



Ободович А. Н.

Институт
технической
теплофизики
НАН Украины

УДК 663.86;538

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ БЕЗОТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛОДООВОЩНОГО И ЦИТРУСОВОГО СЫРЬЯ

Розроблена безвідходна енергозберігаюча технологія переробки плодоовочевої і цитрусової сировини. Встановлено, що високодисперсні суспензії з плодоовочевої і цитрусової сировини ефективно отримувати шляхом попереднього подрібнення до часток розміром 5 – 10 мм і гомогенізації отриманої маси із застосуванням роторно-пульсаційних апаратів (РПА) при швидкості зсуву потоку $(5 - 500) \cdot 10^3$ 1/с і частоти пульсацій 3 – 30 кГц.

Для отримання гомогенної маси з розміром часток менше 100 мкм необхідно проводити обробку концентратів в РПА в межах 10 – 12 циклів.

Ключові слова: РПА, паста, концентрат, сухі речовини (СВ), кислотність.

The wasteless energy-conserving technology of the fruit-vegetable and citron raw materials processing was developed. It was obtained, that high disperse vegetable and citron raw materials suspension is suitable to obtain by the way of the previous blending to particles of the 5-10 mm and homogenization of the obtained mass with application rotor-pulse devices (RPD) with shear rate of the flow $(5-500) \cdot 10^3$ 1/s and ripple frequency 3-30 kHz.

The processing should be spend in the range of the 10-12 cycles for obtaining homogeny mass with size particles 5-10 mkm.

Key words: rotor-pulse devices (RPD), past, concentrate, solids, acidity.

Повышение экономичности перерабатывающих предприятий главным образом связано с внедрением в производство современных комплексных энергосберегающих безотходных технологий. В настоящее время в Украине практически отсутствуют безотходные технологии переработки плодоовощного и цитрусового сырья. Существующие технологии позволяют лишь использовать плодоовощное и цитрусовое сырье для приготовления соков. При приготовлении соков отходами производства являются выжимки, которые содержат в 1,5-2 раза большее количество биологически активных веществ, чем сок.

Целью работы является разработка безотходной энергосберегающей технологии

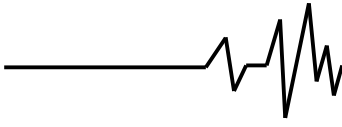
переработки плодоовощного и цитрусового сырья в ценные пищевые продукты и полуфабрикаты (высокодисперсные пасты, концентраты, смеси).

Для выполнения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- разработать технологию и подобрать оборудование для сверхтонкого измельчения и гомогенизации плодоовощного и цитрусового сырья;

- определить физико-химические, биохимические и микробиологические показатели высокодисперсных суспензий из плодоовощного и цитрусового сырья;

- разработать технологию и рецептуры концентратов на основе высокодисперсных



суспензий из плодовоовощного и цитрусового сырья;

- исследовать биологическую и питательную ценность концентратов.

Исследования проводились в лабораторных и промышленных условиях. В качестве объектов исследования использовали: клубнику, малину, смородину, абрикосы, яблоки, груши, морковь, столовую свеклу, апельсины, лимоны.

Для проведения исследований по получению однородных нерасслаивающихся суспензий из плодовоовощного и цитрусового сырья было использовано существующее оборудование, а также разработаны новые установки. В основу функционирования нового оборудования был положен принцип дискретно-импульсного ввода энергии [1]. Указанный принцип реализовали в различных модификациях роторно-пульсационных аппаратов (РПА) марки ТФ-2, ТФГ, БМ. После обработки плодовоовощного и цитрусового сырья посредством роторно-шнекового аппарата и РПА были получены высокодисперсные суспензии. Определение их гранулометрического состава проводилось ситовым методом с помощью шелковых (№ 020 - 0,04) и металлических (№ 1000 - 0,25) сит на трехгнездовом отсеивателе РЛ-47.

Исследование углеводного состава суспензий и концентратов проводили методом жидкостной хроматографии с помощью прибора Biotronik Sistem/2000. Для определения витамина С в продуктах переработки использовался метод, основанный на извлечении аскорбиновой кислоты с последующим потенциометрическим титрованием ее раствором 2,6 % дихлорфенолиндофенолята натрия. Содержание каротина определялось физико-химическим методом, который основан на фотометрическом определении массовой доли каротина в растворе, полученном после его экстрагирования из продуктов органическим растворителем. Для определения содержания витамина В1 (тиамина) в суспензиях и концентратах использовался флюориметрический метод, а для определения витамина В2 (рибофлавина) - химический, который основан на способности рибофлавина к флюоресценции до и после восстановления его гипосульфитом натрия.

Для количественного определения витамина РР (ниацина) применялся колориметрический метод. Пектиновые вещества контролировали весовым кальций-пектатным методом. Исследование аминокислотного состава проводили методом

жидкостной хроматографии на автоматическом анализаторе ААА 339 М. Остальные показатели качества суспензий, концентратов определяли по типовым методам, принятым в безалкогольной и кондитерской промышленности.

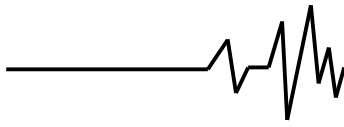
Для безотходной переработки плодовоовощного и цитрусового сырья с получением биологически ценных концентратов необходимо их сверхтонкое измельчение до частиц размером не более 100 мкм [2]. Это связано с тем, что частички мякоти плодов размером не более 100 мкм при дегустации не ощущаются. Кроме того, суспензия, состоящая из частиц мякоти указанного размера, не расслаивается при продолжительном хранении.

Литературные данные свидетельствуют о том, что получить суспензию из любого сырья с размером частиц менее 100 мкм на одном виде оборудования или за один цикл обработки затруднительно [3]. Поэтому нами были проведены исследования по измельчению сырья в две стадии. Первая - предварительное измельчение на роторно-шнековом аппарате, вторая - доизмельчение и купажирование с применением РПА.

При проведении исследований установлено, что размеры частиц плодов овощей и цитрусовых, получаемых после одноразового прохода через шнековый аппарат, составляли не более 10,0 мм. Для дальнейшего измельчения и гомогенизации, предварительно измельченную массу, направляли в приемный бункер РПА, где проходило доизмельчение до частиц размером не более 250 мкм.

Общеизвестно, что аппараты типа РПА состоят из корпуса и набора рабочих органов: ротора и двух статоров, представляющих собой цилиндры со сквозными равномерно расположенными на поверхности пазами. Межцилиндровый зазор между статорами и ротором составляет 0,10-0,35 мм. При вращении ротора со скоростью 3000 до 4500 об/мин происходит быстрое совпадение пазов ротора и статоров, что позволяет обрабатывать среду со скоростью сдвига потока $(5-500)10^3$ 1/с и частоте пульсаций 3-30 кГц.

Использование различных модификаций РПА позволяет получать однородную, нерасслаивающуюся суспензию с размером частиц менее 250 мкм, в дальнейшем именуемой «пастой». Такая паста является полуфабрикатом для приготовления различного вида продуктов (концентраты, пюре, кетчупы и т.д.).



Для определения возможности дальнейшего использования паст были проведены исследования по определению их физико-химических, органолептических и микробиологических показателей. В результате исследований установлено, что содержание сухих веществ в пастах составляет от 8 до 16 %; pH варьируется в пределах 3,0 - 4,5; титруемая кислотность имеет значение от 8 до 50 мл 1н NaOH на 100 г пасты. Такие большие пределы изменения представленных данных объясняются различными видами плодов, овощей и цитрусовых, различным временем сбора, местом произрастания и т.д. В результате измерений установлено, что пасты содержат целый ряд биологически активных и питательных веществ. Сахара, содержащиеся в них, представлены в основном глюкозой и фруктозой. Пасты богаты витаминами С, РР, В1, В2, А. Содержание пектиновых веществ в них достигает до 40 %, клетчатки до 3 %, минеральных веществ до 0,8 %.

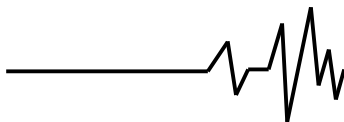
Исследования по определению содержания тяжелых металлов и мышьяка в пасте свидетельствуют о том, что их концентрация не превышает норм, предусмотренных СанПин 42-123-4089-86. Пасты не содержат кишечной палочки и патогенных микроорганизмов. Содержание мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов составляет 90 КОЕ в 1 г, что не превышает предельно допустимых концентраций. Стойкость цитрусовых паст составляет не более 24 часов при температуре от 2 до 6 °С.

С целью приготовления концентратов были проведены исследования по купажированию паст с сахарным сиропом, лимонной кислотой и другими ингредиентами. При проведении исследований смеси пасты с сахарным сиропом при содержании сухих веществ 30, 40, 50, 60 и 70 % определялись органолептические, физико-химические, микробиологические показатели и их стойкость. Установлено, что наилучшие органолептические показатели концентратов (смеси пасты и сахарного сиропа) наблюдаются при концентрации сухих веществ около 30 %. С увеличением концентрации сухих веществ от 30 до 70 % органолептические свойства концентратов ухудшаются, например, теряется характерный цвет, вкус и аромат, снижается кислотность и повышается pH. Это происходит за счет разбавления сахарным сиропом. При концентрации сухих веществ 60-70% концентрат становится вязким, малоподвижным. Возникают трудности с

перекачиванием и перемешиванием, и из-за этого он получается неоднородным. Поэтому дальнейшие исследования проводились с концентратом, имеющим содержание сухих веществ 30, 40, 50 и 55 %.

Были проведены опыты по определению стойкости концентратов в зависимости от содержания сухих веществ. При определении стойкости контролировались органолептические показатели и содержание микроорганизмов в 1 мл. Установлено, что максимальная стойкость концентратов наблюдается при содержании сухих веществ 55 %. При этом концентраты не изменяют своих первоначальных свойств в течение 10 суток. Известно, что повышение кислотности, также как и увеличение концентрации сухих веществ, затрудняет размножение и жизнедеятельность микроорганизмов. Для изучения влияния кислотности на стойкость концентратов были проведены следующие опыты. Концентраты с концентрацией сухих веществ 30, 40, 50 и 55 % смешивались с раствором лимонной кислоты и доводились до кислотности 10, 20, 30 мл 1н NaOH. Установлено, что наибольшая стойкость концентратов при концентрации сухих веществ 55 %, кислотности 30 мл 1н NaOH составляет 30 суток. Однако при этом из-за высокой кислотности ухудшаются органолептические показатели. Наилучшие вкусовые качества концентратов были достигнуты при кислотности 10 мл 1н NaOH. С дальнейшим с увеличением кислотности концентраты приобретают излишне кислый вкус, не свойственный плодовоовощному сырью и апельсинам. Наибольшая стойкость концентратов кислотностью 10 мл 1н NaOH наблюдается при концентрации сухих веществ 55 %. Она составляет 24 суток. Концентрат при этом имеет приятный гармоничный вкус с запахом сырья, из которого он приготовлен.

При проведении опытов с лимонным концентратом установлено, что наивысшие органолептические показатели наблюдаются при кислотности 30 мл 1н NaOH на 100 г. С увеличением кислотности вкус становится излишне кислым, неприятным. Стойкость концентрата при данных показателях составляет 32 суток. Увеличение кислотности от 30 до 50 мл 1н NaOH на 100 г позволяет повысить стойкость концентратов не более чем на 5-6 суток. Таким образом, наилучшие органолептические показатели плодовоовощные и апельсиновые концентраты имеют при содержании сухих веществ 55 % и кислотности 10 мл 1н NaOH 100 г, а лимонный - при 50 % сухих веществ и 30 мл 1н NaOH. Стойкость



концентратов при этом составляет 24 и 32 суток соответственно.

С целью улучшения органолептических свойств концентратов, а именно для создания однородной гомогенной массы с размером частиц менее 100 мкм, их купажируют, а затем обрабатывают в РПА. Схема установки представлена на рис. 1. Концентрат из купажного аппарата подавали в сборник 1, интенсивно перемешивали, а затем включали насос 4, на базе которого смонтирован РПА и проводили обработку в 3, 5, 8, 10 и 15 циклах. Под одним циклом подразумевается однократное прокачивание всего объема

концентрата, находящегося в сборнике 1, через РПА в этот же сборник. Количество циклов определяли, исходя из объема концентрата в сборнике и производительности РПА. Полученные данные свидетельствуют о том, что с увеличением количества циклов обработки в РПА от 3 до 15 содержание частиц размером менее 100 мкм увеличивается. После 10-12 циклов обработки все частички концентратов имели размеры менее 100 мкм, а сами концентраты были однородны и не расслаивались в течение установленного срока хранения.

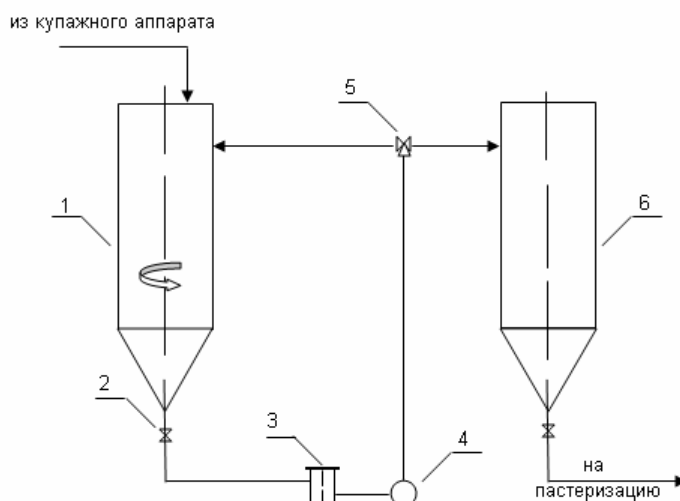


Рисунок 1. Аппаратурно-технологическая схема обработки плодовоовощных и цитрусовых концентратов в РПА

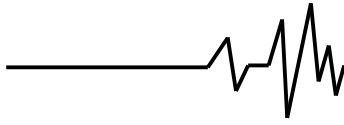
1, 6 – сборники концентрата; 2 – задвижка; 3 – ловушка; 4 – РПА; 5 – трехходовой кран.

Для подтверждения биологической ценности концентратов были проведены исследования по содержанию в них витаминов, углеводов, пектинов, клетчатки, органических кислот (табл. 1).

Содержание Сахаров, пектина, витаминов, клетчатки, органических кислот в плодовоовощных и цитрусовых концентратах

Таблица 1

Исследуемые вещества	Единица измерения	Концентраты				
		Апельсиновый	Лимонный	Яблочный	Черносмородиновый	Морковный
Фруктоза	г/100 г	23,5	20,91	25,75	20,05	19,90
Глюкоза	г/100 г	22,85	19,81	24,07	20,92	20,07
Сахароза	г/100 г	7,75	9,31	5,18	14,03	15,03
Пектин	г/100 г	0,93	1,26	0,82	0,59	0,21
Клетчатка	г/100 г	0,69	1,24	0,03	1,40	0,71
Органические кислоты	г/100 г	0,64	1,92	0,33	1,21	0,10
Витамины: С	мг/100 г	47,6	39,0	17,80	197,2	5,00
А	мг/100 г	0,07	0,01	0,05	0,03	0,45
В ₁	мг/100 г	0,01	0,03	0,01	0,02	0,05
В ₂	мг/100 г	0,02	0,02	0,03	0,02	0,06
РР	мг/100 г	0,41	0,35	0,30	0,30	0,90



Определение аминокислотного состава концентратов позволяет сделать вывод, что в них в значительных количествах содержатся следующие жизненно важные аминокислоты: пролин, фенилаланин, аланин, лейцин, аспарагин.

Приведенные данные исследований свидетельствуют о том, что предлагаемые концентраты являются пищевыми продуктами повышенной биологической и питательной ценности. Анализы по определению в концентратах токсичных элементов и патогенных микроорганизмов показали, что их содержание не превышает норм, установленных Минздравом Украины.

Выводы

Проведенные исследования по разработке безотходной технологии переработки плодоовощного и цитрусового сырья позволяют сделать следующие выводы:

Высокодисперсные суспензии из плодоовощного и цитрусового сырья эффективно получать путем предварительного измельчения до частиц с размером 5-10 мкм и гомогенизации полученной массы с применением РПА при скорости сдвига потока от $5 \cdot 10^3$ 1/с до $500 \cdot 10^3$ 1/с и частоте пульсаций 3-30 кГц.

С целью получения концентратов с высокими органолептическими показателями плодоовощную и апельсиновую пасту необходимо смешивать с сахарным сиропом и

лимонной кислотой до концентрации сухих веществ 55 % и кислотности 10 мл 1н NaOH на 100 г. Для лимонного концентрата указанные параметры составляют 50% сухих веществ и 30 мл 1н NaOH.

Для получения гомогенной массы с размером частиц меньше 100 мкм следует проводить обработку концентратов в РПА в пределах 10-12 циклов.

Концентраты содержат большое количество пектина, клетчатки, витаминов С, РР, А, В₁, В₂, органических кислот, минеральных веществ, аминокислот.

Литература

1. Долинский А.А., Басок Б.И., Гулый И.С. и др. Дискретно-импульсный ввод энергии в теплотехнологиях. -Киев: ИТТФ НАН Украины, 1996. -204 с..

2. Самопал В.В., Ободович А.Н., Кислая Л.В., Маринченко В.А. Приготовление полуфабриката из цитрусового сырья для безалкогольной и кондитерской промышленности/ Тезисы докладов II Всесоюзной конференции "Проблемы индустриализации общественного питания". Харьков, 1989. С. 139 – 140.

3. Самопал В.В., Ободович А.Н., Кислая Л.В. Переработка ядра цитрусовых в концентрат для безалкогольных напитков. - Киев: Киевский технологический институт пищевой промышленности, - 1990. - 5 с. - Рук. Деп. в УкрНИИНТИ 14.08.90, № 1284 – Ук 90.