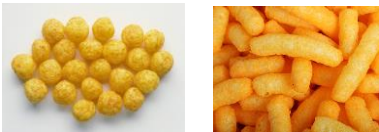


O PROCESSO DE EXTRUSÃO E OS FATORES QUE INTERFEREM NA QUALIDADE DE EXTRUSADOS EXPANDIDOS

por Nathan Levien Vanier, Moacir Cardoso Elias e José Berrios

A extrusão é uma operação rápida, versátil, moderna, que utiliza altas temperaturas para converter matérias primas agrícolas em produtos cozidos, com baixa umidade e estáveis ao armazenamento.

O processo reduz a presença de microrganismos nos alimentos, inativa enzimas e minimiza perdas de nutrientes e sabores dos alimentos durante a pós-colheita. Devido a flexibilidade do processo, a extrusão é amplamente utilizada na produção de cereais matinais e rações, e em indústrias de produtos não alimentares.



Extrusados expandidos: o formato do produto varia de acordo a configuração da barra de corte e com as demais condições de processamento.

As farinhas submetidas ao processo de extrusão, tanto em extrusoras de rosca simples como em extrusoras dupla-rosca, passam por três fases principais: (1) alimentação e mistura; (2) cocção e transição; e (3) alta pressão. A rosca dupla apresenta a vantagem de propiciar menor cisalhamento do que a rosca simples.

Na primeira fase, de alimentação e mistura, a farinha é continuamente transportada de um recipiente armazenador para a extrusora. A distribuição precisa de material é feita por uma balança reguladora de fluxo, com rosca condutora associada, operando em velocidade que atenda o fluxo de material programado.

O material é, então, conduzido pela(s) rosca(s) da extrusora, em alta velocidade, até a zona de cocção. Água, óleo ou outro fluido pode ser injetado por um compartimento da extrusora para hidratar a mistura antes de atingir a zona de cocção.

Na segunda fase, de cocção, a mistura é aquecida pelo calor proveniente do corpo da extrusora (temperatura programada para operação) e pelo calor da gerado pela própria rosca em funcionamento. Nesta fase ocorre uma série de fenômenos simultâneos, tais como a gelatinização de amido, a desnaturação de proteínas, a modificação de lipídeos, o desenvolvimento da reação de Maillard, a degradação de vitaminas e pigmentos, e a inativação de enzimas, microrganismos e fatores antinutricionais. A desnaturação que pode ocorrer durante a extrusão causa o rompimento de pontes de hidrogênio e ligações dissulfídicas responsáveis pelas estruturas secundárias e terciárias das proteínas.

Na terceira fase, denominada de fase de alta pressão, o material gelatinizado é expelido por um orifício de saída ao final do corpo da extrusora, onde o formato do material dependerá da geometria do orifício de saída.

A restrição do fluxo do material ao entrar na zona de expansão promove o aumento da pressão. Ao sair do corpo da extrusora e atingir a pressão atmosférica, o material expande, justamente pelo alívio de pressão.

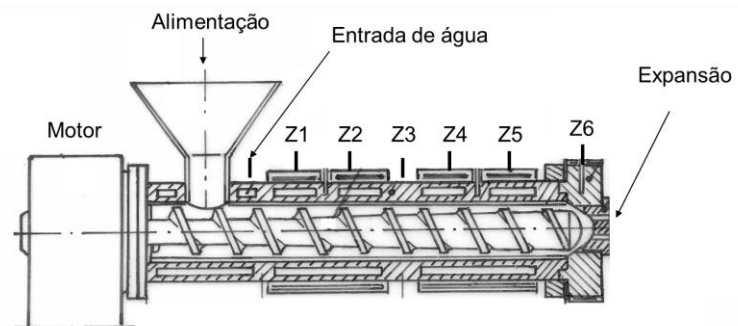
A expansão é comumente dividida em 5 etapas: (1) alterações no amido; (2) formação de bolhas; (3) inchamento do extrusado; (4) crescimento das bolhas; e (5) colapso das bolhas.

Durante o processo de expansão, as propriedades reológicas do material gelatinizado desempenham papel fundamental nas características finais do extrusado expandido.

As propriedades reológicas, por sua vez, dependem da composição da farinha e das condições utilizadas na extrusão (taxa de alimentação, umidade da farinha, velocidade da rosca e temperatura).

Os principais alimentos utilizados como matérias-primas para produtos extrusados são cereais, amidos e/ou vegetais. Estes ingredientes são os mais utilizados por darem estrutura e textura desejáveis aos produtos extrusados expandidos.

Mesmo sendo uma tecnologia desenvolvida há algumas décadas e que muitos estudos tenham sido realizados sobre efeitos das condições de processamento sobre a qualidade dos extrusados, ainda há muito a se entender sobre as variáveis do processo, as interações entre os ingredientes usados nas formulações e os efeitos das modificações nas matérias-primas sobre propriedades tecnológicas dos produtos finais.



(1) Alimentação e mistura (2) Cocção e transição (3) Alta pressão

Representação dos componentes básicos de uma extrusora e das três fases principais do processo.

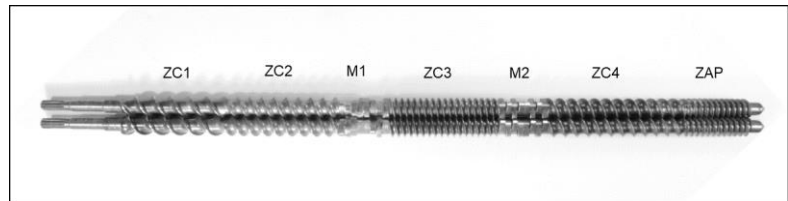
As principais propriedades tecnológicas avaliadas em extrusados expandidos são o índice de expansão, a densidade e a textura. Estas propriedades dependem de uma série de variáveis do processo de extrusão, que incluem as características da farinha utilizada, a temperatura, a pressão, a velocidade da rosca, o grau de umidade da farinha, a taxa de alimentação da extrusora, a energia produzida, a configuração da rosca, entre outras.

Em geral, extrusados preparados com maior umidade de farinha apresentam menor índice de expansão, maior densidade e maior dureza. A água exerce efeito plastificante, deixando a matriz menos elástica e mais densa.

Altas temperaturas e taxas de alimentação adequadas aumentam a viscosidade da matriz (farinha/amido), favorecendo o crescimento de bolhas no processo de expansão. Logo, o produto final terá menor densidade e menor dureza. Produtos extrusados expandidos com estas características tendem a apresentar boa aceitabilidade sensorial.

RELATOS DE PESQUISA

Pesquisadores da Universidade de Manitoba, Canadá, adicionaram diferentes proporções (15, 30 e 45%) de farinha de feijão branco e de feijão vermelho em amido de milho, e extrusaram o material em extrusora dupla-rosca de 19 mm, com taxa de alimentação de 1,8 kg.h⁻¹, umidade da farinha de 22%, velocidade de rosca de 150 rpm e temperatura máxima de 160°C. Houve redução no índice de expansão à medida que aumentou a proporção de farinha de feijão adicionada ao amido de milho.



Dupla-rosca com 4 zonas de cocção (ZC), 2 misturadores (M) e uma zona de alta pressão (ZAP).

Na Universidade Metropolitana de Manchester, pesquisadores avaliaram efeitos da taxa de alimentação (20-32 kg.h⁻¹), da velocidade de rosca (180-320 rpm), da umidade da farinha (20-32%) e da temperatura de extrusão (100-140°C) sobre propriedades tecnológicas de extrusados expandidos à base de farinha de arroz. Os autores utilizaram extrusora dupla-rosca de 37 mm de diâmetro. Umidade da farinha e temperaturas de extrusão mais baixas propiciaram extrusados expandidos com menor densidade, maior índice de expansão e menor dureza.

Pesquisadores da Universidade Nacional de Atenas, Grécia, verificaram o aumento da densidade de extrusados preparados com farinha mista de milho e lentilha com o aumento da taxa de alimentação e da umidade da farinha, e com a diminuição da temperatura de extrusão.

A expansão apresentou comportamento contrário à densidade. Os autores utilizaram extrusora dupla-rosca de 16 mm, com velocidade de rosca fixa de 200 rpm, taxa de alimentação entre 2,52 e 6,84 kg.h⁻¹, umidade entre 13 e 19%, e temperatura entre 170 e 230°C.



Extrusados expandidos de farinha de milho com 6% de farelo de trigo.

Extrusados preparados com amido de diferentes teores de amilose foram obtidos em trabalho de pesquisa realizado pela equipe do Labgrãos, em trabalho conjunto com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. Teores de amilose próximos a 20-25% foram identificados como os melhores para propiciar boa expansão.

Em outro trabalho, farinhas de arroz e de feijão foram utilizadas em formulação para o processo de extrusão, utilizando uma extrusora dupla-rosca a 500 rpm, com temperaturas máximas de 100 ou 140°C e umidade de formulação de 18 ou 22%. A umidade mais baixa, de 18%, e a maior temperatura, de 140°C, favorecem a expansão, a textura e a aceitação sensorial dos extrusados.



Extrusora modelo industrial.



Prof. Dr. Nathan L. Vanier
Labgrãos-DCTA-FAEM-UFPel
nathanvanier@hotmail.com



Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias
Labgrãos-DCTA-FAEM-UFPel
eliasmc@uol.com.br



Dr. José Berrios
Agricultural Research Service
United States Department of Agriculture
jose.berrios@ars.usda.gov