

# Фруктовые и овощные напитки функционального назначения

Ю.А. КОЗОНОВА, д-р техн. наук Л.Н. ТЕЛЕЖЕНКО  
Одесская национальная академия пищевых технологий

***An energetic beverage, consisting of apple juice and pea meal is proposed. The influence of different plant starches on fluidity of the beverage is determined; its rheological properties on all the stages of technological processing have been determined. A technological scheme of the preparation of the beverage including fermentative hydrolysis of biopolymers is proposed. A sedimentation analysis was used to evaluate the proceeding of hydrolysis.***

Характерной особенностью современного образа жизни является широкое внедрение в повседневное питание так называемой продукции “быстрого потребления” (FastFood). С точки зрения физиологии питания такая тенденция может иметь ряд отрицательных последствий. Это связано с тем, что большинство пищевых продуктов содержат сложные, высокомолекулярные и нерастворимые в воде соединения, которые имеют особые физиологические характеристики. В организме человека пищевые вещества превращаются в химически неспецифическую смесь, из которой формируются новые специфические для него соединения. Путем гидролиза макромолекул в пищеварительном тракте, в том числе с помощью внутриклеточных ферментов, которые разрушают чужеродную генетическую информацию, инородные для организма вещества нейтрализуются [8].

Суть пищеварения состоит в том, что одновременно с механической обработкой (в полости рта, желудке и кишечнике) проходит гидролиз белков, жиров и углеводов: полимеры разрушаются до олигомеров, а потом уже до мономеров – аминокислот, моносахаридов, жирных кислот и моноглицеридов, способных резорбироваться и включаться в обмен веществ. Все балластные вещества, которые не гидролизуются в желудке, расщепляются в толстом кишечнике с помощью микроорганизмов, причем часть этих веществ является кормом для микрофлоры кишечника [9]. При потреблении несбалансированной по важнейшим нутриентам пищи работа желудочно-кишечного тракта может нарушаться.

Темп современной жизни заставляет людей пренебрегать перспективой дискоординации работы органов пищеварения и организма в целом. Для того чтобы предотвратить отрицательные последствия неправильного питания, необходи-

мо научно обосновать и создать такие продукты широкого потребления, которые бы, с одной стороны, позволили не тратить много времени на еду, а с другой – обеспечивали организм человека энергетическими и биологически активными компонентами.

Для возможности в течение нескольких минут пополнить запасы организма калориями и биологически активными веществами и лучшего усвоения такой продукции она должна быть изготовлена в виде напитков.

Потребление соков и напитков на душу населения непрерывно возрастает [6]. Они имеют высокие вкусовые свойства, утоляют жажду и являются источником витаминов. Однако их энергетическая ценность незначительна. Поэтому целью нашей работы стала разработка технологии таких напитков из растительного сырья, которые кроме вышеперечисленных привлекательных качеств имели бы еще и высокую энергетическую ценность.

Наиболее технологичным энергетическим компонентом является зерно злаковых и бобовых культур, которое на 60 – 70 % состоит из углеводов и на 10 – 20 % – из белка [7].

Такие продукты впервые были выпущены фирмой “Дёллер” в 1997 г., что фактически стало началом нового подхода к питанию. Позже эту идею воплотил французский концерн “Данон” в йогурте “Активия с пшеницей”. Однако эти продукты существенным образом отличаются от разработанного нами напитка массовой долей зерновой составляющей: в них содержится не более 3 – 4 % зерна. Его используют в качестве загустителя, наполнителя, как источник витаминов, а не для повышения калорийности.

По аминокислотному составу зерно бобовых и злаковых культур приближается к “идеальному белку”, а массовая доля белка и аминокислот в нем

в десятки раз превышает этот показатель у фруктов и овощей. Зерно злаковых и бобовых культур является главным источником витамина Е и витаминов группы В, содержит значительное количество макро- и микроэлементов.

Углеводы зерна на 90 % состоят из крахмала. Причем он неоднородный, а количество в нем амилозы (% на 100 г) колеблется в широком диапазоне [4]:

Пшеница озимая и яровая	18–25
Рожь озимая	18–22
Ячмень озимый и яровой	20–23
Овес яровой	18–19
Просо	20–23
Рис	0–25
Гречка	20–23
Горох	35–72
Фасоль	26–30

Проведенный нами сравнительный биохимический анализ зернобобовых культур позволил остановиться на традиционно украинском сырье – бобах гороха. Напиток, изготовленный на основе фруктовых и овощных соков с добавлением технологически обработанного гороха, будет иметь повышенные энергетическую и биологическую ценность.

Такой напиток должен полностью заменять один из дневных приемов пищи, иметь текучую консистенцию, не требовать дополнительного приготовления, быть удобным для потребления в любое время дня. Учитывая, что суточная потребность человека в энергии составляет 1500...2500 ккал, то при четырехразовом питании энергетическая ценность одного приема пищи в среднем должна достигать 370...600 ккал. Поэтому при составлении рецептуры мы исходили из того, что калорийность разовой порции должна находиться в данном диапазоне. При введении во фруктовый или в овощной сок гороховой составляющей (до 30 % по массе) калорийность полученного напитка увеличится по сравнению с исходным соком в 3 раза.

Однако простое смешивание сока с гороховым компонентом существенно скажется на структурно-механических характеристиках смеси, а ее тепловая обработка приведет к образованию твердого золя. Поэтому для придания напитку текучести измельченный в муку горох необходимо обработать ферментными препаратами, что не только улучшит консистенцию готового продукта, но и облегчит усвоение макромолекул пищи благодаря их гидролизу до олигомеров и низкомолекулярных соединений.

На первом этапе работы исследовали кинетику

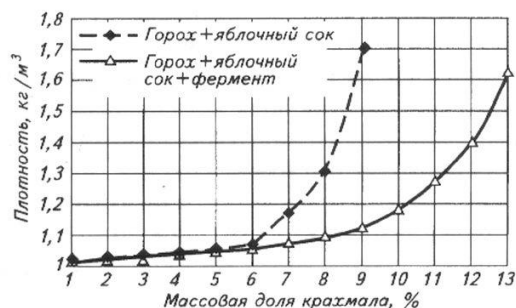


Рис. 1. Изменение плотности фруктово-гороховых смесей в зависимости от массовой доли компонентов

протекания гидролиза крахмала в зависимости от вида фермента и технологических режимов обработки. Были выбраны следующие амилолитические ферменты: Фруктадил FNT и Амилосубтилин Г10х.

Препарат Амилосубтилин содержит  $\alpha$ -амилазу, эндопептидазу, эндоглюконазу ( $\alpha$ -амилазная активность составляет 582 ед./г). Оптимальные условия проведения гидролиза: рН 7 и температура 70...75 °С [1].

Активность ферментного препарата Фруктадил FNT по  $\alpha$ -амилазе – 600 ед./г. Оптимальные условия проведения гидролиза: рН 4 и температура 50...55 °С [11]. Исходя из условий действия ферментных препаратов, Фруктадил добавляли к фруктово-гороховой смеси, а Амилосубтилин – к овоще-гороховой.

Для изучения влияния массовой доли крахмала на консистенцию напитка исследовали изменение его плотности при различных условиях. Смеси готовили с пересчетом массовой доли гороховой муки на крахмал (от 1 до 13 %; при введении в напиток 30 % гороховой муки в нем содержится 13 % крахмала). Приготовленные смеси нагревали на водяной бане до температуры клейстеризации, охлаждали и измеряли их плотность с помощью денсиметров. К охлажденным после нагревания смесям добавляли фермент, выдерживали на водяной бане при температуре, оптимальной для действия фермента, на протяжении 1,5 ч, а потом снова охлаждали и измеряли плотность (рис.1).

Полученные данные свидетельствуют, что для образцов с массовой долей гороховой компоненты 30% и соответственно 13%-ным содержанием крахмала получить продукт текучей консистенции по данной технологии невозможно.

По Евверсу [5], крахмал в кислой среде гидролизуются в условиях быстрого подогрева – за 15 мин при постоянном перемешивании. То есть на протекание

гидролиза влияют скорость подогрева и темп перемешивания. При подогреве со скоростью  $2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$  процесс гидролиза идет медленно и в напитке остается значительная массовая доля негидролизованного крахмала. При увеличении темпа подогрева вдвое гидролиз проходит быстрее и крахмал гидролизуется на  $85,2\%$ . Повышение темпа подогрева более чем в 2 раза приводит к сложностям технологического порядка, так как имеет место пригорание напитка.

Далее исследования проводили по следующей схеме: тонкоизмельченный горох смешивали с соком, добавляли фермент, выдерживали на водяной бане при температуре  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$  1 ч, потом переносили емкость со смесью на кипящую водяную баню и выдерживали 15 мин при постоянном интенсивном перемешивании. Измеряли плотность охлажденных гидролизованных образцов. При прохождении ферментативного гидролиза в течение 1 ч плотность смеси не изменялась, а при ее нагревании до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  (кислотный гидролиз) кинетика изменения плотности смеси имела характер, приведенный на рис. 2.

Продолжительность первой фазы гидролиза (выдерживание на бане при оптимальной температуре действия фермента) зависит от массовой доли и активности фермента. На этой стадии гидролизуется не более  $30\%$  введенного в реакционную среду крахмала. В то же время эта стадия является неотъемлемым подготовительным этапом перед дальнейшим гидролизом крахмала для получения напитков текучей консистенции. Плотность конечного продукта при применении указанной технологии превышает плотность воды всего лишь на  $10\%$ .

Для напитков одной из основных характеристик является их течение, которое описывается реологическими показателями. Консистенция купажируемых продуктов на основе фруктовых и овощ-

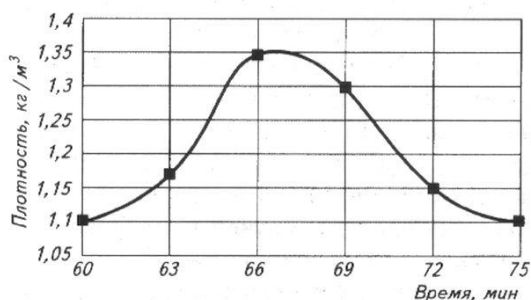


Рис. 2. Изменение плотности фруктово-гороховой смеси в течение кислотного гидролиза

ных соков с добавлением обработанного зерна бобовых культур обусловлена изменением реологических свойств смеси при различных условиях технологической обработки.

Фруктовые и овощные соки без мякоти содержат преимущественно растворимые сухие вещества и относятся к ньютоновским жидкостям, динамическая вязкость которых зависит только от температуры и давления [3]. Ньютоновское поведение присуще жидкостям, у которых энергия вязкого трения обусловлена столкновениями небольших молекул.

Соки с мякотью являются коллоидными суспензиями, которые содержат вещества со значительными молекулярной массой и пространственной структурой, их относят к неньютоновским жидкостям. Динамическая вязкость неньютоновских жидкостей изменяется при заданных температуре и давлении и зависит от иных факторов.

Физическое поведение коллоидных суспензий объясняется характером их структуры. Присутствие некоторых соединений в гелеподобном состоянии предотвращает течение жидкости при напряжениях, меньших границы текучести. Ферментативный гидролиз обеспечивает перевод крахмала в растворимое состояние и частичное разрушение связей в крахмальной цепи, которая состоит из глюкозидных остатков. Чтобы оценить влияние крахмала зерна бобовых культур на текучесть напитка, определяли его реологические свойства на всех стадиях технологической переработки.

Псевдопластичные жидкости (к которым относят напитки со значительной массовой долей крахмала и других биополимеров) не обнаруживают границы текучести [10]. Реологическое уравнение таких жидкостей — уравнение Оствальда-де-Валя:

$$\delta = k \gamma^m, \quad (1)$$

где  $\delta$  — напряжение сдвига, Па;

$k$  — мера консистенции жидкости, Па·с, прямо пропорциональна вязкости жидкости;

$\gamma$  — скорость сдвига или градиент скорости,  $\text{с}^{-1}$ ;

$m$  — мера неньютоновского поведения материала, чем больше единицы значение  $m$ , тем выразительнее оказываются его неньютоновские свойства. Для псевдопластичных материалов  $m < 1$  [10].

Эффективная вязкость может быть определена по уравнению

$$\mu_{\text{эф}} = k \gamma^{m-1}, \quad (2)$$

где  $\mu_{\text{эф}}$  — эффективная вязкость, Па·с.

Анализ уравнений (1) и (2) показывает, что эф-

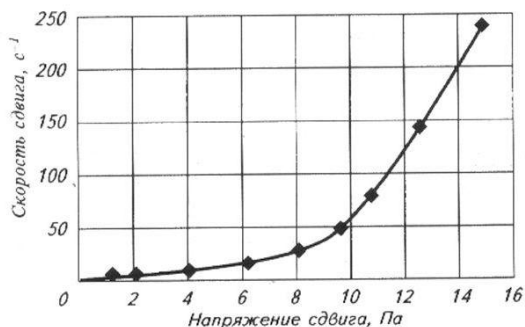


Рис. 3. Кривая течения смеси гороховой муки и яблочного сока до обработки

фактивная вязкость уменьшается с ростом скорости сдвига [10].

Структурно-механические показатели напитков определяли на ротационном вискозиметре «Реотест-2». Объектом исследований была смесь яблочного сока с гороховой мукой, массовая доля которой составляла 30 % (в пересчете на крахмал – 13 %). Показатели снимали для каждого образца смеси на трех этапах: до обработки, после клейстеризации и после ферментативной обработки (фермент – Фруктамил FHT).

Кривая течения гороховой смеси до обработки приведена на рис. 3, а полная реологическая кривая для этого образца – на рис. 4.

Анализ представленных на рис. 3 и 4 зависимостей показал, что смесь яблочного сока с мукой гороха до обработки принадлежит к жидкоподобным (неньютоновским) жидкостям. Полученная кривая течения имеет вид, характерный для псевдопластичной жидкости. На полной реологической кривой этого образца присутствуют все соответствующие зоны и переход к ньютоновскому течению.

После клейстеризации исследуемого образца его консистенция значительно меняется (рис. 5 и 6).

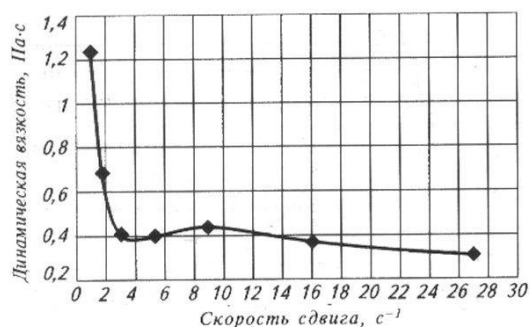


Рис. 4. Полная реологическая кривая смеси гороховой муки и яблочного сока до обработки



Рис. 5. Кривая течения клейстеризованной смеси гороховой муки и яблочного сока

На кривой течения и полной реологической кривой клейстеризованной смеси яблочного сока с мукой гороха ясно видны зоны, характерные для неньютоновских жидкостей псевдопластичного типа. В отличие от неклеястеризованной смеси на полной реологической кривой отсутствует зона деформации типа ползучести. Для такого состояния смеси величины напряжения сдвига и динамической вязкости возрастают соответственно на 2 – 3 порядка. При этом коллоидное состояние суспензии меняется – переходит из золя в гель. Текучесть продукта значительно уменьшается.

Кривые для суспензии после ферментативной обработки аналогичны кривым для только что приготовленной смеси.

Одновременно исследовали модельный раствор яблочного сока с картофельным крахмалом. После ферментативного гидролиза неклеястеризованной смеси определяли ее реологические показатели. Полученные данные аналогичны приведенным выше. Итак, при использовании ферментов с амиллазной активностью можно разрушить крахмальные зерна и придать высококалорийной смеси текучесть, при этом консистенция приготовленного напитка однородная.

Параллельно с определением вязкости напитков исследовали изменение содержания крахмала в энергетических напитках с гороховым наполнителем (со-

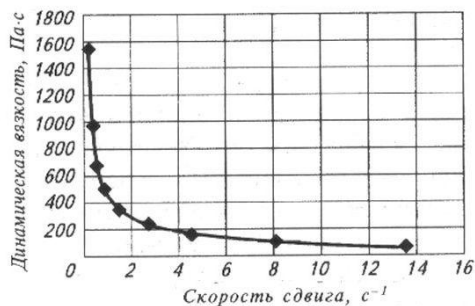


Рис. 6. Полная реологическая кривая клейстеризованной смеси гороховой муки и яблочного сока

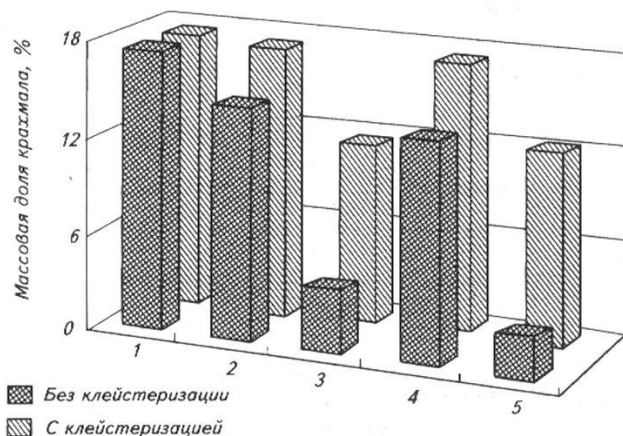


Рис. 7. Влияние условий разжижения крахмала на изменение его массовой доли в энергетических напитках на основе гороха:

1 — фруктовый и овощной энергетический напиток после смешивания компонентов; 2 — фруктовый энергетический напиток после выдерживания с ферментом; 3 — фруктовый энергетический напиток после тепловой обработки; 4 — овощной энергетический напиток после выдерживания с ферментом; 5 — овощной энергетический напиток после тепловой обработки

держание крахмала 17%), приготовленных по вышеупомянутым схемам (с проведением клейстеризации и без нее) (рис. 7).

Из диаграмм видно, что построение технологического процесса разжижения крахмала обуславливает глубину его прохождения. После ферментативной обработки неклеястеризованной приготовленной смеси на протяжении 1 ч разжижается соответственно 18,2 и 23,3% крахмала фруктового и овощного напитка. В то время как после ферментативной обработки клейстеризованной смеси эти показатели составляют всего 2,3 и 2,8% соответственно. Тепловая обработка значительно интенсифицирует процесс разжижения крахмала. Так, в напитках, приготовленных без проведения клейстеризации, разжижается 77,3 и 85,2% крахмала, а в клейстеризованных образцах — 34,7 и 31,3% соответственно.

В результате определения вязкости и массовой доли крахмала в напитках установили, что проведение процесса гидролиза без клейстеризации позволяет значительно уменьшить содержание высокомолекулярных биополимеров и получить продукт с желаемыми характеристиками.

Процесс гидролиза контролировать методами химического анализа сложно. Поэтому для оценки эффективности ферментативного расщепления крахмала наряду с измерением вязкости нами пред-

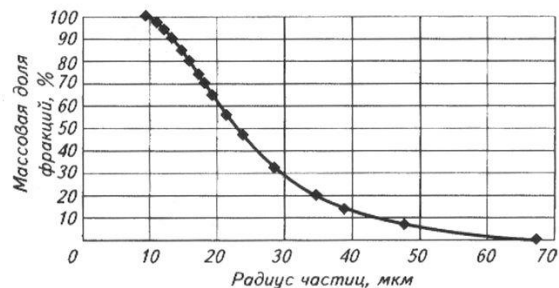


Рис. 8. Интегральная кривая распределения для гороховой суспензии до обработки

ложен дисперсионный анализ суспензии методом седиментационного анализа [2].

Частицы свободно диспергированных микрогетерогенных систем не могут принимать участие в тепловом движении из-за значительной массы. Их прямая и обратная седиментация описывается уравнением Стокса, используя которое, можно рассчитать размеры частиц в зависимости от скорости их оседания.

Построение интегральной кривой распределения частиц по радиусам осуществляли на основе расчета массовой доли отдельных фракций по уравнению

$$Q_i = \frac{m_i}{m_{\max}} \cdot 100, \quad (3)$$

где  $Q_i$  — массовая доля данной фракции, %;  $m_i, m_{\max}$  — масса частиц данной фракции и общая масса всех частиц, г, соответственно.

Седиментационному анализу подвергали образцы суспензий, приготовленных из яблочного и морковного сока с добавлением муки гороха. Суспензию исследовали непосредственно после смешивания компонентов (гороховая суспензия до обработки), после ферментативной ее обработки (ферментированная гороховая суспензия) и после

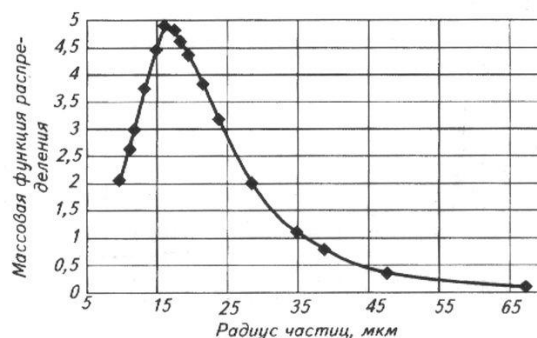


Рис. 9. Дифференциальная кривая распределения для гороховой суспензии до обработки

Диаметры крахмальных зерен в напитке на разных стадиях обработки

Диаметр крахмальных зерен, мкм	Содержание фракций, %		
	Гороховая суспензия до обработки	Клейстеризованная гороховая суспензия	Ферментированная гороховая суспензия
60...130	15	31	—
40...60	34	39	18
20...40	48	30	65
Ниже 20	3	—	17
Эквивалентный диаметр, мкм	32	60	25

клеястеризации (клеястеризованная гороховая суспензия). Результаты измерений после смешивания компонентов в виде интегральной и дифференциальной кривых приведены на рис. 8 и 9.

Кривые клейстеризованной гороховой суспензии имеют сходный характер с кривыми для гороховой суспензии до обработки, но отличаются по числовым показателям.

Для ферментированной гороховой суспензии интегральная и дифференциальная кривые приведены на рис. 10 и 11.

С помощью дифференциальной кривой вычисляли относительное количество частиц определенного размера, а также наиболее вероятный эквивалентный радиус. Процент различных фракций частиц определяли следующим образом: разбивали ось под дифференциальной кривой распределения на отрезки одинаковой величины и рассчитывали площадь полученных трапеций. Сумма площадей всех этих трапеций составляет 100 %, а отношение к ней площади конкретной трапеции, соответствующей определенному радиусу частиц, позволяет определить, каково процентное распределение частиц по фракциям (см. таблицу).

Из таблицы видно, что в гороховой суспензии до

обработки наиболее высокое процентное содержание частиц диаметром от 20 до 40 мкм, тогда как в клейстеризованной гороховой суспензии больше частиц с диаметром от 40 до 60 мкм, а в приготовленном напитке (ферментированная гороховая смесь) отсутствуют вообще крупные частички и самое высокое содержание частиц фракции от 20 до 40 мкм, а также значительное содержание частиц фракции диаметром ниже 20 мкм.

Проведенный седиментационный анализ подтвердил правильность выбора режимов ферментативного расщепления крахмала: при использовании Фруктамила для яблочного сока и Амилоsubтилина для морковного ферментативный гидролиз проводили на протяжении 1 ч. Степень дисперсности биополимеров при этом уменьшается почти в 1,5 раза, что позволяет получить стабилизированные высококалорийные энергетические напитки.

Проведенные исследования позволяют рекомендовать следующую технологическую схему производства энергетических напитков на основе гороха. Яблочный или морковный сок получают по традиционной технологии. Подготовленный сок согласно рецептуре смешивают с мукой гороха. До-

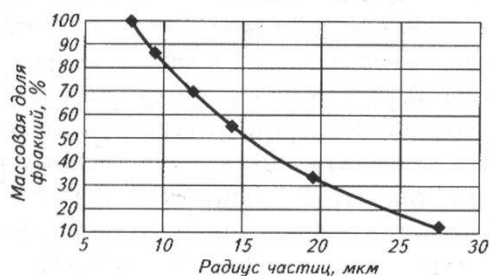


Рис. 10. Интегральная кривая распределения для клейстеризованной гороховой суспензии

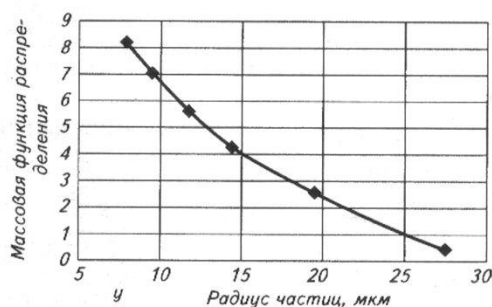


Рис. 11. Дифференциальная кривая распределения для клейстеризованной гороховой суспензии

бавляют фермент (Фруктамил или Амилосубтилин). Перемешивание и ферментацию проводят одновременно в резервуаре с механической мешалкой холодным способом. Ферментированный напиток гомогенизируют, стерилизуют, охлаждают, перекачивают в промежуточный резервуар и разливают. Полученный целевой продукт представляет собой натуральный замутненный напиток на основе сока, цвет напитка – от темно-желтого до оранжевого.

#### Список литературы

1. *Кислухина О.В.* Ферменты в производстве пищи и кормов. – М.: Дели принт, 2002.
2. *Костржицкий А.И.* Методические указания к выполнению лабораторных работ по коллоидной химии для бакалавров технологических специальностей дневной формы обучения/А.И. Костржицкий, В.Н. Тищенко, О.М. Бразовская. – Одесса: ОНАПТ, 2003.
3. *Матц С.А.* Структура и консистенция пищевых продуктов / Пер. с англ. – М.: Пищевая промышленность, 1972.
4. *Овчаров К.Э.* Физиология формирования и прорастания семян. – М.: Пищевая промышленность, 1976.
5. *Рихтер М.* Избранные методы исследования крахмала / М. Рихтер, С. Аугустат, Ф. Ширбаум; Пер. с нем. – М.: Пищевая промышленность, 1975.
6. *Рынок соков: цифры, факты, комментарии // Продукты питания.* 2002. № 5.
7. *Скурихин И.М.* Химический состав пищевых продуктов. Кн.2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / Под ред. проф., д-ра техн. наук И.М. Скурихина и проф., д-ра мед. наук М.Н. Волгарева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987.
8. *Смоловар В.И.* Физиология и гигиена питания. – М.: Здоровье, 2000.
9. *Тель Л.З.* Валеология. Учение о здоровье, болезни и выздоровлении. В 3 т. Т.2. – М.: ООО “Издво АСТ”, “Астрель”, 2001.
10. *Черевко О.И.* Методические указания к практическим и лабораторным работам по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств». Ч. III. Тепловые процессы. Реологічні свойства пищевых материалов/ О.И. Черевко, Л.В. Кіптєла, В.И. Маяк. – Харьков: ХДУХТ, 2000.
11. *Wegler R.* Hemie der pflanzenchut-und schadlingsberampfung-fnittel. Berlin: R. Wegler und undere, 1982.