

УДК 664.736

Исследование и интенсификация процесса динамического измельчения плодов лимона для производства напитков с мякотью

Минаева Л.В., linya99@rambler.ru

Проф., д-р техн. наук **Алексеев Г.В.**, gva2003@rambler.ru

Университет ИТМО

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

В статье показан анализ, проведенный при исследовании процесса динамического измельчения плодов и овощей лезвийным инструментом, описаны спроектированный аппарат для измельчения плодов и овощей с помощью вращательного движения ножевого органа и разработанная конструкция сервовидного ножевого органа. Рассмотрены физико-механические и структурные свойства пищевых продуктов, влияющие на ход процесса измельчения, рассмотрена физическая модель плода лимона как упруговязкого тела. Найдена оптимальная форма режущего ножа, позволяющая интенсифицировать процесс. Описана экспериментальная часть проекта с указанием изменяющихся и постоянных параметров процесса измельчения. Помимо этого представлен процесс моделирования измельчения плодов лимона лезвийным ножевым органом с помощью нейронной модели на основе экспериментальных данных полученных в процессе измельчения, с помощью которого были определены оптимальные параметры измельчения, позволяющие определить влияние конструктивных и технологических параметров на характеристики процесса измельчения и выявить наиболее значимые из них.

Ключевые слова: лимонный напиток; динамическое измельчение; лимон; форма ножа; ножевая головка; нейронные сети.

Research and intensification of dynamic crushing fruit lemon beverage with pulp

Minaeva L.V. linya99@rambler.ru,

Prof. D.Sc. **Alexeev G.V.** gva2003@rambler.ru

University ITMO

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

This paper shows the analysis carried out in the study of the process of dynamic crushing fruits and vegetables blade tool, described apparatus designed for chopping fruits and vegetables with the help of the rotational motion of knife body and developed design servovidnogo blade body. The physical-mechanical and structural properties of foods, influencing the course of the grinding process, the physical model is considered as the fruit of lemon viscoelastic body. The optimal shape of the cutting blade, which allows to intensify the process. The experimental part of the project, indicating the changing parameters and constant grinding process. Besides presents the simulation grinding lemon fruit knife blade body with neural models based on experimental data obtained in the grinding process by which the specification of optimal grinding parameters, allowing to determine the effect of design and process parameters on the characteristics of the grinding process and identify the most important of them.

Keywords: lemon drink; dynamic and milling; lemon; shape of the knife; cutterhead; neural networks.

В последнее время широкое распространение получило производство безалкогольных прохладительных напитков, исходным сырьём для которых служат вода и вкусовые наполнители, в качестве которых использовались искусственные добавки. Применение натуральных фруктов, в замену искусственным, позволит увеличить качество, безопасность, органолептические свойства продукции.

Интенсификация технологических процессов является одним из основных направлений технического прогресса в пищевой промышленности. [1]

Операции резания и измельчения продуктов весьма разнообразны. Наряду с качеством исходного сырья процесс приготовления пюре для смузи оказывает существенное влияние на качество готового продукта. Поэтому разработка измельчающих машин должна проводиться на основании детальных исследований процесса резания, лабораторных и производственных испытаний конструкций и режимов работы их рабочих органов. [2]

Машины, использующие способ измельчения резанием получили наибольшее распространение, так как резание, по сравнению с разрушением материала смятием или ударом, является наименее энергоёмким. [3]

Целью работы является исследование процесса динамического измельчения плодов и овощей, позволяющее целенаправленно рассчитывать конструктивные параметры, определить области применения и допустимые режимы работы проектируемого аппарата. На основе анализа, экспериментальных и теоретических исследований процесса динамического измельчения, дать предложения по интенсификации режимов процесса измельчения.

Применение в современной практике процессов резания лезвием позволяет установить сходство основных физико - механических свойств материалов, по отношению к которым рационально применим этот вид обработки. В основном это мягкие материалы, представляющие собой животную или растительную ткань, синтетические или переработанные естественные материалы, близкие к ним по своим физико-механическим свойствам.

Лимон представляет собой ткани, образованные пространственной волокнистой системой, в полостях которой содержатся жидкость. Основа плода - кора с высоким содержанием сухих веществ., образующих каркас. Будучи деформированы, волокна такого материала давят на жидкую среду, окружающую их, заставляя ее перемещаться в менее напряженные зоны. Так в соответствии с законами гидродинамики, сопротивление среды при этом перемещении зависит от скорости ее перемещения.

Это модель упруговязкого тела, представленная как конгломерат, состоящий из твердого (упругого или пластического) скелета и жидкого, полужидкого или газообразного вещества, заполняющего промежутки между твердыми элементами.

В большинстве случаев в практике для измельчения плодов и овощей, в том числе модели упруговязкого тела, используют прямолинейные ножи и, реже, ножи с лезвиями, имеющими другое очертание. Широкое использование ножей с прямолинейным лезвием объясняется простотой их изготовления, монтажа на диске и заточки.

Для определения формы ножа, которая обеспечивает наименьший расход энергии в процессе резания материала, минимальное защемление материала режущей кромкой по всей рабочей длине лезвия и неравномерность нагрузки на вал, проводилось аналитическое исследование аппаратов, реализующих плоско - вращательное движение различных форм ножей. Из всех криволинейных форм для ножей наиболее предпочтительной оказалась форма развертки окружности. С производственной точки зрения она несколько сложнее прямолинейной, но значительно проще других криволинейных форм.

Экспериментальные исследования проводились на оборудовании, в основу которого положен станок сверлильный ДМ-13. Установка для проведения процесса измельчения представлена на рис. 1.

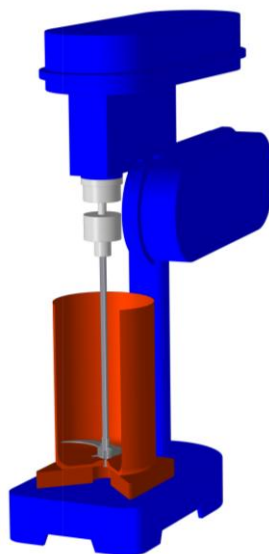


Рис. 1. Установка для проведения процесса измельчения

Установка состоит из рабочего органа, представляющем собой ножевую головку, закрепленную на валу, который в свою очередь находится в полости дежи, закрепленной на опоре, и неподвижном основании. Вал режущего органа получает вращающий момент от асинхронного электродвигателя через повышающую клиноременную передачу и муфту. Вал с помощью зажимного ключевого патрона закрепляется в аппарате и является съемным.

Соосность вала рабочего органа и центра чаши обеспечивается за счет того, что в дне по центру выфрезеровано отверстие диаметром 3,2 мм, и нарезана левая резьба для крепления опоры вала. Опора вала изготавливается из заготовки цилиндрической формы из материала Бр010Ф1. Трущаяся часть шлифуется до шероховатости Ra0,16.

Проектируемая установка предназначена для измельчения лимонов с цедрой до размеров, не превышающих 2 мм, с рабочей частотой 2400 об/мин.

При проведении эксперимента спроектирован основной рабочий орган, представляющий собой комплект ножей серповидной формы, расположенных со смещением плоскостей ножей друг относительно друга на 90 градусов. Помимо этого ножи имеют геометрическое подобие и расположены с зазором между собой. [4]

Опыты проводились на основании разработанной рецептуры для лимонного напитка без добавления плодово-ягодного сиропа. Объем готового напитка по рецептуре составляет 500 мл.

Была проведена серия экспериментов при неизменных технологических характеристиках оборудования и параметрах исследуемого объекта, при проведении которых изменяемыми параметрами являлись время измельчения самого продукта (лимона), а также изменение порционного количества воды и время ее добавления при проведении единичного эксперимента. [5]

С технологической точки зрения, процесс приготовления лимонного напитка с мякотью (смузи) может осуществляться тремя способами:

1. Механическое измельчение - первоначально процесс измельчения плодов производится без присутствия жидкости, которая затем добавляется в уже измельченный продукт;

2. Гидромеханическое измельчение - весь процесс измельчения плодов производится в присутствии жидкости;

3. Комбинированное измельчение - измельчение на первых стадиях процесса производится без добавления жидкой фазы, после достижения некоторой степени измельчения добавляется вся или часть необходимой по рецептуре жидкости и процесс измельчения проходит в гидромеханическом режиме [3].

Использование комбинированного способа резко повышало эффективность измельчения, так как фрагменты, образовавшиеся на первом этапе измельчения вовлекались в движение жидкостью, которая циркулировала под действием насосного эффекта ножа. В результате, частицы многократно перемещались через плоскость резания и интенсивно измельчались.

Помимо этого были проведены опыты, показывающие изменение степени измельчения продукта в зависимости от частоты движения рабочего органа, высоты дежи аппарата и количества ножей в измельчающем устройстве, помимо этого проводились опыты по определению удельной силы нормального резания продукта.

При проведении экспериментов, для соблюдения их чистоты, количество опытов в каждом случае было не менее трех.

В результате работы приведены данные, позволяющие совершенствовать технологию измельчения плодов, обеспечивающую необходимую степень измельчения исходного сырья и улучшения качественного состава получаемого продукта, а также совершенствовать рабочий орган и параметры аппарата.

Для экспериментального определения удельной силы нормального резания воспользовались установкой гильотинного типа.

Удельную силу резания определяют по общей массе грузов и массе каретки, понадобившейся для преодоления сил сцепления частиц материала и возникновения процесса разрушения, отнесенной к длине разрезаемой поверхности образца. Результаты определения усилий резания: лимон кольцом – 1067 Н/м, цедра лимона – 2150 Н/м, лимон полукольцом – 1173 Н/м.

При анализе полученных результатов установлено усилие резания в зависимости от того, на что она действует при прорезании плода. Выявлено, что максимальное усилие резания из рассмотренных примеров было приложено при прорезании цедры лимона, а минимальное - при прорезании кольца лимона.

Для выявления входных параметров, оказывающих наибольшее влияние на выходные параметры процесса было проведено построение нейронной модели экспериментальных исследований процесса измельчения плодов и овощей лезвийным ножевым органом. [6]

Нейронные сети - исключительно мощный метод моделирования, позволяющий воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости. В частности, нейронные сети эффективны при изучении процессов нелинейных по своей природе.

Разработка модели производится с помощью программного комплекса NeuroShell 2.

Параметрами входа были выбраны: время механического измельчения лимонов, время гидромеханического измельчения, количество ножей режущего органа, частота оборотов ножей, количество воды, добавляемой при проведении единичного эксперимента и высота дежи.

Выходными параметрами являются масса частиц после измельчения, средняя масса частицы, количество частиц на сите.

Эти выводы очень важны при переходе к планированию эксперимента, поскольку позволяют исключить из всего множества влияющих параметров заведомо несущественные.

Список литературы

1. *Пастухов А.С., Данин В.Б.* Процесс конвективного охлаждения хлебобулочных изделий как объект исследования // Известия СПбГУНиПТ. – 2008. – № 2. – С. 17–18.
2. *Минаева Л.В., Минаева Т.В.* Интенсификация процесса измельчения плодов при производстве напитков типа смузи. // I студенческий инновационный форум с международным участием «Потенциал» – 2013. – Вып. 1, 88 – 90 с.
3. *Минаева Л.В., Минаева Т.В., Синявский Ю.В.* Интенсификация процесса измельчения плодов и овощей при производстве напитков с мякотью // III Международная научно-техническая конференция «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений» – 2013. № 1 (13) ISBN 978–5–00032–021–1, 295–298 с.
4. *Минаева Л.В., Минаева Т.В., Синявский Ю.В.* Интенсификация процесса измельчения плодов и овощей при производстве напитков с мякотью // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений. Воронеж: ВГУИТ, 2013. с. 295 – 297.
5. *Минаева Л.В., Минаева Т.В., Синявский Ю.В.* Совершенствование процесса измельчения плодов при производстве напитков с мякотью // Энергетика, информатика, инновации – Смоленск: 2013. с.228-231.
6. *Алексеев Г.В., Хрушкова Е.Н., Красильников В.Н.* Возможности применения мембранных процессов для производства продуктов функционального назначения // Вестник Международной академии холода. 2010. № 3. С. 32-37.

References

1. Pastukhov A.S., Danin V.B. Protsess konvektivnogo okhlazhdeniya khlebobulochnykh izdelii kak ob"ekt issledovaniya // *Izvestiya SPbGUNiPT*. 2008. № 2. p. 17–18.
2. Minaeva L.V., Minaeva T.V. Intensifikatsiya protsessa izmel'cheniya plodov pri proizvodstve napitkov tipa smuzi. // I studencheskii innovatsionnyi forum s mezhdunarodnym uchastiem «Potentsial». 2013. Vyp. 1. 88 – 90 p.
3. Minaeva L.V., Minaeva T.V., Sinyavskii Yu.V. Intensifikatsiya protsessa izmel'cheniya plodov i ovoshchei pri proizvodstve napitkov s myakot'yu // III Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya «Novoe v tekhnologii i tekhnike funktsional'nykh produktov pitaniya na osnove mediko-biologicheskikh vozzrenii». 2013. № 1 (13) ISBN 978–5–00032–021–1, 295–298 p.
4. Minaeva L.V., Minaeva T.V., Sinyavskii Yu.V. Intensifikatsiya protsessa izmel'cheniya plodov i ovoshchei pri proizvodstve napitkov s myakot'yu // Novoe v tekhnologii i tekhnike funktsional'nykh produktov pitaniya na osnove mediko-biologicheskikh vozzrenii. Voronezh: VGUIT, 2013. p. 295 – 297.
5. Minaeva L.V., Minaeva T.V., Sinyavskii Yu.V. Sovershenstvovanie protsessa izmel'cheniya plodov pri proizvodstve napitkov s myakot'yu // *Energetika, informatika, innovatsii*. – Smolensk: 2013. p. 228-231.
6. Alekseev G.V., Khrushkova E.N., Krasil'nikov V.N. Vozmozhnosti primeneniya membrannykh protsessov dlya proizvodstva produktov funktsional'nogo naznacheniya // *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2010. № 3. p. 32-37.