

## ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПАСТООБРАЗНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

Маяк В.И., д.т.н., проф., Михайлов В.М. д.т.н., проф.,  
Ляшенко Б.В., к.т.н, доц., Смильк М.М. асп.

*(Харьковский государственный университет питания и торговли)*

*В результате проведенных исследований, определено рациональное значение процентного содержания сухих веществ пастообразных концентратов напитков (ПКН), необходимое при разработке ресурсосберегающего способа производства и составлении рецептур.*

**Постановка проблемы.** При производстве пастообразных концентратов из плодовоовощного сырья по традиционным технологиям большая часть биологически активных веществ теряется. **Поэтому актуальной задачей** является создание новых способов переработки плодовоовощного сырья, позволяющих сохранять биологически активные вещества исходного сырья.

В литературе отсутствуют экономически обоснованные предложения по решению этой проблемы. Последовательность разработки нового ресурсосберегающего способа производства высококачественных пастообразных концентратов напитков предполагает исследовать рациональные значения физико-механических параметров конечного продукта. Одним из наиболее важных параметров, влияющих на технологические особенности производства пастообразных концентратов (ПКН) на основе плодово-ягодного пюре, а также на их потребительские свойства, является процентное содержание сухих веществ. Влияние содержания влаги в продукте проявляется через изменение структурно-механических характеристик данного материала.

В производстве пастообразных концентратов напитков (ПКН) большое значение имеет конечное содержание сухих веществ в продукте. Величина этого параметра для ПКН может колебаться в пределах от 60 % до 80 % по массе. Указанный диапазон содержания сухих веществ в ПКН обусловлен следующим. При значении этого параметра ниже 60 %, полученный продукт ПКН требует

дополнительной тепловой обработки и герметичной упаковки для обеспечения необходимого срока хранения. При содержании сухих веществ в ПКН выше 80 % утрачиваются технологические свойства концентрата, при приготовлении из него напитка. В этом случае, резко возрастает время и затраты энергии при растворении ПКН в воде.

Структурно-механические свойства объективно характеризуют качественное состояние ПКН, которое зависит от содержания сухих веществ, температуры и размера частиц. Опыты проводили при температуре 20 °С в диапазоне изменения содержания сухих веществ в ПКН от 60 % до 80 % по массе.

Для коагуляционных систем, к которым относятся ПКН характерно, что в связи с наличием тонких устойчивых прослоек жидкой среды в участках коагуляционного сцепления, препятствующих дальнейшему сближению частиц, коагуляционные структуры обладают характерными механическими свойствами [1...8]. Таковы пониженная прочность (на несколько порядков более низкая, чем достаточно высокая прочность при той же степени объемного, заполнения, но при непосредственных — фазовых — контактах между частицами), ползучесть даже при самых малых напряжениях сдвига и структурная вязкость, а в более концентрированных дисперсиях (пастах) — явная пластичность. С наличием тонких адсорбционно-пластифицирующих прослоек среды в контактах между частицами связана и полная тиксотропия коагуляционных структур — их способность обратимо разрушаться при механических воздействиях, постепенно восстанавливаясь во времени до той же предельной прочности в результате броуновских соударений по коагуляционным участкам.

С этими особенностями коагуляционных структур связано и еще одно их замечательное свойство — способность к замедленной упругости — ярко выраженному упругому последствию, аналогичному каучукообразной высокоэластичности. У эластомеров высокоэластичность, как это хорошо известно, связана с гибкостью макромолекул, с изотермическим уменьшением энтропии при выпрямлении длинной гибкой цепи молекулы и, наоборот, с увеличением энтропии при спонтанном свертывании макромолекулы в клубок. Для коагуляционных же структур сдвиговая высокоэластичность, как это установлено реологическими исследованиями, наблюдается даже при совершенно жестких частицах дисперсной фазы, образующих пространственную сетку [5].

С увеличением объемного содержания дисперсной фазы, а, следовательно, вязкости и прочности коагуляционной структуры выше некоторого предела, механическое разрушение этой структуры перестает быть обратимо-тиксотропным [6,7]. Пока разрывы пространственной сетки происходят в пластично-вязкой среде, не сопровождаясь нарушением сплошности, спонтанная тиксотропная восстанавливаемость структуры еще сохраняется. При дальнейшем же снижении содержание жидкой среды, прочность дисперсной структуры может восстанавливаться после разрушения только под напряжением, в условиях пластической деформации, обеспечивающей истинный контакт по всей поверхности

разрыва. При дальнейшем уплотнении системы и удалении жидкой дисперсионной среды испарением – при увеличении числа связей в единице объема и уменьшении толщины прослоек между частицами – исчезает уже не только тиксотропная восстанавливаемость, но и пластичность и, еще ранее, высокоэластичность.

**По результатам исследований** были рассчитаны основные реологические параметры в зависимости от содержания сухих веществ ПКН (рис. 1 – 3).

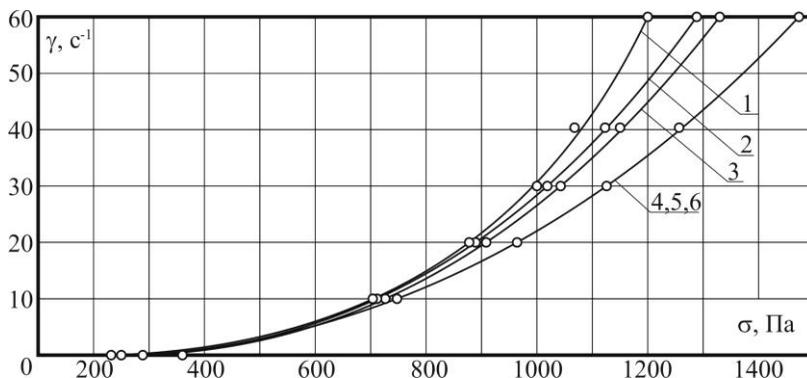


Рис. 1. Зависимость скорости сдвига от напряжения сдвига ПКН при разном содержании сухих вещества, %: 1 – 80; 2 – 78; 3 – 76; 4 – 70; 5 – 65; 6 – 60

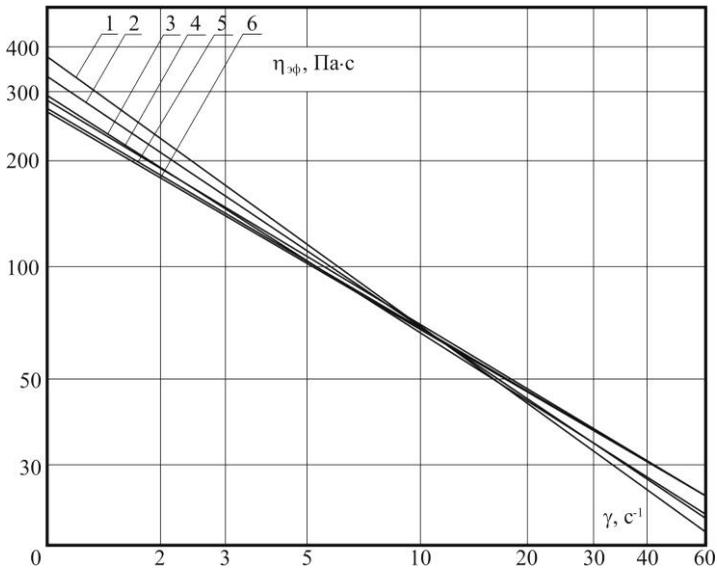


Рис. 2. Зависимость эффективной вязкости от скорости сдвига ПКН при разном содержании сухих веществ  $\alpha$ , %: 1 – 80; 2 – 76,5; 3 – 76; 4 – 70; 5 – 65; 6 – 60

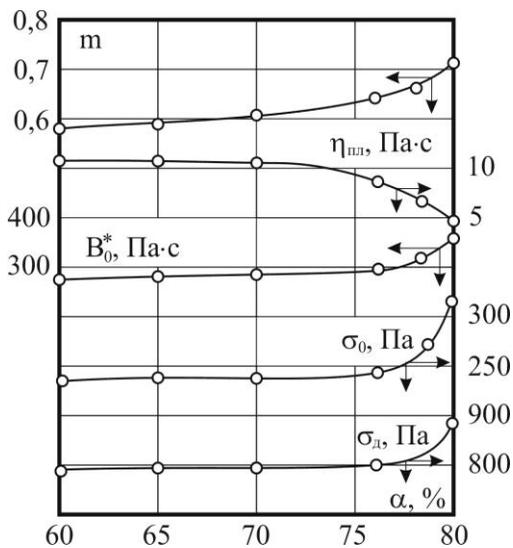


Рис.3. Структурно-механические характеристики ПКН при разном содержании сухих веществ

Анализ результатов экспериментов (рис 1) показал, что с увеличением процентного содержания сухих веществ в ПКН, все основные параметры структурно-механических свойств продукта изменяются. Однако, в диапазоне изменения содержания сухих веществ 60...70 %, значения структурно-механических свойств меняются незначительно и плавно. Так, темп разрушения структуры  $m$  вырос с 0,59 до 0,64, что свидетельствует об упрочнении структуры, усилении твердообразности ПКН. Пластическая вязкость  $\eta_{пл}$  уменьшалась с 11 Па·с до 7,7 Па·с. Эффективная вязкость при единичной скорости сдвига  $V_0^*$  выросла лишь с 270 Па·с до 295 Па·с, т.е. на 8 %. Динамический предел текучести  $\sigma_d$  оставался практически постоянным, около 800 Па. Предел текучести  $\sigma_0$  увеличился в этом диапазоне всего лишь на 3 %, с 235 Па до 243 Па. В диапазоне от 76 % до 80 % сухих веществ наблюдалось значительное изменение всех структурно-механических характеристик ПКН. Темп разрушения структуры увеличился с 0,64 до 0,82, т.е. на 28 %. Пластическая вязкость уменьшилась с 7,7 до 5 Па·с, в то время как динамический предел текучести увеличил свое значение с 800 Па до 900 Па. В наибольшей степени выросли значения параметров  $V_0^*$  и  $\sigma_0$ . Так, эффективная вязкость при единичной скорости сдвига,  $V_0^*$  увеличилась с 295 Па·с до 370 Па·с, а предел текучести  $\sigma_0$  стремительно вырос с 243 Па до 350 Па, т.е. на 30 %. Таким образом, результаты экспериментов показали, что в диапазоне 60...70 % сухих веществ, вязкостные и прочностные характеристики ПКН меняются мало, а в интервале 76...80 % сухих веществ, вязкость ( $V_0^*$ ) и прочность ( $\sigma_0$ ) структуры ПКН резко растут. С увеличением вязкости энергетические затраты при переработке продукта (транспортирование, перемешивание, дозирование) возрастают, кроме того, при больших значениях этого параметра, в 2...3 раза увеличивается время и затраты энергии на приготовление напитка из ПКН. Исходя из принципа энергосбережения, за рациональное значение этого параметра следует принять  $76 \pm 1\%$ .

**Выводы.** Таким образом, в результате проведенных исследований, установлено рациональное значение процентного содержания сухих веществ ПКН, необходимое при разработке ресурсосберегающего способа производства и составлении рецептур. Результаты исследований могут быть использованы при проектировании нового производства.

## Список литературы

1. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов. Справочник / [Под ред. А. В. Горбатова]. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 295 с.
2. Ребиндер П. А. Физико-химическая механика дисперсных структур / П. А. Ребиндер // Физико-химическая механика дисперсных структур. – М. : Наука, 1966. – С. 3–16.
3. Ребиндер П. А. Конспект общего курса коллоидной химии / П. А. Ребиндер. – М. : Изд-во МГУ, 1950. – 112 с.
4. Ребиндер П. А. Физико-химическая механика – новая область науки / П. А. Ребиндер. – М. : Знание, 1958. – 64 с.
5. Ребиндер П. А. Физико-химическая механика дисперсных структур / П. А. Ребиндер // Физико-химическая механика дисперсных структур. – М. : Наука, 1966. – С. 3–16.
6. Измайлова В. Н. Структурообразование в белковых системах / В. Н. Измайлова, П. А. Ребиндер. – М. : Наука, 1974. – 260 с.
7. Ребиндер П. А. Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика / П. А. Ребиндер. – М. : Наука, 1979. – 378 с.
8. Реология пищевых масс / [Гуськов К. П., Мачихин Ю. А., Мачихин С. А., Лунин Л. Н.]. – М. : Пищевая пром-сть, 1970. – 208 с.

## Анотація

### ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ФІЗИКО-МЕХАНІЧЕСКИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАСТОПОДІБНИХ КОНЦЕНТРАТИВ

*В результаті проведених досліджень, визначено раціональне значення відсоткового змісту сухих речовин пастоподібних концентратів напоїв, необхідне при розробці ресурсозберігаючого способу виробництва і складанні рецептур.*

## Abstract

### RATIONAL BASIS OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CONCENTRATES SPREAD

*In this research, a rational value of the percentage of dry matter paste concentrates beverages, necessary for the development of resource-efficient method of production and preparation of recipes.*