

Применение Ультразвукового Технологического Оборудования для Декристаллизации (Разжижения) Твердого Меда

Владимир Н. Хмелев, *Senior Member*, IEEE, Сергей Н. Цыганок, Роман В. Барсуков, Денис С. Абраменко, Юрий М. Кузовников, *Student Member*, IEEE
Бийский технологический институт (филиал) ГОУ ВПО Алтайский технический государственный университет имени И.И. Ползунова, Бийск, Россия

Аннотация – Статья посвящена вопросам исследования влияния ультразвукового воздействия на разжижение (декристаллизацию) меда.

Ключевые слова – Мед, ультразвуковое воздействие, разжижение.

I. ВВЕДЕНИЕ

Кристаллизация (затвердевание) меда – это естественный процесс преобразования жидкого меда в кристаллическую форму с сохранением ценных свойств. Мед находится в жидком состоянии в сотах при температуре 20-30°C. В зависимости от размера кристаллов мед может быть: форме крема (кристаллы не различимы), в гранулированной форме (кристаллы с размером 0,5 мм и легко различимы) [1].

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

На процесс кристаллизации оказывают влияние следующие факторы: соотношение сахаров в мёде (содержание глюкозы), массовая доля воды в мёде, наличие центров кристаллизации, температура хранения, состав мёда, состояние покоя, перемешивание. Для предупреждения или задержки кристаллизации мед нагревают. При этом растворяются почти все мельчайшие кристаллы глюкозы, которые в дальнейшем могли бы стать очагами кристаллизации. При нагревании сахаров выше температуры их плавления происходит процесс карамелизации. Фруктоза, входящая в состав меда, имеет температуру плавления 95°C. Когда мед нагревают до температуры 107—115°C, фруктоза разлагается с выделением воды и образованием карамеланов. В результате мед становится темным и приобретает неприятный запах и вкус [2].

Для удаления центров кристаллизации мед пропускают через сита (сначала через металлические, затем через кремнеземный песок, измельченный гранит, плотную ткань).

III. ТЕОРИЯ

Вопрос использования интенсивных ультразвуковых колебаний для обработки меда рассматривался различными учеными. Возникновение интенсивных ультразвуковых колеба-

ний в жидкой среде инициирует зарождение мощных микропотоков, зон сжатия и разжижения. Активный массоперенос при вводе ультразвука в мед, а также его незначительное разогревание способствует эффективному растворению кристаллов вплоть до полного их уничтожения. Австралийский ученый Брюс Д'Арчи в своей диссертационной работе представил результаты экспериментов по обработке небольших объемов закристаллизовавшегося меда равных 250 мл, в стеклянных емкостях диаметром 70 мм и высотой – 79 мм. Наилучшие результаты были получены при использовании ультразвукового аппарата мощностью 1000 Вт, диаметром окончатия волновода 40 мм, частотой колебаний 20 кГц и амплитудой колебаний 12 мкм. В работе поставлены и нерешены задачи разжижения больших объемов затвердевшего меда в пластиковых емкостях с узкой горловиной для применения в промышленных целях [3].

IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Таким образом, целью экспериментов, описываемых в прилагаемой статье, является исследование особенностей применения ультразвукового технологического оборудования, разрабатываемого лабораторией акустических процессов и аппаратов, для интенсификации процесса разжижения закристаллизованного меда в условиях масштабных пищевых производств.

Исследуемое оборудование показано на рис. 1. Максимальная потребляемая мощность составляла 1000/3000 ВА, соответственно. Частота ультразвукового воздействия была равна 22 ± 1.65 кГц; интенсивность воздействия – $10/7$ Вт/см², соответственно.



Рис. 1. Исследуемое ультразвуковое технологическое оборудование

XII Международная конференция - семинар молодых специалистов по микро- и нанотехнологиям и электронным устройствам EDM' 2011

Контроль температуры обрабатываемого меда производился с помощью ртутного термометра с ценой деления 0,1, рабочий участок которого погружался в обрабатываемую среду и считывались показания. В качестве средства количественной и качественной оценки степени декристаллизации (разжижения) меда выбран микроскоп медицинский «Микмед-6» фирмы «ЛОМО».

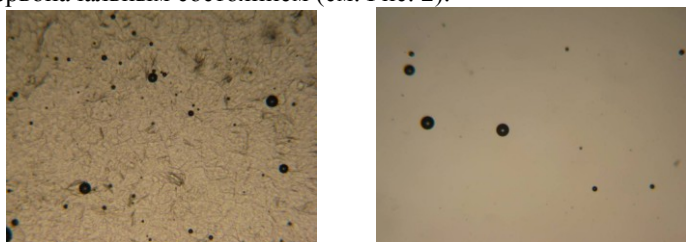
Первоначальные эксперименты были проведены на ультразвуковом технологическом оборудовании «Волна-М» (см. Рис. 1, а) на объемах меда емкостью по 3 литра. Целью экспериментов был контроль зависимости температуры меда при ультразвуковой обработке от времени. Обработка осуществлялась временными промежутками равными 1 минуте. После каждого этапа обработки измерялась температура меда, потребляемая мощность и эксперимент продолжался. Результаты измерений приведены в таблице I.

ТАБЛИЦА I

ЗАВИСИМОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕДА ОТ ВРЕМЕНИ ОБРАБОТКИ И МОЩНОСТЬ, ПОТРЕБЛЯЕМАЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ АППАРАТОМ

Время обработки, мин	Потребляемая мощность, Вт/ВА	Температура, °С
1	880/2345	20,5
2	880/2350	25
3	880/2350	33,5
4	800/2400	39,5
5	800/2400	42,5
6	780/2400	43,3
7	740/2400	44,5
8	725/2450	45
9	700/2400	47,5
10	700/2430	49
11	690/2450	51,2
12	680/2430	53
13	670/2410	55

При температуре 55°С на 13-ой минуте эксперимента визуально были достигнуты высокая степень прозрачности и текучести меда. Снимок образца меда под микроскопом подтвердил полное отсутствие кристаллов по сравнению с первоначальным состоянием (см. Рис. 2).



а) – до обработки

б) – после обработки

Рис. 2. Образец меда, полученный при 100 кратном увеличении

Следует отметить, что обработанный мед приобрел более темный цвет относительно исходного, запах не претерпел существенных изменений. В ходе эксперимента вследствие низкой теплопроводности меда наблюдалось возникновение зон локального перегрева в области максимальной интенсивности ультразвука.

Известно, что не допустим перегрев меда выше 40°С во избежание термического разрушения его полезных составляющих. Поэтому, была произведена доработка колебатель-

ной системы ультразвукового технологического аппарата «Волна-М». В качестве средства для отвода тепла было предложено использовать теплообменник, окружающий ультразвуковой излучатель, наполняемый проточной холодной водой и служащий в то же время излучающей поверхностью (см. Рис. 3,а). На теплообменную рубашку передаются не только колебания ультразвуковой частоты, но и вибрации, создаваемые кавитацией возникающей внутри теплообменника. Таким образом, излучающая поверхность вводит в среду колебания ультразвуковой частоты с высокой амплитудой и колебания широкого диапазона частот с более низкой амплитудой ультразвукового воздействия.

Для исследования свойств разработанной установки был проведен эксперимент по обработке 10 литров меда в кубической емкости (см. Рис. 3, б).



а)



б)

Рис. 3. Ультразвуковая установка и экспериментальная емкость с медом

В данном опыте без отсутствия локальных перегревов преобразователя при общей температуре меда меньше 40°С за 3 часа обработки не удалось достичь существенного разжижения меда. Первоначально в ходе эксперимента за 1 час удалось избавиться от больших комков меда, при этом существенно уменьшилась вязкость. Однако после этого состояние меда стабилизировалось и больше существенно не изменялось. Было предложено повысить температуру меда до 50°С и продолжить эксперимент. Спустя 2.5 часа после повышения температуры была достигнута полная декристаллизация меда. Это подтвердило, что важную роль в процессе разжижения играет небольшой предварительный нагрев.

После анализа результатов, достигнутых в проведенных ранее экспериментах, был осуществлен эксперимент по ультразвуковой обработке меда с целью его декристаллизации (разжижения) в промышленной емкости кубической формы объемом 25 литров аппаратом «Булава-П» (см. Рис. 1, б). Скорость разжижения меда в данном эксперименте оказалась меньше, чем в предыдущих экспериментах, к тому же имел место небольшой избыточный нагрев в процессе обработки. После 7 часов обработки была достигнута абсолютная очистка меда от кристаллов.

V. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На основании анализа полученных результатов можно сделать следующие выводы.

XII Международная конференция - семинар молодых специалистов по микро- и нанотехнологиям и электронным устройствам EDM' 2011

1. Проведенные эксперименты подтвердили эффективность ультразвукового воздействия для целей декристаллизации (разжижения) меда.

2. Используемые ультразвуковые аппараты и принятые меры их усовершенствования позволили достичь поставленных экспериментальных целей удаления кристаллов из меда без его значительного перегрева.

3. Ультразвуковой аппарат «Волна-М» успешно использовался для решения поставленных задач и с его помощью может быть реализовано разжижение небольших объемов меда (до 10 литров).

4. Ультразвуковой аппарат «Булава-П» может быть использован для целей разжижения меда в промышленных масштабах. Для этого необходимо осуществить его незначительную модернизацию и провести дополнительные мероприятия по уменьшению времени декристаллизации.

VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные эксперименты продемонстрировали возможность использования ультразвукового воздействия для разжижения меда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Сайт «Орловский мед» [Электронный ресурс]: сайт содержит сведения о производстве и распространении меда в орловской области.– Режим доступа: <http://www.orel-medok.narod.ru/44.html>
- [2] Сайт «Мед info» [Электронный ресурс]: информационно - справочный ресурс для всех, кто интересуется медициной и заботится о своем здоровье.– Режим доступа: <http://www.medinfo.ru/sovety/diet/37.phtml>
- [3] Bruce R. D'Arcy. High-power Ultrasound to Control of Honey Crystallization [Publication]/ Bruce R. D'Arcy.– Rural Industries Research and Development Corporation., October 2007. – 122 p.
- [4] Leadley, C., Williams, A. Power ultrasound - current and potential applications for food processing [Publication]/ Leadley, C., & Williams, A.– UK: Campden & Chorleywood Food Research Association Group., 2002.

В конце доклада должна быть опубликована краткая профессиональная биография с фотографией, как это практикуется в изданиях IEEE. Если статья имеет несколько авторов, то создается таблица, в которую включаются все авторы. Шрифт биографии Times New Roman 8pt.