Escola Superior Agrária de Coimbra

Processamento Geral de Alimentos

Janeiro de 2010

Ondas de Ultra-Sons

Trabalho realizado por:

Ana Santos 20803012

Diana Lourenço 20803024

Sandrina Ferreira 20803035

Neide Pita 20603078

Ana Cabete 3659

Turma 2

Índice

Introdução 3
Ondas sonoras 4
Características das ondas 5
Cavitação 6
Fluxo de Líquido e Movimento de Bolhas 7
Química Sonora 8
Instrumentação de Ultra-Som 9
- Transdutores 9
- Equipamentos de Ultra-Som 9
Ultra-sons no Processo Alimentar 10
Tratamentos Antimicrobianos 11
- Sensibilidade de Diferentes Microrganismos 11
- Eficácia do tratamento antimicrobiano 11
- Ultra-som combinado com calor e pressão 12
- Processamento do meio 122
- Descontaminação de Alimentos 13
- Descontaminação das Superfícies de Processamento 14
Melhoria da Transferência de Massa 15
- Secagem 15
- Desidratação osmótica 16
- Salga do Queijo 16
- Alimentos Curados 17
- Filtração por Membranas 17
Melhoria da Transferência de Calor 20
- Congelamento 20
- Descongelamento 21
- Cozimento 22
Processamento das Proteínas dos Alimentos 23
- Inactivação Enzimática 23
- Alterações na Proteína 24
Ultra-som como auxílio no Processamento 25
Homogeneização e Emulsificação 25
Tenderização da carne 27
Bibliografia 29

Introdução

O efeito que as ondas de ultra-sons têm sobre as propriedades físicas, bioquímicas e microbiológicas dos alimentos têm causado um grande interesse nos últimos anos. Isto deve-se ao facto destas ondas produzirem uma variedade de efeitos, tendo em conta a combinação das características das ondas com as dos alimentos. Estas ondas de ultra-sons também podem ser utilizadas em sistemas naturais, como por exemplo, detecção de submarinos e navios, identificação de populações de peixes, medicina, entre outros. No que diz respeito aos alimentos, as ondas de ultra-sons melhoram os processos enquanto minimizam qualquer efeito sobre as características do produto, ou então envolvem o produto directamente no processo ficando sujeito a alterações físicas.

Neste trabalho, inicialmente iremos abordar a história do desenvolvimento das ondas ultra-sons, bem como os efeitos que estas provocam nos alimentos (propriedades e transformação), sendo dada especial atenção à inactivação microbiana, ao calor e transferência de massa e homogeneização.

A história dos ultra-sons é extremamente complexa, visto que possui um elevado número de aplicações. Os primeiros estudos dos efeitos que estas ondas provocam começaram em 1900. Em 1920 houve grande investigação de ondas ultra-sons para aplicação na indústria alimentar. À volta dos anos 2000-2001, vários investigadores afirmaram que as ondas de ultra-sons podem ser usadas na destruição de microrganismos, emulsificação de óleos e água, atomização de líquidos, agitação no interior de plantas, animais e células amebas, aceleração de reacções químicas e desgasificação de líquidos. Em 2001, Nyborg identificou mecanismos para explicar os efeitos de ultra-sons, como o aquecimento, agitação, agregação e cavitação.

Ondas sonoras

As ondas de ultra-sons são semelhantes às ondas sonoras, sendo as suas frequências bastante elevadas não sendo perceptíveis ao ouvido humano. A transmissão do som ocorre devido aos movimentos ordenados e periódicos das moléculas do meio, com a energia dinâmica transferida para as moléculas adjacentes sem transferência de matéria. As ondas de ultra-sons possuem as mesmas propriedades que as ondas sonoras, como a reflexão, interferência, adsorção e dispersão, podendo ser propagada através de sólidos, líquidos e gases.

As ondas sonoras são ondas longitudinais e transversais. Nas ondas transversais (cisalhamento), o movimento das partículas é perpendicular à direcção de propagação da onda, e apenas ocorrem nos sólidos, tendo uma velocidade de propagação relativamente baixa em relação às ondas longitudinais. Nas ondas longitudinais, a direcção do movimento das partículas é o mesmo que o movimento da onda, sendo estas ondas capazes de se propagar em sólidos, líquidos e gases, e portanto são muito utilizadas em aplicações de ultra-sons. Estas ondas têm um comprimento de onda curto e velocidade elevada, podendo ser utilizadas na congelação de sumo de laranja, carne, etc.

Características das ondas

Os parâmetros que caracterizam as ondas são a velocidade (c), comprimento de onda(λ), frequência (f), amplitude (A) e intensidade (I).

A velocidade é a rapidez de propagação de um som num meio, e está relacionado com o comprimento de onda e com a frequência. Esta velocidade depende das propriedades físicas do meio em que as ondas se propagam. $c = \lambda \times f$

O comprimento de onda é a distância entre as cristas das ondas adjacentes, enquanto a frequência é o número de cristas de onda que passam por determinado ponto numa unidade de tempo.

A amplitude é a altura da onda e determina a força desta.

Intensidade é a medida do fluxo de energia acústica através de uma unidade de área do meio numa unidade de tempo. A intensidade é um factor que vai diminuindo ao longo do tempo, devido ao espalhamento das ondas sonoras e absorção de parte da energia sonora pelo material. Esta absorção é convertida em calor, que vai levar a um aumento de temperatura.

Cavitação

A cavitação é um fenómeno de ultra-som que ocorre em meios líquidos, onde a onda sonora ao atravessar o liquido vai criar regiões de compressão (pressão positiva) e rarefacção (pressão negativa).

Na rarefacção, se a pressão negativa for alta, pode formar-se no líquido uma cavidade ou bolha. Existem dois tipos diferentes de cavidades, transitória e estáveis. Cavitação transitória ocorre quando uma cavidade sujeita a vibração aumenta de tamanho progressivamente ao longo de vários ciclos de rarefacção e compressão, até atingir um tamanho de tal forma elevado que rebenta. As bolhas crescem durante a rarefacção e rebentam durante o ciclo de compressão quando o tamanho crítico da bolha é atingido.

Cavitação estável ocorre quando as bolhas de gás têm uma longa vida, existindo para muitos ciclos de compressão e rarefacção. São produzidas em intensidades de ultra-som baixas e oscilam para um número de ciclos muitas vezes não lineares, sobre o tamanho de equilíbrio sem rebentar.

Os factores que levam à ocorrência de cavitação são a frequência de vibração (aumento da frequência leva ao aumento da potência necessária produzir cavitação), a intensidade de vibração, a viscosidade do solvente, tensão superficial e pressão de vapor, a atenuação de vibração pelo meio, a presença de bolhas de gás, e temperatura ambiente e pressão.

Fluxo de Líquido e Movimento de Bolhas

A agitação de ultra-sons é utilizada em processos como a transferência de calor e de massa, emulsificação, limpeza de superfícies e degradação de polímeros.

Microstreaming ocorre devido ao crescimento e à retracção das bolhas de cavitação durante os ciclos de rarefacção e compressão. O movimento rápido do líquido causado pela alteração do tamanho das bolhas, causa cisalhamento.

Microstreamers são bolhas que se formam num local de nucleação, movendo-se depois através do campo acústico para um anti-nó de pressão (se o diâmetro da bolha for inferior ao tamanho da ressonância) ou nó de pressão (se o tamanho da bolha for maior que o da ressonância). O tamanho da ressonância é determinado pelas propriedades do líquido e frequência da onda acústica, sendo esta a responsável pelo tamanho da bolha. Tendo em conta as diferenças de velocidade do movimento da bolha e dependendo se estão na parte de compressão ou rarefacção da onda acústica, os microstreamers movem-se mais rápido que a velocidade média dos líquidos.

Quando uma bolha de cavitação transitória rebenta, há um rápido influxo de líquido em todos os lados, que vai causar elevado cisalhamento bem como choque no líquido circundante. Se a bolha de cavitação transitória rebentar perto de uma superfície sólida, forma-se um micro-jacto. Aqui, o líquido não flui em todos os lados da superfície sólida, e vai criar um fluxo assimétrico que dirige um micro-jacto de líquido na superfície sólida. Este jacto de líquido possui uma velocidade elevada, contudo produz um efeito relativamente curto. Os micro-jactos podem ter efeitos positivos, como a limpeza de superfícies, aumento da área superficial para a reacção, e pelo contrário, também pode conter efeitos negativos, como por exemplo a erosão das hélices.

Em campos acústicos também existem movimentos de bolhas, devido às diferenças de densidade entre a bolha de gás e o meio líquido. Quando a bolha se forma o gás difunde-se progressivamente a partir do meio líquido, ou então a bolha une-se a outras bolhas aumentando desta forma de tamanho até flutuar para a superfície, sendo esta a base de ultra-som na desgaseificação de líquidos.

Química Sonora

Ocorrência de reacções químicas realizadas sob um campo acústico, normalmente ultra-som. Este campo desenvolveu-se visto que os ultra-sons produzem variados efeitos sobre as reacções químicas nos materiais, incluindo a formação de radicais livres, o aumento das taxas de reacção, condições de processamento menos extremas, facilita o inicio de reacções difíceis, reduz o número de etapas de processamento, altera o caminho da reacção, sonoluminescência, entre outros.

A sonoluminescência é a luz emitida durante o rebentamento das bolhas na cavitação, devido a pressões e temperaturas geradas.

Dentro da cavidade em colapso, há pressões extremas, temperaturas e taxas de arrefecimento, juntamente com gás ou vapor a partir do meio líquido. Estas condições criam radicais hidroxilo da água, que podem reagir com outras substâncias químicas no interior da cavidade, ou difundir-se no meio líquido onde podem reagir com outros compostos. Podem existir outras reacções se existirem compostos voláteis no meio líquido, podendo estes difundir-se para a cavidade durante a expansão podendo sofrer reacções químicas durante o colapso.

O colapso da cavidade pode afectar as reacções químicas no líquido. O elevado cisalhamento criado pelo colapso da cavidade pode provocar rupturas nas cadeias de polímeros, aumentar as taxas de reacção devido a um aumento na energia cinética das moléculas, ou alterar a interacção do solvente.

Podem existir danos mecânicos no material sólido, com ondas de choque e micro-jactos, a fragmentação dos materiais frágeis, desagregação de grupos de partículas e colisões de alta velocidade, levando a abrasão ou fusão. Estas mudanças podem alterar a reactividade química. Em líquidos imiscíveis, a cavitação na sua interface pode criar emulsões, aumentando a área de contacto entre os dois materiais. Os efeitos da não cavitação de ultra-som também podem desempenhar um papel nas reacções químicas. A agitação ultra-som de líquidos aumenta a transferência de massa e o aquecimento do material devido à absorção de energia das ondas ultra-som levam ao aumento das reacções químicas.

Instrumentação de Ultra-Som

Transdutores

Transdutor é um dispositivo que converte uma forma de energia noutra. Em ultra-som são utilizados para converter a energia mecânica ou eléctrica em som de alta frequência. Existem dois tipos de transdutores, os mecânicos e os electroacústicos. Os transdutores mecânicos dependem se o fluxo é líquido ou gasoso, e a partir de uma sirene, rotor, turbina ou simplesmente assobiar, gera ultra-som. Os transdutores electromecânicos são utilizados em aplicações modernas de ultra-som, para produzir transdutores piezoeléctricos ou magnetoestritivos.

Equipamentos de Ultra-Som

Existem diferentes tipos de equipamentos ultra-som, como apitos reactores, banhos de ultra-som e sistemas de sonda.

Um apito reactor utiliza uma fonte mecânica de som que depende do fluxo de líquido que flui ao passar uma lâmina de metal, para causar vibração. A frequência de vibração depende da vazão de líquido, quando esta for suficientemente elevada gera ultra-som que pode levar a cavitação no líquido. Este tipo de sistema pode ser utilizado em processos como a homogeneização, emulsificação e dispersão.

Banho de ultra-som é um processo barato, simples, sendo constituído por um banho de metal com um ou mais transdutores presos às paredes do tanque.

Sistemas de sonda consistem na utilização de uma espécie de megafone de metal junto ao transdutor ultra-som, sendo este megafone utilizado para amplificar as vibrações produzidas pelo transdutor, visto que a amplitude das ondas piezoeléctricas é pequena. Este sistema tem a vantagem de poder ser colocado directamente em contacto com o material a ser processado, e tem a desvantagem da erosão do material por cavitação, formação de radicais livres e aquecimento do material exposto ao ultra-som. A erosão do material pode levar a contaminação e para isso já se desenvolveram novas técnicas para controlar a temperatura do banho.

Ultra-sons no Processo Alimentar

A aplicação de ultra-som na transformação dos alimentos tem sido interessante desde há muitos anos, uma vez que investigadores pesquisaram o seu potencial como instrumento de acompanhamento de um processo ou produto, ou como uma forma de alterar as propriedades de um processo ou produto.

Baixo poder e ultra-som de alta frequência é normalmente usado para monitorar produtos alimentares ou processos. A utilização da monitorização ultra-som foi avaliado numa ampla gama de sistemas alimentares, incluindo a carne, gorduras e óleos, leite, pão, frutas e molhos, com vários parâmetros, particularmente velocidade, a atenuação, impedância e/ou parâmetros relacionados, utilizados para medir características como a composição, as mudanças de fase, e distribuição de tamanho de partículas.

A alta potência e baixa frequência de ultra-som são normalmente usadas para alterar as propriedades de um material ou utilizada após o andamento de um processo. Este processo faz -se através de características físicas, químicas e efeitos mecânicos. Os ultra-sons podem afectar as propriedades dos alimentos, no entanto, é comum usá-lo em combinação com outras tecnologias de processamento para melhorar a eficiência do processo.

Tratamentos antimicrobianos

O uso do ultra-som com o tratamento antimicrobiano, isoladamente ou em combinação, foi de interesse durante muitos anos, para utilização em produtos alimentares, ou até mesmo para eliminar microrganismos contaminantes de alimentos e processamento de superfícies. O efeito antimicrobiano do ultra-som é em grande parte localizada, mas extremas, pressões e temperaturas (50 MPa, 5500 ° C) produzido durante a cavitação líder de danos à parede celular, com possíveis efeitos contributivos para dirigir, devido aos efeitos térmicos da aquecimento localizado, a produção de radicais livres que causam danos ao DNA, causando afinamento e fluxo de microrganismos das membranas celulares.

1.Sensibilidade de Diferentes Microrganismos

O tratamento de ultra-som mostrou ser um tratamento eficaz ao nível antimicrobiano, destruindo uma grande variedade de microrganismos, incluindo bactérias, esporos, leveduras, fungos, protozoários e vírus. Estudos comparativos sobre a sensibilidade dos microrganismos mostram que a eficácia do ultra-som varia muito. Em geral, esporos e alguns vírus são difíceis de inactivar com ultra-som.

Bactérias Gram-positivas são menos sensíveis ao ultra-som de bactérias Gram-negativas, embora nenhuma diferença entre estas tenha sido relatada.

2.Eficácia do tratamento antimicrobiano

Embora o ultra-som usado por si só, pode matar microrganismos, é um processo relativamente insuficiente, com uma extensão de processamentos necessários para que haja uma redução significativa no número de microrganismos. O ultra-som no processamento de tratar a carga microbiana, concentra-se principalmente na combinação de ultra-som com outros tratamentos, nomeadamente tratamento térmico (também denominado termosonicação), tratamento de pressão (manosonicação) e produção combinada de tratamentos de calor e pressão

(manotermosonicação). Existem outros tratamentos mas com menos relevância como campos eléctricos, produtos químicos antimicrobianos e pH.

O ultra-som foi relacionado para ter qualquer efeito significativo na sobrevivência de *Clostridium botulinum* no mel. Ultra-som produz uma variedade de efeitos que podem ser aplicados no processamento do leite.

Um efeito que tem sido examinado de perto é a capacidade de inactivar os microrganismos quando utilizado em acordo com outro tratamento térmico. Assim sendo, temos um método eficaz para a destruição de microrganismos presentes no leite.

3. Ultra-som combinado com calor e pressão

A combinação de ultra-som com qualquer pressão ou temperatura tem-se revelado uma abordagem particularmente popular com a duração do tratamento de ultra-som podendo assim ser substancialmente reduzida.

Basta que se combine ultra-som com os tratamentos de calor suave que foram encontrados para aumentar a taxa de inactivação microbiana numa variedade de microrganismos.

A limitação do ultra-som combinado com o processamento térmico mostra que a sua eficácia diminui com aumento da temperatura e o aumento da pressão de vapor leva diminuição da tensão superficial líquido reduzindo o efeito de cavitação. Para ultrapassar este problema, os processos que combinam ultra-som, tratamento de pressão e térmicos foram desenvolvidos. Pela pressurização do material, a cavitação pode ocorrer em temperaturas mais altas devido ao aumento da eficiência de inactivação microbiana. A sensibilidade de esporos e bactérias também pode ser aumentada por um relacionamento de pressão, temperatura e tratamento de ultra-som.

4. Processamento do meio

O meio de processamento também desempenha um papel importante na eficácia do ultra-som como um tratamento antimicrobiano. A actividade de água pode afectar a eficácia do ultra-som, sendo este mais eficaz onde a actividade da água é

maior. O pH do meio pode alterar o efeito do tratamento com o ultra-som, havendo uma diminuição de pH tendendo a reduzir a sobrevivência de bactérias e leveduras. Diferenças na faixa de pH do meio de ultra-som podem ajudar a explicar a pequena variação, uma vez que a eficácia do ultra-som é contra *Escherichia coli* suspensa em leite UHT (pH 6,7), sumo de cenoura (pH 5,9) e há uma maior variação para *Lactobacillus acidophilus* em suspensão no sumo de laranja (pH 3,7). As diferenças na viscosidade em diferentes níveis também podem explicar algumas das diferenças, uma vez que há um número mais elevado de sobreviventes de microrganismos em meios líquidos viscosos pois a alta viscosidade protege os microrganismos, reduzindo a cavitação. Outros estudos mostraram também que o meio mais viscoso pode melhorar a sobrevivência microbiana, com menor destruição de esporos, de *Bacillus subtilis* em glicerol do leite, e no ovo do que noutros meios.

5. Descontaminação de Alimentos

As frutas e os legumes utilizados nalguns tipos de alimentos minimamente processados podem deteriorar-se, e possivelmente, os microrganismos patogénicos aderem às suas superfícies. Por isso, é comum na lavagem em água, colocar um desinfectante para reduzir a carga microbiana. Contudo, é difícil encontrar um sanitizante eficaz, pois as bactérias podem ser difíceis de destruir ou remover porque se agregam umas às outras ou ficam aprisionadas em superfícies de forma irregular da matéria da planta.

O aumento da escala de ensaios dos produtos (salsa, morangos, repolho e alface) e a lavagem do meio (somente água com cloro ou água clorada com um surfactante) teve efeito sobre a descontaminação, ao contrário da frequência de ultra-som.

Tratamentos químicos combinados com os de frequência ultra-som também são utilizados para a limpeza de ovos.

6. Descontaminação das Superfícies de Processamento

A limpeza das superfícies utilizadas para o processamento de alimentos também é importante, uma vez que podem ser uma causa de contaminação. O tratamento de ultra-som pode aumentar a remoção de esporos microbianos em superfícies. No entanto, a eficácia da recuperação ultra-som é afectada por factores, incluindo o material, tratamento, tempo e o tipo de microrganismo. O material pode afectar a recuperação substancialmente.

O tratamento de ultra-som também se tem mostrado eficaz na remoção de contaminação por proteína de facas em matadouros. Vários estudos têm demonstrado a utilização do ultra-som na limpeza de moldes de queijo. Numa prática investigação em que uma planta comercial de frango de transformação, assistida por ultra-limpeza de bandejas plásticas, cestas de aço e correntes de aço foi eficaz na redução da contaminação microbiana e outros.

Melhoria da Transferência de Massa

Transferência de massa desempenha um papel importante em muitos processos industriais, como secagem, desidratação, filtragem, separação por membranas, salga e desidratação osmótica. O ultra-som foi demonstrado para melhorar a eficiência de muitos processos de transferência de massa através de um envolvimento directo no processo (por exemplo, cavitação, microstreaming ou acústico streaming causando agitação para melhorar a transferência de massa, a cavitação criação de espaços vazios no material), ou de apoio ao processo (por exemplo, agitação). Houve uma pesquisa substancial para a ultra-sonografia assistida pela secagem, filtração por membranas, e desidratação osmótica, juntamente com os processos relacionados de salga de queijo e de carne de cura. Houveram outras pesquisas onde foram substanciais em aplicações industriais de ultra-som assistida filtração e desidratação, onde foi demonstrado que a ultra-som pode melhorar substancialmente a eficiência de desidratação ou de sistemas de filtração.

Secagem

A secagem é um processo de transferência de massa envolvendo a remoção de líquidos a partir de um material, em que a taxa de secagem depende de factores como a estrutura do material, temperatura, humidade relativa do ar, ar e velocidade. Na selecção das condições de secagem, é necessário encontrar um equilíbrio entre as condições que maximizam. A taxa de secagem tem como função minimizar quaisquer alterações indesejáveis nestas condições. Como resultado dos efeitos do ultra-som sobre as propriedades dos materiais, incorpora-se a secagem ultra-som. A combinação de ultra-som e secagem ao ar foi mostrado para aumentar a taxa de secagem nos cilindros de batata e vários produtos, incluindo as fatias de cenoura, as fatias de cebola, trigo, milho e arroz. Ultra-som é normalmente utilizado em sólidos ou líquidos porque fornecem um bom meio de propagação. Assim vários sistemas foram desenvolvidos, o que irá gerar ultra-som em gases. A eficácia do ultra-som ou a frequência e intensidade tendem a depender da combinação particular de material, condições de secagem e sistema de ultra-som. O maior benefício da combinação de ultra-som e ar de secagem ocorre em temperaturas mais baixas. Um padrão

semelhante, em que o benefício do tratamento de ultra-som diminuiu com o aumento da temperatura de secagem. Este foi observado em trigo e milho triturado e esmagado. Outra aplicação do ultra-som na secagem tem sido ajudar a secagem das gotas de líquido, incorporando ultra-som numa torre de secagem de pulverização, onde vai reduzir a temperatura máxima do material durante a secagem e reduzir o tamanho das partículas secas. O ultra-som também tem sido utilizado para reduzir o tamanho das gotículas produzidas originalmente por aspersão de um líquido através de um bocal, reduzindo o tempo de secagem necessário.

Desidratação osmótica

A desidratação osmótica é uma tecnologia de conservação de alimentos, que envolve a imersão de produtos alimentares (geralmente frutas e vegetais, embora também com queijo e carne) numa solução concentrada (por exemplo, NaCl e açúcar). Num processo relativamente lento, a água move-se do produto para a solução de alta concentração; solutos movem-se da solução para o produto, e não há movimento de solutos das células vegetais para a solução de alta concentração. A desidratação osmótica pode melhorar o equilibro do açúcar levando a texturas e estabilidades de cor e é normalmente usado como um pré-tratamento antes do congelamento ou secagem. Tratamento de ultra-som tem demonstrado ser uma técnica eficaz no aumento da taxa de osmótica desidratação.

Nem todos os produtos respondem da mesma forma que a ultra-sonografia assistida desidratação osmótica. Existem diferenças na perda de água ou ganho de sólidos em produtos tratado. Com desidratação osmótica ou a combinação de ultra-som e desidratação osmótica tem sido atribuída as diferenças na estrutura do produto alimentar.

Salga do Queijo

A fabricação de alguns tipos de queijos e carnes curadas depende da penetração da água salgada para os produtos alimentares. Como o sal altera o sabor, a

textura de desenvolvimento e reduz o teor de água, este melhora a segurança a nível microbiano e contribui para a maturação do produto.

Quando a salga é usada com itens maiores, o processo pode ser demorado como a transferência de massa pode ser relativamente lenta. Vários métodos podem ser usados para melhorar a taxa de penetração de água salgada, tais como agitação ou saída, de vácuo, o aumento da concentração de salmoura, aumento da temperatura de salga, salmoura a relação de produtos e injecção da agulha. No entanto, é importante manter a qualidade do produto acabado. Ultra-som pode melhorar o processo de salga de queijos, aumentando a taxa de perda de água e ganho de NaCl nos blocos de queijo. O uso de salga por ultra-som pode afectar outras características, com a mais rápida formação de aminoácidos livres e ácidos gordos livres durante a maturação de queijos em salmoura acústica, levando a diferenças na textura, aroma, odor e sabor do queijo.

Alimentos Curados

As propriedades funcionais de muitas carnes processadas recorrem á solubilização parcial das proteínas dos músculos na carne crua (geralmente por NaCl ou uma combinação de NaCl e polifosfato) para aumentar o rendimento ao cozinhar e manter todas as partes de carne úteis após o cozimento.

São adicionados à carne sais de secagem ou dissolvidos para formar uma salmoura, que por acção mecânica é distribuída por toda a carne.

A carne tratada por ultra-som é mais macia e suculenta, com um maior rendimento de produção. Em todos os estudos, o tratamento de ultra-som afectou a microestrutura do produto, com maior separação de miofibrilas.

Filtração por Membranas

Existem processos de separação por membranas que permitem concentrar ou purificar alimentos das indústrias de ovos, de lacticínios, e de bebidas. É o caso da micro-filtração, em que a membrana é uma tela que exclui colóides e macromoléculas,

partículas maiores que o tamanho dos seus poros (0,1 a 10µm), havendo diferença de pressão através da membrana e esses mesmos poros. Os ultrafiltros são constituídos por materiais como fibras de polisulfona ou poliamida. As membranas de ultra-filtração com um corte de peso molecular – "cut-off" < 20000 Daltons são suficientes para remover ribonucleases (RNases) e pirogénios. Em conjunto com o tratamento ultra-som é produzido um maior fluxo, como ocorre por exemplo, em suspensões de levedura de padeiro com bomba de pressão contínua ou intermitente. Em contrapartida, a vantagem do ultra-som diminui quando a velocidade do alimento líquido aumenta; por exemplo, a 0,53 m /s verificou-se que não houve um aumento adicional no fluxo devido ao ultra-som.

Na osmose reversa (OR) é possível a remoção de 99% de materiais orgânicos, partículas e microrganismos e cerca de 95% dos contaminantes iónicos. Ocorre a separação de uma solução concentrada (contendo contaminantes) de uma solução diluída (água purificada), através da aplicação de uma pressão hidráulica que força a água através da membrana semipermeável, com a retenção dos contaminantes. É um processo semelhante á ultra-filtração, mas trabalha com moléculas maiores.

A destilação por membrana envolve uma membrana de separação do vapor e do líquido, por exemplo, na dessalinização ou na concentração de soluções. A sua combinação com o ultra-som aumenta o fluxo em 5% a 30% e reduz a temperatura de polarização (gradiente de temperatura entre o líquido e a membrana).

Uma desvantagem das técnicas de separação por membranas é a progressiva diminuição da taxa de fluxo devido à acumulação de componentes alimentares sobre os poros e à consequente polarização da concentração. No entanto, para minimizar esses problemas, mantendo a vazão ao longo do processo, realiza-se a lavagem periódica para remover incrustações, e a turbulência para minimizar a concentração de polarização. Recorre-se também ao ultra-som para melhorar a eficiência tanto do processo de filtração como da limpeza das membranas sujas, sendo utilizado em vários sistemas alimentares, incluindo soluções de sal, polissacarídeos, proteínas e suspensões de células de levedura.

A prevenção ou remoção de incrustações de membranas depende, por exemplo, da frequência e da intensidade de ultra-som, da sua aplicação intermitente ou contínuo durante a filtração, das condições durante o ciclo de limpeza, e das

propriedades acústicas da membrana de filtração, do tamanho das partículas coloidais e do limiar da cavitação da matéria-prima). No entanto, a cavitação induzida por erosão, o streaming acústico e microstreaming provocam danos na membrana e podem afectar as membranas alterando tanto a permeabilidade como a microestrutura, dependendo também do material da membrana e dos parâmetros de ultra-som.

Melhoria da Transferência de Calor

A taxa de transferência de calor durante os processos de congelamento, descongelamento e cozimento pode ser aumentada com o auxílio do som e do ultra-som. No caso de descongelamento e cozimento, o ultra-som leva ao aumento da taxa de transferência de calor com o meio envolvente e à absorção da energia sonora através do material. Em contrapartida, no congelamento de amostras, a absorção de energia das ondas sonoras reduz a taxa de arrefecimento, melhorando a qualidade dos produtos produzidos pelo aumento da nucleação dos cristais de gelo.

Congelamento

No processo de congelamento, o uso de ultra-som reduz o tempo necessário para congelar os alimentos e também melhora a qualidade dos alimentos congelados, pois a redução do tamanho dos cristais de gelo causa menos danos na microestrutura dos alimentos. E pode ser usado para aumentar o coeficiente de transferência de calor entre o alimento e o refrigerante. Afecta ainda a cristalização, aumentando as taxas de nucleação e de crescimento de cristais, devido aos núcleos das bolhas de cavitação serem formados por cristais de gelo, ou ao colapso das bolhas de cavitação quebrarem os cristais de gelo existentes, criando mais núcleos. Como desvantagem, há o facto do uso de ultra-som gerar calor, e por isso os benefícios do melhoramento da transferência de calor e da nucleação devem ser equilibrados com o aquecimento.

Utilizando um banho de ultra-som para congelamento de determinado produto alimentar, é possível diminuir o tempo de arrefecimento fornecendo energia para uma adequada agitação. A intensidade do tratamento de ultra-som deve ser seleccionada de forma a proporcionar a melhor taxa de congelamento, através do equilíbrio da transferência de calor entre o meio de refrigeração e o alimento, mas também a mínima mudança microestrutural do produto.

O congelamento por imersão combinado com o tratamento de ultra-som origina células hermeticamente embaladas, sem nenhum dano observado na parede celular, contrastando com os danos na parede celular e a separação das células causados pelo congelamento por imersão sem ultra-som.

Descongelamento

O descongelamento de alimentos congelados em larga escala, é tradicionalmente feito com ar ou água, embora haja interesse em tecnologias emergentes como o descongelamento ultra-som. O tempo de descongelamento e a formação de pontos quentes nos alimentos devem ser minimizados, para que seja mantida a qualidade do produto por exemplo, prevenindo o cozimento parcial e/ou o aumento do crescimento microbiano.

Embora nas primeiras tentativas tenha ocorrido a formação de pontos quentes e um elevado consumo de energia, depois compreendeu-se a interacção entre as ondas sonoras e os produtos alimentares e que a absorção de energia ultra-som depende de factores como o relaxamento termo-elástico dos cristais de gelo nos alimentos, a orientação e o tamanho destes, as impurezas presentes no gelo e a temperatura.

A eficiência do descongelamento acústico ou ultra-som baseia-se na selecção de uma frequência e intensidade apropriadas para descongelar os alimentos de forma eficiente sem aquecimento excessivo perto da superfície. A aplicação directa do ultra-som na carne, provocando aquecimento excessivo perto da superfície, torna-se um problema em intensidades elevadas (1-3 W/cm^2) e numa gama de frequências (220 kHz a 3,3 MHz), sendo que a cavitação causa problemas em frequências mais baixas.

Desta forma, algumas técnicas de descongelamento rápido podem causar um aquecimento excessivo na superfície do produto, resultando na perda de qualidade deste. No entanto, o descongelamento acústico combinado com um banho de água permite uma temperatura da superfície igual ao descongelamento apenas por banho de água.

Cozimento

Vários processos de cozimento a ultra-som foram desenvolvidos para produtos à base de carne, aproveitando o aumento da temperatura devido à absorção da energia ultra-som; e há processos semelhantes para serem utilizados noutros alimentos.

O cozimento com ultra-som permite reduzir o tempo de cozimento e o consumo de energia, e obtém um rendimento mais elevado do que cozinhando por convecção. No entanto, tem como desvantagem o empobrecimento do sabor. Os sabores formados durante o cozimento de carnes a calor seco (por exemplo, assar e grelhar) são uma parte importante das características sensoriais, com diferentes perfis voláteis formados durante o cozimento húmido (por exemplo, fervendo e microondas).

Além do uso do ultra-som isoladamente para cozinhar alimentos, o cozimento a ultra-som auxiliado por um banho de água também é eficaz, devido à maior transferência de calor produzida pelo aumento do coeficiente de ultra-som e agitação do líquido, ajudando a garantir uma temperatura uniforme por todo o meio do cozimento.

Processamento das Proteínas dos Alimentos

Os mecanismos de ultra-som utilizados no processamento de alimentos que contenham proteínas, tais como o aquecimento localizado, a formação de micro-jactos, o alto cisalhamento, a agitação de líquidos, a lise da cadeia polimérica e a formação de radicais livres, podem provocar efeitos desejáveis ou indesejáveis no produto final, dependendo da sua composição.

Assim, cada processo deve ser desenvolvido para maximizar ou minimizar o efeito do ultra-som sobre as proteínas presentes, de forma a produzir a desnaturação de proteínas responsáveis por texturas indesejáveis e mudanças de cor e sabor, ou a evitar a perda da actividade das enzimas extraídas e purificadas a partir de células, por exemplo.

Inactivação Enzimática

O uso de ultra-som aumenta a eficácia da inactivação térmica de enzimas derivadas de diferentes organismos, como por exemplo:

- Plantas: lipoxigenase de Soja; peroxidase de Rábano e de Agrião; polifenol oxidase de Cogumelos; pectinametilesterase de Laranja e de Tomate.

- Tecidos animais: malato desidrogenase do coração de Suínos; L-láctico-desidrogenase do músculo de Coelho; fosfatase alcalina da mucosa intestinal bovina; fosfolipase A2 do pâncreas de suínos; α-quimotripsina do pâncreas bovino.

- Microrganismos: lipase e protease de Pseudomonas fluorescens; álcool desidrogenase e glicose-6-fosfato desidrogenase do fermento de padaria; β-galactosidase de Escherichia coli.

A estabilidade do ultra-som de proteínas individuais varia entre enzimas e também depende da composição e do pH do meio de tratamento de ultra-som, e se as proteínas estão vinculadas (ligação da membrana das proteínas), ou livres (proteínas citoplasmáticas). Também são vários os factores que aumentam a inactivação

enzimática, como o aumento da potência do ultra-som, a sua frequência, o tempo de exposição, a intensidade da cavitação e a temperatura e pressão do processo, mas o aumento do volume a ser tratado reduz essa inactivação. Assim, a combinação dos tratamentos térmico e de ultra-som produz um efeito significativamente maior na inactivação de enzimas, como é comprovado pelas lipase e protease da Pseudomonas fluorescens que submetidas à combinação (110 °C-140 °C, 20 kHz, 117 μm, 350 kPa) sofrem uma redução no valor D de cerca de 58% e de 42%, respectivamente, em comparação ao tratamento térmico por si só. Portanto, o valor D tende a diminuir com o aumento da temperatura do tratamento, tornando-se mais eficaz quando combinado com o ultra-som. É o caso também do leite, na inactivação das enzimas (fosfatase alcalina, γ-Glutamil transpeptidase e lactoperoxidase) e das proteínas (α-Lactoalbumina e β-Lactoglobulina).

Quanto à composição do meio de tratamento, a adição de sais de cálcio ou de soro protéico hidrolisado pode alterar significativamente a taxa de desnaturação de enzimas, verificando-se um aumento acentuado relativamente à solução de α-Quimotripsina, com cálcio; no entanto, registou-se pouca diferença na inactivação da tripsina, nas soluções com ou sem adição de cálcio.

Alterações na proteína

As alterações produzidas por ultra-som na matéria-prima também afectam as características dos produtos fabricados a partir dessa, devido a mudanças na conformação da proteína. É o caso de iogurtes fabricados a partir de leite processado com ultra-som (40 °C, 20 kHz, 2 kg/cm^2, 12 s de exposição ultra-som) que apresentaram uma textura diferente, com uma força de compressão mais elevada e uma maior viscosidade. Num tratamento de leite com ultra-som (15 °C-20 °C, 20 kHz, 6 min de exposição ultra-som), antes de se adicionar uma cultura starter ao iogurte, a fermentação efectua-se mais lentamente que quando as amostras são tratadas durante a fermentação, resultado da rápida hidrólise da lactose, através da libertação de β-galactosidase de células bacterianas, causada pelo ultra-som.

Os tratamentos de ultra-som podem também resultar num aumento da viscosidade do iogurte e da capacidade de retenção de água, e ainda, na despolimerização do colagénio.

Ultra-som como auxílio no Processamento

O uso do ultra-som aumenta a eficiência dos processos enzimáticos em alimentos, incluindo o reforço da esterificação da glicose, a hidrólise do azeite e a proteólise da caseína por α-quimotripsina, a taxa de hidrólise catalisada da sacarose invertida, a hidrólise α-amilase e glicoamilase do amido, e a hidrólise α-amilase do glicogénio.

Os níveis de energia ultra-som estabelecem um equilíbrio entre as taxas de reforço da actividade enzimática, garantindo assim, a actividade da enzima durante um período de tempo prolongado. Relativamente à hidrólise da lactose no leite por fermentação das bactérias Lactobacillus bulgaricus, o ultra-som aumenta a taxa e a extensão da hidrólise da lactose, facultando também níveis significativamente mais elevados de glicose residual no leite. E quando a lactose é hidrolisada dentro da célula, a glicose produzida é consumida pelas bactérias.

Homogeneização e emulsificação

Homogeneização ou emulsificação são operações unitárias importantes para as indústrias de alimentos. A homogeneização é um termo usado quando o tamanho de um sistema de dispersão não-uniforme é reduzido a uma dimensão pretendida e ocorre a distribuição uniformemente no produto. No produto homogeneizado, como é o caso do leite, a distribuição do tamanho das partículas da fase dispersa é estreita. No processo de emulsificação, dois componentes imiscíveis, como o óleo em água, são misturados e distribuídos uniformemente. Os equipamentos utilizados para homogeneizar ou emulsionar o produto são homogeneizadores de alta pressão e moinhos coloidais. Os homogeneizadores de ultra-pressão (pode ir até 5000 bar) e os micro-fluidizadores são técnicas recentes para preparação de emulsões sub-mícron.

Também o ultra-som permite a mistura de dois líquidos imiscíveis e tem várias utilidades, como nas indústrias de produtos farmacêuticos e químicos. A emulsificação ultra-som é conduzida principalmente por cavitação, onde as bolhas rebentam na

interface das duas fases imiscíveis, contínua e dispersa. Uma maneira simples de produzir uma emulsão por ultra-som é por imersão de um sonotrodo tanto para a mistura de todos os componentes como para a fase contínua. Como a intensidade do ultra-som num líquido diminui rapidamente com a distância ao sonotrodo, torna-se difícil processar volumes maiores e em grande escala. No caso de fabricação de sumos de frutas, ketchup e maionese, é utilizado o apito reactor de ultra-som, pois produz muito mais rendimento (até 12.000 L/h) que o sonotrodo. O tratamento de ultra-som é um método eficaz para homogeneizar os glóbulos de gordura presente no leite, bem como melhorar a viscosidade e ainda reduzir a sinérese em iogurtes; e também na produção de micro-emulsão de óleo essencial (limoneno), para fins de encapsulamento por spray de secagem, sendo que o tamanho de partícula e distribuição ocorre em função do período de ultra-som.

Apesar da facilidade de operação, controlo e limpeza, na emulsão por ultra-som há contaminação do produto pelas ligas de metal, que são utilizadas nos sonotrodos. Esta contaminação pode resultar na oxidação do produto e no desenvolvimento de off-flavor. Relativamente ao sonotrodo, há a necessidade deste emitir ondas ultra-som através de outros materiais, como revestimento duplo preenchido com água pressurizada, num fluxo contínuo de células sem que haja contacto directo com o produto.

Tenderização da carne

No consumo de carne cozida é avaliada a maciez da carne, que pode ser influenciada pelas características do animal (por exemplo, a genética, a idade do animal, e a função muscular), a manipulação do animal antes da matança (por exemplo, o stress e o glicogénio muscular) ou a manipulação da carcaça após o abate (por exemplo, a taxa de refrigeração, a estimulação eléctrica, e a técnica de suspensão da carcaça). Além disso, existem inúmeras técnicas disponíveis para amaciar a carne, incluindo muitas abordagens convencionais (por exemplo, o tratamento com proteases, a injecção de soluções de sais, o tratamento mecânico e técnica de cozimento), e algumas técnicas emergentes, como o hydrodyne (ondas de choque), a ultra pressão e a injecção de sais de cálcio.

O ultra-som também é eficaz na tenderização de carne e pode ser aplicado sem causar mudanças na sua aparência. O uso do ultra-som de alta-frequência (2,4 MHz) para tratar a carne pré-rigor inicialmente aumentou a firmeza (força de compressão) de carne crua em comparação com a carne não tratada ou carne post rigor tratada por ultra-som. Quanto ao tempo de envelhecimento da carne não ocorrem diferenças significativas. O tratamento de ultra-som pode ou não causar perturbações significativas na microestrutura da carne, dependendo do animal em questão, e mais danos miofibrilares nos produtos cárneos curados. Na carne bovina houve uma maior quebra dos sarcómeros e o rompimento miofibrilar ao cozinhar com ultra-som do que por convecção. Mas o resultado dos diferentes métodos de cozimento pode diferir consoante o tipo de carne e as suas características. Isto deve-se à maior concentração de colagénio e a diferenças na distribuição do tecido conjuntivo. A carne tratada com ultra-som de alta frequência tinha inicialmente mais sarcómeros do que a carne não tratada, embora não houvesse diferença na fragmentação miofibrilar, após 6 dias de idade. Também não houve diferenças na microestrutura entre as amostras post rigor tratadas por ultra-som e as não tratadas.

Além da ruptura física, o ultra-som pode aumentar a maciez da carne, durante o envelhecimento, através do aumento da proteólise por libertação de catepsina (protease muscular). O tratamento de ultra-som das fibras musculares pode activar a

proteólise, registando-se o aparecimento de bandas por um analisador SDS-PAGE, como é o caso da banda de 30 kDa (marcador da proteólise em carne de idade). Podem ainda, ocorrer danos nas paredes e membranas celulares e perturbação física das proteínas através da pulsação de bolha, cavitação, formação de radicais livres, incluindo a fragmentação do colagénio. A carne cozida por ultra-som apresenta um menor conteúdo total e solúvel de colagénio que o da carne cozinhada por convecção, embora na carne crua, o tratamento de ultra-som não tenha nenhum efeito sobre o conteúdo total e solúvel de colagénio ou colagénio insolúvel.

Bibliografia

Livro:

- ✓ P.J. Torley and Bhesh R. Bhandari;*Ultrasound in Food Processing and Preservation*

Links:

- ✓ http://pt.wikipedia.org/wiki/Microfiltra%C3%A7%C3%A3o

- ✓ http://www.abilityultrasonica.com.br/ultrasom2.htm

- ✓ http://www.rehagro.com.br/siterehagro/printpublicacao.do?cdnoticia=535