* кривой течения до оси абсцисс;

$$\eta_{nl} = (\tau_d - \tau_0) / \dot{\gamma}_d, \quad (2)$$

- вязкость пластического течения (бингамовская вязкость), где  $\tau_d$  - наибольшее напряжение сдвига при скорости сдвига  $\dot{\gamma}_d$  (рис. 1, а).

Для получения более полной картины, характеризующей структурно-механические свойства исследованных образцов, по кривым течения также определяли для участков *oa* наибольшую ньютоновскую вязкость по формуле:

$$\eta_0 = \tau_k / \dot{\gamma}_k, \quad (3)$$

где  $\tau_k$  и  $\dot{\gamma}_k$ , соответственно, напряжение сдвига и скорость сдвига для точки *k*, принадлежащей прямолинейному участку *ok*;  
минимальную эффективную вязкость максимально разрушенной структуры по формуле

$$\eta_m = \tau_d / \dot{\gamma}_d, \quad (4)$$

где  $\tau_d$  и  $\dot{\gamma}_d$ , соответственно, напряжение сдвига и скорость сдвига для точки *d*, определяющей максимальное разрушение структуры.

Структурно-механические показатели образцов, полученные после статистической обработки экспериментальных данных по формулам (1)-(4), представлены в таблице.

Таблица

Структурно-механические показатели восстановленного

гранулированного продукта в зависимости от доз крахмала и ПЗХ

Количество крахмала, г	Реологические показатели			
	$\tau_0, Па$	$\eta_{пл}, мПа\cdot с$	$\eta_0, мПа\cdot с$	$\eta_m, мПа\cdot с$
<b>Доза ПЗХ 20 г</b>				
5	11,51±0,46	18,97±0,76	802±32,08	44,33±1,77
10	18,06±0,72	18,38±0,73	1646±65,84	57,16±2,28
15	19,51±0,78	21,00±0,96	1772±70,88	68,59±2,74
<b>Доза ПЗХ 25 г</b>				
5	12,81±0,51	17,14±0,68	870±34,80	47,44±1,89
10	17,73±0,71	18,98±0,75	1245±49,80	59,79±2,39
15	21,93±0,88	18,52±0,74	2120±84,80	71,17±2,84
<b>Доза ПЗХ 30 г</b>				
5	14,22±0,56	35,42±1,42	691±27,64	68,59±2,74
10	20,91±0,84	44,05±1,76	1060±42,40	91,45±3,66
15	31,33±1,25	40,67±1,63	1950±78,00	111,52±4,46
<b>Доза ПЗХ 35 г</b>				
5	18,36±0,73	52,48±2,08	856±44,92	94,72±3,78
10	28,86±1,15	56,04±2,24	1500±60,00	122,50±4,90
15	43,55±1,74	54,55±2,06	2500±100,00	152,13±6,08

Из анализа данных таблицы можно сделать следующие выводы. В образцах с дозами ПЗХ 20, 25, 30 и 35 г при увеличении содержания крахмала от 5 до 15 г приводит к возрастанию значений предельного напряжения сдвига  $\tau_0$  в 1,69, 1,71, 2,20 и 2,37 раза, а пластической вязкости  $\eta_{пл}$  – в 1,11, 1,08, 1,15 и 1,04 раза, соответственно. При этом показатели наибольшей ньютоновской вязкости  $\eta_0$  также возросли в 2,21, 2,41, 2,82, 2,92 раза, а минимальной эффективной вязкости  $\eta_m$  – в 1,57, 1,50, 1,62, 1,61 раза, соответственно. Из выше изложенного следует, что наибольшее влияние на прочность структуры продукта оказывает доза ПЗХ, а значения пластической вязкости  $\eta_{пл}$  и минимальной эффективной вязкости  $\eta_m$  практически мало изменяются.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тимофеева, В.Н. Консервированные продукты из плодов облепихи/В.Н. Тимофеева, М.Л.Зенькова, А.В. Акулич, Э.С. Гореньков// Пищевая промышленность.-2009.-№4.-С.48-51
2. Захарова, Л.М. Научно-практические аспекты производства функциональных продуктов из молока и злаков: монография/Л.М.Захарова.- Кемерово, 2005.-195с.
3. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов/К.К. Горбатова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.–344с.
4. Павлов В.П. Обобщенная реологическая характеристика пластичных дисперсных систем/В.П. Павлов, Г.В. Виноградов// Коллоидный журнал.-1966.Т 28.-№3.-С.424-429.