

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF AGRICULTURAL SCIENCES

ISSN 2224-526X

Volume 3, Number 33 (2016), 34 – 38

HOMOGENIZATION OF FRUITS AND VEGETABLES IN CAVITATION DEVICES AS INNOVATIVE PROCESSING TECHNOLOGY

T. S. Tazhibaev

Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan

Keywords: homogenization, dispersion, cavitation, grinding fruits and vegetables.

Abstract. There were analyzed and summarized the results of studies on the theory of the cavitation effect and the possibility of applying hydrodynamic rotary machines for dispersing the fruits, vegetables and berries.

УДК 664.8/9; 664.011/013

ГОМОГЕНИЗАЦИЯ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ В КАВИТАЦИОННЫХ АППАРАТАХ КАК ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ

Т. С. Тажибаев

Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: гомогенизация, диспергирование, кавитация, измельчение плодов и овощей.

Аннотация. Проанализированы и обобщены результаты исследований по изучению теории кавитационного эффекта и по возможности применения гидродинамических аппаратов роторного типа для диспергирования плодов, овощей и ягод.

Продукты из плодоовощного сырья занимают важное место в питании людей, и особенно детей. В Казахстане фактическое потребление этих культур в разные годы менялось в зависимости от соотношения экспорта и импорта, но было значительно ниже норм потребления.

Хуже всего дело обстоит с плодоовощными консервами. Их производство на душу населения в 100 и более раз ниже расчетных норм потребления. На переработку идет не более четырех процентов произведенных плодов и овощей. Для сравнения в европейских странах перерабатывается около 50%, а в США до 80% плодов и овощей. И даже с учетом импорта фактическое потребление плодоовощных консервов в республике почти в 20 раз ниже расчетных норм потребления.

Благодаря системной работе по внедрению в производство современных технологий и техники в течение последних 7 лет в стране происходит устойчивый рост производства плодоовощной продукции. Как видим, развитие переработки имеет резервы роста.

В связи с этим несомненную актуальность приобретают исследования, связанные с разработкой новых видов оборудования для переработки плодов и овощей и расширением ассортимента новой продукции.

В новых продуктах должно увеличиваться содержание витаминов, клетчатки и других биологически активных веществ. Пюреобразные продукты из плодов, ягод и овощей в качестве промежуточного сырья как раз отвечают этим требованиям.

Технология получения пюре во всем мире примерно одинакова, разница может быть только в техническом решении применяемого оборудования. Сырье проходит через тепловую обработку, бланширование, протирку. Гомогенизацию проводят в плунжерных гомогенизаторах. Гомогенизированные продукты деаэрируют при 35–40°C и остаточном давлении 6–8 кПа, затем нагревают до 80°C и фасуют. Фасованную продукцию стерилизуют в автоклавах при 100°C или непрерывно действующих пастеризаторах при 95°C.

При чрезмерной тепловой обработке в фруктах и овощах разрушаются витамины, превращения пектина и красящих веществ приводят в дальнейшем к расслаиванию на твердую и жидкую фазы, теряется внешний вид.

В своем большинстве получение пюреобразной массы проводится методом «протирания». При данном способе наблюдается большой отход и необходимость в чистке сит. Для улучшения консистенции и стойкости против расслаивания продукт гомогенизируют. При гомогенизации размер частиц мякоти должно уменьшаться до 50 мкм и менее, что способствует сохранению мякоти во взвешенном состоянии.

Получение пюреобразной продукции из плодов и овощей является сложным в технологическом плане и энергозатратным. Необходим поиск новых способов их получения, встраиваемых в существующую технологическую цепочку. Также необходим поиск новых технико-экономических решений по повышению качества выпускаемой продукции с максимальным сохранением питательных веществ и витаминов.

Анализ технологий обработки продукции с использованием нетрадиционных способов показывает, что с развитием и совершенствованием науки и технологий широкое распространение получают технологии, использующие новые физико-технические принципы воздействия на обрабатываемый продукт. В последние годы к наиболее перспективным способам интенсификации физико-химических процессов при переработке продуктов растительного происхождения относятся технологии, основанные на импульсных энергетических воздействиях с наложением различных физико-химических эффектов, использующих внутренние и внешние источники энергии [1]. Вышеназванные технологии основаны на высоком по сравнению с традиционными способами производительности аппаратов, КПД, значительном снижении энерго- и материалоемкости аппаратов, повышении качества продукции, эргономических и социальных показателей, а также получения прямого или сопутствующего экономического эффекта. Перечисленные параметры относятся к целевым параметрам интенсификации. Анализ литературных источников позволяет отметить два направления в решении задач по интенсификации процессов переработки продукции, это совершенствование существующих технологических систем и разработка принципиально новых технологий.

В существующих аппаратах, принцип которых основан на использовании тепломассообмена, для интенсификации тепломассообменных процессов применяют перемешивание, дискретно-импульсный ввод энергии, или специальные физические эффекты и организацию потоков. Для интенсификации же механических и гидромеханических процессов крайне необходимо использование активного воздействия и влияния рабочих органов на относительное движение отдельных элементов продукции в процессе переработки жидкости, газа или твердых тел [2]. Большинство аппаратов при обработке продукции требуют больших затрат внешней энергии. Это связано с их режимно-технологическими и аппаратурно-конструктивными особенностями. В то же время инновационные технологии и способы не требуют прямых затрат внешней энергии, так как приложенная энергия расходуется не в явном виде. Способы обработки продукции, использующие принцип генерации колебаний в обрабатываемой среде, в последние годы нашли широкое применение и являются наиболее перспективными. Считается, что для жидких сред наиболее эффективными для промышленного применения являются гидродинамические излучатели. Это связано с тем, что обрабатываемый продукт сам является рабочим органом, узлы и детали установок просты по конструкции, имеют низкую стоимость при относительно большой удельной производительности и низкой материалоемкости по сравнению со своими прототипами.

В гидродинамических излучателях акустические колебания происходят за счет кинетической энергии потока, разгоняемого в аппарате. Последнее не требует разработки специальных сложных и энергоемких передаточных систем. К таким аппаратам можно отнести и кавитаторы [3].

К наиболее перспективным типам гидродинамических аппаратов можно отнести роторные аппараты как наиболее простые по принципу работы и устройству. Основными рабочими органами таких аппаратов являются ротор и статор, а также сопутствующая технологии и конструктивного исполнения аппаратура управления, трубопроводы, насосы, загружающие и выгружающие устройства и механизмы. При вращении ротора специально расточенные пазы периодически совпадают с пазами статора. В результате этого в обрабатываемом продукте периодически генерируются импульсы давления и разрежения. Возникает явление кавитации, мелкомасштабные пульсации, гидравлические удары и развитая турбулентность потока. Высокая кинетическая энергия, возникающая в процессе кавитации в обрабатываемой продукции, вызывает его сильное разрушение. В научной литературе, кроме традиционных видов воздействий на обрабатываемую продукцию тепловой, механической и химической, различают еще и такие производные, как акустические, электрические, магнитные, радиационные и другие. Совмещение этих видов энергетического воздействия на продукт позволяет интенсифицировать процесс переработки сырья и получить новые свойства и характеристики.

Созданные в процессе переработки продукции акустические колебания проявляются в виде пульсации парогазовых пузырей, кумулятивных струй; акустических течений [4].

Особенностью физико-механического процесса также является то, что в самом процессе наблюдается синергия энергетического воздействия. Например, при акустическом воздействии на сырье, продукт подвергается и другим воздействиям – механическому, тепловому, химическому, при этом возникают и такие явления, как:

- акустические волны, путем периодического изменения давления, скорости, ускорения в каждой точке жидкости;

- акустические течения, за счет пульсации скорости и давления жидкости при ее течении за счет радиационного акустического давления;

- кавитация (пустота), под действием растягивающих напряжений происходит разрыв «сплошности» жидкости, приводящих к образованию радиально колеблющихся пузырей, наполненных газом и паром;

- кумулятивный эффект, за счет которого происходит несимметричное схлопывание кавитационного пузыря с выбросом в определенном направлении микроструй жидкости;

- звукохимические реакции, всевозможные молекулярно-химические превращения веществ под действием акустического поля;

- резонанс, когда происходит возрастание амплитуды вынужденных колебаний при совпадении частоты вынужденных колебаний с собственной частотой колебательной системы.

Зачастую под механическим воздействием на обрабатываемый продукт понимается непосредственное механическое воздействие твердых тел на гетерогенную или многофазную систему. Если продукция содержит незначительное или большое количество жидкости, то она подвергается уже гидродинамическому воздействию в виде пульсаций скорости и давления жидкости. При механической активации наблюдается процесс поглощения веществом (продуктом) части подводимой механической энергии, которая, накапливаясь в веществе, меняет его свойства и стимулирует физико-химические процессы. Наиболее эффективна механическая активация за счет свободного удара (в том числе гидравлического) и за счет возникновения напряжений при трении. При механическом воздействии вызываются такие физико-химические эффекты, как:

- турбулентность, в ходе которого происходит интенсивное перемешивание потока обрабатываемого материала, хаотические пульсации скорости и давления жидкости при ее течении или продвижении в рабочей камере;

- явление гидравлического удара является результатом резкого изменения давления в потоке, вызванное ускорением ее течения;

- «эффект Кармана» или вихреобразование, проявляющееся в виде периодического срыва вихрей при обтекании тела потоком жидкости;

- трибоэффект, проявляющийся в преобразовании механической энергии в тепловую при относительном движении тел и фаз.

Таким образом, тепловое, химическое, электрическое, механическое и их производные – акустическое, кавитационное и т.п., магнитное и радиационное воздействия на обрабатываемую

продукцию оказывают большое влияние. Процессы, происходящие в гетерогенных системах, инициируют различные физико-химические эффекты, приводят к изменениям физико-химических свойства материалов и их свойства, способствуют переходу обрабатываемого материала в новое состояние. Все рассмотренные выше традиционные и нетрадиционные способы воздействия приводят к изменению энергетического состояния обрабатываемых материалов и их гетерофазной системы. Влияя на продукт комплексно или за счет одного вида энергетического воздействия, можно трансформировать перерабатываемый продукт, в другое состояние – полностью или частично.

Практически все виды воздействий на продукт тесно взаимосвязаны друг с другом, и реализовать какой-то один из них в чистом виде практически невозможно. Любая перерабатываемая продукция, а в нашем случае – это растительное сырье – плоды и овощи, после ряда операций – мойка, очистка и предварительного измельчения представляет собой гетерогенную систему, или как физико-химическую многофазную, многокомпонентную, сплошную среду. В ходе сложной переработки, на границе раздела фаз происходит перенос вещества, энергии момента импульса для перевода получаемой продукции в качественно новое, гомогенное состояние [4].

На наш взгляд, с точки зрения технологичности среди аппаратов, использующие механический способ разрушения продукта получили роторные аппараты. Они широко применяются для обработки таких гетерогенных систем как «жидкость в жидкости», «твердое тело в жидкости» и «газ в жидкости». Роторные аппараты различных видов и модификаций нашли широкое применение в гидромеханических и тепломассообменных процессах за счет широкого спектра факторов воздействия на обрабатываемый продукт, как:

- механического воздействия на частицы за счет возникновения ударных, срезающих и истирающих нагрузок, их контактов с элементами конструкции, больших сдвиговых напряжений в обрабатываемом продукте и гидродинамических эффектов;

- акустического воздействия на материал, за счет мелкомасштабных пульсаций давления, интенсивной кавитации, гидродинамических ударных волн и других, вторичных нелинейных акустических эффектов;

- теплового воздействия, заключающееся в нагревании гетерогенной системы при трансформации части акустического и механического воздействий в тепло.

Вся сложность описания процесса кавитации заключается в том, что она возникает в движущемся потоке жидкости, в то время как жидкость подвергается термодинамическому сжатию и разрежению.

Анализ основных теоретических положений процесса обработки продукции с применением интенсивных технологий, показывает, что интенсификация технологических процессов позволяет существенно повысить прямой или косвенный экономический эффект. Этот эффект достигается в некотором смысле за счет увеличения производительности и КПД. Но основной эффект приходится за счет уменьшения энергоемкости и материалоемкости, а также технологичности и повышения качества получаемого продукта и т.п. [4].

Лабораторные испытания показали большую эффективность применения роторного аппарата в режиме импульсного возбуждения акустической и гидродинамической кавитации для интенсификации процесса обработки растительного сырья с целью получения различных пюре.

Эффективность любых аппаратов, в том числе и аппаратов с одновременным измельчением определяется их гидродинамикой. Такие технологические линии могли бы решить проблему переработки растительного сырья.

Поэтому исследования эффективности применения роторно-пульсационных аппаратов (РПА) при переработке различного сырья, в том числе овощей, фруктов и ягоды с получением широкого ассортимента комбинированных продуктов является актуальной задачей для пищевой и других отраслей промышленности [5].

Данные аппараты, имеющие высокую производительность при малых габаритах и незначительной энергоемкости, позволяют получать гомогенные смеси хорошего качества при достаточно малой флуктуации входных потоков.

Гомогенизаторы, используемые в настоящее время на пищевых предприятиях, морально и физически устарели, металло- и энергоемки и во многих случаях не способны обеспечить заданное качество продуктов. Поэтому для интенсификации процессов гомогенизации и диспергирования,

необходимо использовать такие пути и подходы, которые позволяли бы увеличить турбулизацию и циркуляцию потоков при одновременном снижении энергопотребления и металлоемкости.

Технологии и технологические комплексы на базе РПА позволяют получать высококачественные технологические, пищевые и биологически активные растворы экстрактов, эмульсии и суспензии. К таким системам относятся овощные и фруктовые соки, пюре, пасты, кремы, смеси содержащие биологически активные вещества (пектин, танин, аминокислоты, вытяжки и экстракты) и т.п. В технологические комплексы при переработке овощей, фруктов, ягод и т.п., кроме РПА входит дополнительное стандартное оборудование.

В связи с тем, что в растительном сырье, в первую очередь, во фруктах и ягодах, содержится значительное количество углеводов представляют интерес работы по интенсификации процессов растворения высокомолекулярных углеводов и их превращениях в процессе гидродинамической обработки в РПА.

Следует отметить, что в научной литературе имеются только отрывочные публикации по переработке овощей, фруктов и ягод путем гидромеханического диспергирования. Системные научные исследования в этом направлении позволили бы разрабатывать новые безотходные технологии переработки овощей, фруктов и ягод на широкий ассортимент востребованной, импортозамещающей продукции и значительно повысило бы рентабельность перерабатывающей отрасли. На наш взгляд, именно РПА являются тем универсальным техническим средством, на базе которого можно реализовать рентабельную переработку овощей, фруктов и ягод.

Выводы. Роторно-пульсационные аппараты позволяют повысить эффективность и качество диспергирования при переработке овощей, плодов и ягод.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Новиков В.С. Гомогенизация и диспергирование в современной технологии: Обзор // Пром. теплотехника. – 1990. – Т. 12, № 5. – С. 40-59.
- [2] Кирпиков В.А. О классификации современных методов интенсификации конвективного теплообмена при вынужденном движении (без фазовых переходов) // Теорет. основы хим. технол. – 1991. – Т. 25, № 1. – С. 139-143.
- [3] Немчин А.Ф. Новые технологические эффекты теплопереноса при использовании кавитации // Пром. теплотехника. – 1997. – Т. 19, № 6. – С. 39-47.
- [4] Кафаров В.В., Дорохов И.Н. Системный анализ процессов химической технологии: Основы стратегии. – М.: Наука, 1996. – 500 с.
- [5] Промтов М.А. Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика: Монография. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 260 с.

REFERENCES

- [1] Novikov V.C. Homogenization and dispergirovaniya in modern technology: a Review // Ind. heat engineering. 1990. Vol. 12, N 5. P. 40-59.
- [2] Kirpikov V.A. On the classification of modern methods of intensification of convective heat exchange at the forced motion (without phase transitions) // Teoret. foundations of chemical. Indus. 1991. Vol. 25, N 1. P. 139-143.
- [3] Nemchin A.F. New technology the effects of heat and mass transfer when using cavitation // Prom. heat engineering. 1997. Vol. 19, N 6. P. 39-47.
- [4] Kafarov V.V., Dorokhov I.N. System analysis of processes of chemical technology: fundamentals of strategy. M.: Nauka, 1996. 500 p.
- [5] Promtov M.A. Pulsation apparatus of rotary type: theory and practice: Monograph. M.: Mashinostroenie-1, 2001. 260 p.

ЖЕМІСТЕР МЕН КӨКӨНІСТЕРДІ КАВИТАЦИЯЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДА МАЙДАЛАУ ӨНДЕУДІҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Т. С. Тәжібаев

Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан

Түйін сөздер: гомогенизациялау, диспергирлеу, кавитация, жемістер мен көкөністерді майдалау.

Аннотация. Кавитациялық әсерінің теориясын және ротор типтес гидродинамикалық аппараттарды жеміс, көкөніс, жидектерді ұсақтау үшін пайдалану мүмкіншіліктерін зерттеу бойынша нәтижелері талданып тұжырымдалды.

Поступила 25.04.2016г.