

О.Н. Анискевич
ОАО «Пинский мясокомбинат»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОНОХИМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Применение сонохимических воздействий в технологиях продуктов питания привлекает все возрастающее внимание их производителей. Связывание воды с пищевыми биополимерами – их гидратация – одна из важнейших технологических проблем пищевой индустрии.

Идея использования кавитации в перерабатывающей и пищевой промышленности, возникла еще в 50-х гг. прошлого столетия. В настоящее время она стала намного актуальнее и привлекательнее, так как дает возможность заменить химические добавки в продуктах питания безреактивным физическим воздействием на пищевое сырье, что экономичнее, эффективнее и безопаснее. Кавитационную обработку, являющуюся способом физического воздействия на сырье, можно сравнить лишь с повсеместно принятым сейчас использованием пищевых добавок химического действия, большинство из которых представляет потенциальную опасность для здоровья человека.

Под кавитацией (акустической, ультразвуковой) в общем смысле этого понятия подразумевается явление, возникающее при периодических деформациях жидкости в упругих волнах, образуемых в ней гармоническими колебаниями ультразвукового диапазона частоты.

Применение сонохимических воздействий в технологиях продуктов питания привлекает все возрастающее внимание их производителей.

Ультразвуковая сонохимия – это новая область знаний, которая официально стала самостоятельной частью химии высоких энергий совсем недавно.

Связывание воды с пищевыми биополимерами – их гидратация – одна из важнейших проблем пищевой индустрии. Например, производители мясных и хлебобулочных изделий, добавляют к основному сырью, свыше четверти воды по массе [1, 2]. Исключением не является и производство мясных полуфабрикатов в системе общественного питания, в их рецептуру входит от 5 до 20 % воды.

Основы сонохимической теории гидратации белков животного происхождения впервые в России были изложены в работах В.И. Богуш. Его исследования проводились в системе общественного питания в производстве рубленых полуфабрикатов.

В мясной промышленности методов сонохимии при производстве вареных колбасных изделий по этой тематике в доступной литературе не

обнаружено. В связи с чем можно полагать, что проведение исследований по использованию сонохимических воздействий в технологиях вареных колбасных изделий является актуальным научным направлением.

В настоящее время в производстве продуктов питания одной из главных задач стало изыскание новых технологических подходов к переработке сельхозсырья. Внедрение технологий, позволяющих управлять качеством и выходом готового продукта путем воздействия на исходный пищевой материал, равноценно увеличению объемов продовольственного сырья [3].

Рентабельность производства продуктов питания и их потребительские свойства во многом зависят от того, насколько удастся восполнить потери влаги, понесенные пищевым сырьем в процессе его транспортировки, хранения и первичной переработки, без которых в современных условиях невозможно обеспечить бесперебойное производство продуктов питания, особенно в мегаполисах. Связывание воды с пищевыми биополимерами – их гидратация – одна из важнейших технологических проблем пищевой индустрии [3, 4].

Биохимики считают, что чистый белок может связать в результате реакции гидратации до 40 % воды по массе. Энергия связи воды с белком, характеризующая ее прочность, приобретает наибольшее значение, когда гидратная оболочка белка строится из отдельных молекул воды, не связанных между собой. Но в обычном равновесном состоянии вода, так же как и белок, имеет собственную структуру, образованную водородными связями между ее молекулами. Для того, чтобы разделить воду на отдельные молекулы, не увеличивая при этом их кинетическую энергию, то есть, не нагревая воду и используется явление кавитации. Его действие основано на распространении в воде периодических деформаций, испускаемых микроскопическими пузырьками, которые пульсируют под воздействием распространяемого в воде ультразвука [5].

Исследованию методов обработки, в том числе пищевых сред, в той или иной мере основанных на действии кавитации, во всем мире посвящено множество работ. Идея использования кавитации в перерабатывающей и пищевой промышленности возникла еще в 50-х гг. прошлого столетия. В настоящее время она стала намного актуальнее и привлекательнее, так как дает возможность заменить химические добавки в продуктах питания безреактивным физическим воздействием на пищевое сырье, что экономичнее, эффективнее и безопаснее во всех отношениях. Мировой уровень современной акустической техники позволяет создавать акустические кавитационные реакторы большой мощности, способные справляться с используемыми в пищевой промышленности объемами жидкостей.

В условиях термодинамического равновесия при комнатной температуре молекулы воды, будучи связаны между собой силами электрической природы, образуют мультимолекулярные ассоциаты,

которые распадаются на отдельные молекулы лишь под воздействием теплоты, нагревающей воду до температуры, близкой к температуре кипения. В живом растительном или животном организме, где вода в виде отдельных молекул принимает исключительно важное участие во внутриклеточных процессах, разделение ассоциатов происходит за счет мембранных явлений, инициируемых самим живым организмом. Поэтому в биомассе, переставшей быть живой субстанцией, к тому же измельченной, невозможно без внесения водосвязывающих веществ удержать влагу в том количестве, которое было в тканях растения или животного, особенно в высушенном либо замороженном виде. Эти вещества служат посредниками в удержании воды в продукте, но, как правило, являются чужеродными по отношению к пищевому сырью, а многие из них вообще не имеют никакого отношения к пище, например, широко применяемые натриевые соли фосфорной и ортофосфорной кислот [6].

При кавитации в воде генерируются гигантские импульсы давления, вызывающие соответствующие ее деформации, которые распространяются в ней со скоростью звука. Трансформация потенциальной энергии этих деформаций реализует надтепловой механизм разрушения молекулярных ассоциатов и приводит при этом лишь к незначительному увеличению температуры за счет внутреннего трения. Вода переходит в термодинамически неравновесное состояние, которое характеризуется ее аномально высокой растворяющей способностью [7].

Если до начала процесса релаксации неравновесного состояния воду смешать с измельченной биомассой, содержащей животный или растительный белок, то произойдет интенсивная реакция гидратации, превращающая воду в составную часть структуры белка и увеличивающая тем самым его массу. Если до, в процессе, либо сразу же после кавитационного воздействия в воде растворить консервант, например, поваренную соль, то она полностью диссоциирует на ионы, которые будут иммобилизованы полярными мономолекулами воды либо прочно связаны в образующихся сольватных оболочках белка. Для формирования привычного вкуса продукта и создания защиты от микробов соли в этом случае понадобится меньше ровно настолько, насколько возрастает степень ее диссоциации [3, 4].

Интенсивная гидратация белков дает непосредственный экономический эффект. Согласно учению академика В.И. Вернадского, гидратационно-связанная вода становится неотъемлемой частью белков. Она естественным образом увеличивает массу белка, поскольку соединяется с ним благодаря действию механизмов, аналогичных тем, которые имеют место в живой природе в процессе его синтеза, и почти настолько же прочно, насколько прочны в белке связи, формирующие его структуру.

Прямые аналоги надтеплого действия кавитации на воду могут найтись лишь в области химии высоких энергий, где энергетический обмен также осуществляется надтепловым путем. Но думается, что лазерная, пучковая и рентгеновская обработка воды либо воздействие на нее высокочастотным электромагнитным полем в силу существующих у них факторов опасности для человека и высокой затратности использования пока не могут быть альтернативой кавитационной обработке, тем более в промышленных условиях. Кавитационную обработку, являющуюся способом физического воздействия на сырье можно сравнить лишь с повсеместно принятым сейчас использованием пищевых добавок химического действия, большинство из которых представляет потенциальную опасность для здоровья человека [6].

Под кавитацией (акустической, ультразвуковой) в общем смысле этого понятия подразумевается явление, возникающее при периодических деформациях жидкости в упругих волнах, образуемых в ней гармоническими колебаниями ультразвукового диапазона частоты [7].

Предполагаемый технико-экономический эффект от использования кавитационной обработки очевиден. Однако фактическое отсутствие широкого использования на предприятиях пищевой и перерабатывающей промышленности ультразвуковых технологий, перечисленных и иных, а также технологического оборудования для переработки сельхозсырья и производства продуктов питания с использованием явления акустической кавитации говорит о неудачах, постигших попытки реализовать на практике результаты исследований. Несмотря на это, идея использования энергии кавитации в перерабатывающей и пищевой промышленности остается весьма заманчивой своей возможностью замены химических средств безреактивным физическим воздействием, что экономичнее, эффективнее и безопаснее во всех отношениях, включая экологическую сторону проблемы [4].

Кроме того, внутри самой области технологий, основанных на использовании различных физических средств взамен иных, более дорогих, трудоемких и экологически небезопасных, явление кавитации может занимать лидирующее место по своей эффективности и низкой энергоемкости.

Самая прочная непосредственная связь воды с биополимерами возникает в результате реакции гидратации, при которой молекула воды присоединяется к гидрофильной группе (активному центру) биомакромолекулы посредством водородной связи. Активными центрами биомакромолекул являются их полярные группы: гидроксильные -ОН, аминные -NH₂ и карбоксильные -COOH. Гидратационно-связанная влага становится уже не водой как самостоятельным химическим веществом, а неотъемлемой частью биополимерной структуры.

Молекула воды представляет собой четырехполосник, образованный пространственной асимметрией орбит пары электронов, являющихся

общими в ковалентных связях атомов водорода с атомом кислорода. Поэтому вода обладает уникальными свойствами, которые объясняются способностью ее молекул образовывать межмолекулярную структуру за счет водородных связей. Аномально большое увеличение вязкости воды при понижении ее температуры и на первый взгляд парадоксальное уменьшение ее плотности при охлаждении ниже +4 °С связаны с ее структуризацией (автогидратацией). Вода сохраняет свою структуру в стационарных условиях и при температурах выше 0 °С, если на нее не воздействуют энергией, превышающей энергию существующих водородных связей [5]. Вода, которая не входит в состав структуры, легче вступает в реакцию гидратации других веществ, нежели структурированная. Поэтому гидратационная активность воды зависит от соотношения структурированной и неструктурированной фаз. Это соотношение может меняться в сторону увеличения последней путем нагревания воды, при котором структура разрушается под действием теплового движения отдельных молекул воды либо применения других методов дезинтеграции. Но за счет чего бы ни были разрушены водородные связи, когда исчезает источник энергии дезинтеграции, они снова начинают восстанавливаться в количестве, соответствующем термодинамическому равновесию, отдавая поглощенную энергию в виде тепла автогидратации, выделяющегося при образовании структуры [7].

В последнее время все чаще стали появляться публикации, посвященные возможности улучшения качества и увеличения выхода пищевого продукта путем изменения энергетического состояния используемой воды за счет «надтепловой» трансформации в ней энергии различной природы, временно выводящей ее из состояния термодинамического равновесия. Этот процесс называют активированием воды. Воду активируют, например, путем глубокой очистки, основанной на явлении обратного осмоса [6, 7].

Механизм передачи энергии в воду при кавитационном воздействии носит надтепловой характер, но степень диссоциации растворенных в ней солей возрастает по сравнению с термодинамически равновесной, так же как и при нагреве. То есть степень диссоциации электролитов в воде определяется ее гидратационной активностью. Дополнительно образующиеся ионы приобретают сольватные оболочки из молекул неструктурированной воды, что препятствует их быстрой рекомбинации и позволяет сохранить на какое-то время полученную энергию.

Практически все пищевые среды содержат воду в том или ином количестве, в той или иной форме связи. Именно вода в значительной мере определяет технологические свойства сырья и полуфабрикатов. Технологиями многих пищевых продуктов предусмотрено искусственное восполнение природной влаги, утраченной сырьем при хранении. Вода, применяемая для этих целей, так же как и любая пищевая среда, требует предварительной подготовки. Традиционно для интенсификации

диффузии влаги в биополимерные структуры и гидратации используется нагревание воды. Оно требует значительных затрат энергии и может привести к денатурации белков и стимулированию нежелательных микробиологических процессов.

Использующееся в переработке мясного сырья полезное свойство феномена кавитационной дезинтеграции заключается в том, что вода даже с температурой ниже комнатной, подвергнутая его воздействию, оставаясь холодной, на определенное время приобретает некоторые свойства, присущие воде вблизи температуры кипения. Она, так же как и кипяток, становится сильным растворителем и способна интенсивно вступать в реакции гидратации, но, в отличие от него, не способна денатурировать биополимеры [3, 4].

Как уже было отмечено выше, в условиях термодинамического равновесия при комнатной температуре молекулы воды, будучи связаны между собой силами электрической природы, образуют мультимолекулярные ассоциаты. Они распадаются на отдельные молекулы лишь под воздействием теплоты, нагревающей воду до температуры, близкой к температуре кипения. В живом организме, где вода в виде отдельных молекул принимает исключительно важное участие во внутриклеточных процессах, разделение ассоциатов происходит за счет мембранных явлений, инициируемых самим живым организмом. Поэтому в биомассе, переставшей быть живой субстанцией, невозможно удержать влагу в том количестве, которое было в функционирующем организме. Если воду непосредственно после кавитационного воздействия, в самом начале процесса релаксации неравновесного состояния смешать с биомассой, содержащей измельченный животный или растительный белок, то произойдет реакция его гидратации. То есть полярные молекулы воды будут присоединяться активными полярными центрами составляющих молекулы белка аминокислот. При этом вода превратится в составную часть структуры белка. Ясно, что чем сильнее перед этим будет дезинтегрирована собственная структура воды, тем интенсивнее будет реакция [2].

Пищевые среды, получаемые путем измельчения биополимерной массы и смешивания ее с водой, ведут себя как дисперсные системы с изменяющимися объемным соотношением и физическими свойствами фаз, что сильно отличает их от ньютоновских жидкостей. С течением времени после смешивания они могут значимо изменять свои упруго-пластические характеристики и проявляют их экстремумы внутри конечных отрезков времени, что позволяет рассматривать их как нестационарные системы. Примером могут служить, биохимические превращения, которые происходят в измельченном мясе в процессе его посола, когда осуществляется формирование необходимых технологических свойств, таких как жиро- и водосвязывающая способность. При посоле измельченного мяса происходит образование коллоидного раствора

глобулярных белков, являющегося дисперсионной средой мясных эмульсионных продуктов, таких как колбасы. Чем выше концентрация белков в растворе, тем более высокими будут вязкость и упругость фарша. Оба этих примера являются образцами пассивных технологических этапов производства пищевых продуктов, не требующих внешних воздействий и затрат энергии, но без которых трудно создать необходимые потребительские свойства конечных продуктов.

При помощи кавитационного воздействия осуществлено приготовление устойчивой к расслоению (стабильной), высокодисперсной вкусоароматической эмульсии без использования искусственно вводимых эмульгаторов, а значит, более универсальной в отношении области применения в пищевой промышленности [7].

От дисперсной эмульсии зависит интенсивность вкуса и аромата добавки, так как дисперсность – это величина, обратная среднему диаметру капель фазы, определяющая отношение площади поверхности фазы эмульсии, с которой собственно и происходит диффузия вкусоароматических веществ, к ее объему. С одной стороны, дисперсность является стойкостью эмульсии. Чем она выше, тем менее эмульсия подвергнута расслоению при хранении под действием внешних сил, например, гравитации. Как известно, при ультразвуковом эмульгировании основным фактором, обеспечивающим получение требуемой дисперсности, является энергия кавитации. Из компонентов жироводной эмульсии кавитация возникает преимущественно в воде, так как вода, в отличие от любой неполярной жидкости, имеет зародыши кавитационных полостей, локально снижающие ее прочность на разрыв, убывающую с ростом давления вязкость и относительно высокое поверхностное натяжение. При прохождении ультразвуковой волны через дисперсную систему, например, через водную суспензию измельченных специй, кавитация преимущественно возникает вблизи границ воды и твердых частиц, содержащих вкусоароматические вещества, или на свободной поверхности жидкой фазы из эфирных масел и их экстрактов. Это обусловлено поверхностными явлениями и резким изменением там физико-механических и акустических свойств. Если кавитация обладает достаточной энергией, то она диспергирует твердые частицы фазы, которая в данном случае представлена измельченными частями высушенных растений и служит источником вкусоароматических веществ, а также частично гидролизует входящие в их состав эфирные масла. В том и другом случае естественным путем образуются вещества, служащие стабилизаторами эмульсии (клетчатка и ди- и моноглицериды жирных кислот), и отпадает необходимость вводить эмульгаторы и стабилизаторы эмульсии искусственно [6].

В наше время в пищевой индустрии изыскание новых технологических подходов к переработке мясного сырья становится одной из главных задач. Внедрение приемов, позволяющих эффективно

управлять качеством и объемом выхода готового продукта путем воздействия на исходный пищевой материал, равноценно увеличению объемов сырья, производимого на продовольственные нужды. Поэтому применение механизма надтепловой передачи энергии в воду, используемую в изготовлении продуктов питания, является очень перспективным.

Литература

1. Денисов, В.В. Повышение эффективности обеззараживания питьевой воды / А.П. Москаленко, В.В. Гутенев. – Новочеркасск, НГМА, 1999. – 70 с.
2. Ковалева, Г.Е. Использование электроактиватора воды для улучшения качества пшеничного теста в хлебопечении // Дисс. канд. тех. н., Ставрополь, 2003, 250 с.
3. Красуля, О.Н. Исследование возможности применения сонотехнологий в производстве молочных напитков из восстановленного сырья / С.Д. Шестаков, Е.Г. Черемных, Н.А. Тихомирова, О.Н. Игнатьева, Д.М. Марченко // Молочная река. – 2009. – № 3. – С. 38–41.
4. Кудряшов, В.Л. Перспективы применения комплексных систем очистки воды на основе ультра- и нанофильтрационных мембран при производстве высококачественных напитков / Прогрессивные экологически безопасные технологии хранения и комплексной переработки сельхозпродукции для создания продуктов питания повышенной пищевой и биологической ценности: тезисы докладов II Всероссийской науч.-теорет. конф. Российская академия сельскохозяйственных наук // Углич: Часть 1, 1996. – С.314–315.
5. Шестаков, С.Д. Технология кавитационной дезинтеграции в молочном производстве. С.Д. Шестаков // Молочная промышленность. – 2007. – № 9. С.58–60.

O. Aniskevich

USE OF SONOKHIMICHESKY INFLUENCES IN THE MEAT INDUSTRY

Summary

Application of sonokhimichesky influences in technologies of food draws escalating attention of their producers. Water linkage with food biopolymers - their hydration - one of the most important technological problems of the food industry.

The idea of use of cavitation in the processing and food industry, arose still in the fifties last century. Now it became much more actual and more attractive, since gives the chance to replace chemical additives in food with bezreaktivny physical impact on food raw materials that is more economic, more effective and safer.