

ASPECTOS DA TECNOLOGIA DE EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA EM ALIMENTOS SOBRE A SAÚDE DO CONSUMIDOR

ASPECTS OF THERMOPLASTIC EXTRUSION TECHNOLOGY IN FOOD ON CONSUMER HEALTH

ASPECTOS DE LA TECNOLOGÍA DE EXTRUSIÓN TERMOPLÁSTICA EN ALIMENTOS SOBRE LA SALUD DE LOS CONSUMIDORES

Elisabete Coentrão Marques¹, Renata Coentrão Marques²,
Stella Regina Reis da Costa³

RESUMO

A introdução de novos equipamentos na área de alimentos tem proporcionado mudanças favoráveis quanto a digestibilidade, alterações na textura facilitando mastigação, permitindo que determinados alimentos possam ser ingeridos por diferentes faixas etárias. Este artigo teve como objetivo identificar a extrusão termoplástica como tecnologia promissora na indústria de alimentos com fluxo de processamento, vantagens, desvantagens e indicações de uso. Observou-se que a extrusão termoplástica consegue melhorar a biodisponibilidade do alimento e as suas características sensoriais, aumenta o

tempo de prateleira e amplia a existência de produtos à disposição do consumidor no mercado. Mais estudos principalmente sobre a produção da acrilamida precisam ser efetuados. Concluiu-se que a extrusão termoplástica consegue criar novas linhas de produção com variedades de alimentos para a população, interferindo positivamente sobre a alimentação coletiva e adaptados para o desejo do cliente.

Descritores: Extrusão; Indústria de Processamento de Alimentos; Nutrientes

ABSTRACT

The introduction of new equipment in the food area has provided favorable changes as digestibility, changes in texture facilitating chewing, allowing certain foods can be ingested by different age groups. The objective of this paper was to identify the thermoplastic extrusion as a promising technology in food industry with processing flow, advantages,

¹ Nutricionista (UFF) e Administradora (UNESA); Especialista em Administração de Serviços de Alimentação (UFRRJ) e Vigilância Sanitária (UNIPLD); Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos (UFRRJ); Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos (UFRRJ). E-mail: ecoentrao@ig.com.br

² Psicóloga (UFF) e Licenciada em Letras (UNESA); Psicóloga do Centro Juvenil de Orientação e Pesquisa (CEJOP); Especialista em Desenvolvimento Infantil (IHA) e Psicossomática e Cuidados Transdisciplinares com o Corpo (UFF). E-mail: rcoentrao@ig.com.br

³ Engenheira Química (UFRJ); Doutora em Engenharia Química (UFRJ); Docente da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). E-mail: stellare@ig.com.br

disadvantages and indications for use. Observed that the thermoplastic extrusion can improve the bio-availability of food and its sensory characteristics, increases the shelf-life and extends the existence of products to the consumer market. More studies mainly on acrylamide production need to be made. Concluded that the thermoplastic extrusion can create new production lines with varieties of food for the population, positively interfering with the collective feeding and adapted to the customer's desire.

Descriptors: Extrusion; Food Processing Industry; Nutrients

RESUMEN

La introducción de nuevos equipos en el área de alimentos ha proporcionado cambios favorables para la digestibilidad, cambios en la textura para fácil masticación, permitiendo que ciertos alimentos pueden ser ingeridos por los diferentes grupos de edad. Este artículo tenido como objetivo identificar la extrusión termoplástica como una prometedora tecnología en la industria alimentaria con el flujo de procesamiento, las ventajas, desventajas y indicaciones para su uso. Se observó que la extrusión termoplástica puede mejorar la bio-disponibilidad de alimento y sus características

sensoriales, aumenta la vida útil y se extiende la existencia de productos para el mercado de consumo. Más estudios principalmente en la producción de acrilamida deben hacerse. Se concluyó que la extrusión termoplástica puede crear nuevas líneas de producción con variedades de alimentos para la población, lo que interfiere positivamente con la alimentación colectiva y adaptado al deseo del cliente.

Drescriptores: Extrusion; Industria de Procesamiento de Alimentos; Nutrientes

INTRODUÇÃO

O estudo do comportamento alimentar é importante para o sucesso de intervenções nutricionais, sociais, psicológicas e promoção de práticas alimentares saudáveis^(1,2).

A alimentação pode ser analisada sob várias perspectivas que se complementam: econômica (oferta e demanda, abastecimento, preços e renda familiar), nutricional (constituintes dos alimentos, carências e relação das dietas com as patologias), social (organização do trabalho, a diferenciação do consumo, os ritmos e estilos de vida), cultural (hábitos, tradições culinárias, representações, preferências, ritos e tabus), entre outros^(3,4).

O Brasil mudou substancialmente nos últimos cinquenta anos devido a internacionalização dos produtos e/ou serviços, processos históricos e culturais próprios^(5,6). Neste contexto encontra-se a indústria de alimentos com novos processos gerando produtos com menos aditivos (corantes e aromatizantes), conservantes, açúcar, gordura e sal, incremento de vitaminas e minerais, orgânicos e melhor valor nutricional⁽⁶⁾.

O objetivo das indústrias de alimentos é aumentar o tempo de prateleira por meio de técnicas de conservação que inibam mudanças microbiológicas e bioquímicas, aumentar a variedade da dieta fornecendo maior variedade de sabores, aromas e texturas atrativas aos alimentos e fornecer os nutrientes necessários para a saúde. Todo processamento de alimentos envolve uma combinação de procedimentos para atingir as modificações desejadas nas matérias-primas⁽⁷⁾. Dentre os avanços atuais têm-se a tecnologia de extrusão termoplástica.

A extrusão termoplástica é uma tecnologia que se originou na indústria de plásticos, posteriormente deu forma a macarrões e cereais pré-cozidos e para cozimento de *snacks*^(8,9). Ela consiste em um tratamento térmico a uma

temperatura elevada durante curto tempo (*High Temperature Short Time - HTST*)⁽⁸⁾.

O princípio básico deste processo é converter um material sólido em fluido pela aplicação de calor e trabalho mecânico e comprimí-lo através de uma matriz⁽¹⁰⁾.

A extrusão termoplástica amplia a variedade de produtos alimentícios disponíveis no mercado atingindo várias faixas etárias, viabiliza a utilização de várias misturas de diferentes matérias-primas ricas em proteínas e amido, melhorando a digestibilidade e textura dos alimentos e prolonga a vida de prateleira. É um mecanismo que elimina micro-organismos e inativa complexos enzimáticos e componentes anti-nutricionais⁽¹¹⁻¹⁴⁾.

A extrusão possui muitas vantagens, pois permite maior facilidade na produção de misturas alimentícias como alimentos infantis, proteínas vegetais texturizadas, bebidas em pó instantâneas, amido modificado para uso industrial, torradas, cereais pré-cozidos, *snacks*, farinhas instantâneas e amido pré-gelatinizado utilizado na formulação de sopas de preparo rápido, molhos semi-processados, produtos de confeitaria, caramelos, confeitos de amendoim,

gomas de frutas, goma de mascar, surimi, caseinatos, entre outros^(7,15-17).

Na extrusão termoplástica podem ser utilizadas farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz com casca de jabuticaba, farinhas instantâneas a base de amaranto e quirera de arroz, macarrão pré-cozido a base de quinoa integral e arroz, farinha pré-cozida de milho e soja, farinhas instantâneas elaboradas a base de milho, caseína e extrato de leveduras e mingaus de arroz com casca de soja⁽¹⁸⁻²⁴⁾. Assim, variações nas condições de operação de extrusão permitem a produção de extrusados com várias características⁽²⁵⁻²⁶⁾.

O baixo teor de umidade, alta taxa de cisalhamento e alta temperatura geram modificações nas propriedades físico-químicas do alimento com mecanismos de gelatinização e dextrinização do amido⁽²⁷⁻²⁸⁾.

Algumas desvantagens e desafios futuros como a produção de acrilamida também estão nos estudos de aperfeiçoamento da tecnologia de extrusão termoplástica, mas que já é objeto de pesquisa em processos de tratamento térmico.

Este trabalho tem como objetivo apresentar a extrusão termoplástica como tecnologia promissora na indústria de alimentos com fluxo de

processamento, vantagens, desvantagens e indicações de uso, ampliando a diversificação no desenvolvimento de novos produtos na área de pesquisa e desenvolvimento industrial.

MÉTODOS

Esta pesquisa teve caráter exploratório, por proporcionar maior familiaridade com o problema, visando torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses, e qualitativo, por não se preocupar com representatividade numérica, mas com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, de um processo, etc, buscando explicar o porquê das coisas, exprimindo o que convém ser feito⁽²⁹⁾ pela interpretação do processo de extrusão termoplástica em alimentos como tecnologia inovadora no setor alimentício⁽³⁰⁻³¹⁾.

Com relação à técnica utilizada para a coleta de dados, a pesquisa foi do tipo bibliográfica procurando referências teóricas publicadas com o objetivo de recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta, utilizando-se livros, artigos originais e de revisão⁽²⁹⁾, tomando como base para o levantamento teórico textos

nos idiomas português e inglês, pesquisados por meio dos descritores extrusão termoplástica, tecnologia do amido, ciência de alimentos, vigilância sanitária e saúde pública, em

repositórios científicos (SciELO, Medline, Lilacs, Google acadêmico, entre outros). O material utilizado foi composto, entre outros, por 23 artigos apresentados no Quadro 1.

QUADRO 1 - Listagem dos artigos utilizados na produção do artigo, quantidade e seus assuntos

Revista	Quantidade de periódicos	Assunto
Ciência e Saúde Coletiva, Trends Psychiatry, Psychother, Saúde Pública, Varia Hist e Cadernos de Saúde Pública	6	Enfocam a evolução de conceitos em alimentação coletiva e a geração de novos processos produtivos nas indústrias de alimentos
Boletim do CEPPA, Plant Food for Human Nutrition, Food Quality and Preference, Braz. J. Food Technol., Ciência e Tecnologia de Alimentos, Cereal Chemistry, Journal of Animal Production Advances, Journal of Food Engineering, Food Research International, Processos Químicos, Agrociência e Food Hydrocolloids	17	Versam sobre o processo da extrusão termoplástica (características, vantagens, desvantagens e pesquisas atuais)

Os esforços foram concentrados nas publicações dos últimos dez anos (2005-2015), mas diversos outros trabalhos publicados anteriormente também foram avaliados devido ao longo das últimas três décadas terem sido realizados estudos acerca do conceito, orientados por diferentes correntes de pesquisas, permitindo explorar modos diversos de

compreender e abordar o tema para aprofundar a reflexão sobre o assunto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

a) Processamento dos alimentos por extrusão termoplástica

O processo de extrusão inclui a preparação dos ingredientes e sua mistura em proporção adequada,

combinando várias operações unitárias como mistura, cozimento, amassamento, cisalhamento, formação e moldagem. O material é transportado para ser acondicionado a um teor adequado de umidade com baixa atividade de água do produto (0,1 a 0,4)^(7, 32-33).

O equipamento é um trocador de calor com cilindro e roscas e ao mesmo tempo um reator químico em condições de alta temperatura (até 250°C), alta pressão (até 25MPa) e com um tempo de residência curto (1 a 2 minutos). Desnatura proteínas com a abertura das estruturas terciárias e quaternárias resultando na quebra e rearranjo das pontes de hidrogênio e dissulfetos, permitindo a plastificação e a formação

de texturas desejáveis^(10,34-36). Promove a gelatinização do amido, criando subprodutos⁽¹⁰⁾.

Os extrusores de rosca única consistem em uma rosca cilíndrica que gira em um canhão cilíndrico ranhurado. A velocidade da rosca afeta o tempo de residência do produto, a quantidade de calor friccional gerado, as taxas de transferência de calor e a força de cisalhamento aplicada sobre o produto. Costumam ter velocidades de 150 a 600 rpm. Os extrusores precisam estar completamente cheios para operar efetivamente⁽⁷⁾. As características da força de cisalhamento em extrusores de rosca única são apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 2 Tipos de força e cisalhamento em extrusores de rosca única e suas características

Tipos de força de cisalhamento	Características
Alta	Altas velocidades e pequeno espaço entre a rosca e o canhão criam altas pressões e temperaturas, necessárias para produzir cereais matinais e salgadinhos expandidos
Média	Para massa de empanados e proteína texturizada
Baixa	Grande espaço entre rosca e canhão e baixas velocidades criam baixas pressões para modelagem de massa, produtos cárneos e gomas

Fonte: adaptado de Fellows, 2008

Os extrusores de rosca dupla giram em uma concavidade na forma de

um "8" no interior do canhão. As roscas duplas entrelaçadas em co-rotação

podem ser ajustadas de forma que um maior espaçamento inicial conduza o material até a seção de cozimento, seguidos de uma zona de menor espaçamento para comprimir a massa antes da extrusão através da trefila intercambiável. A produção é independente da taxa de alimentação e flutuações na taxa de produção podem ser acomodadas pela ação de deslocamento positivo das roscas. O deslocamento positivo produz maiores taxas e melhor controle da transferência

de calor. Podem trabalhar com materiais oleosos, pegajosos ou muito úmidos⁽¹⁴⁾.

A matéria-prima é introduzida no equipamento e impulsionada pelos parafusos em direção à matriz. Ocorre aumento gradativo do atrito mecânico provocado por modificações de geometria do parafuso e de abertura da matriz, aumento da temperatura e da pressão com cozimento do produto. Após a extrusão é feita a secagem dos extrusados^(10,37-40). Portanto, a ordem do processo é (Figura 1):

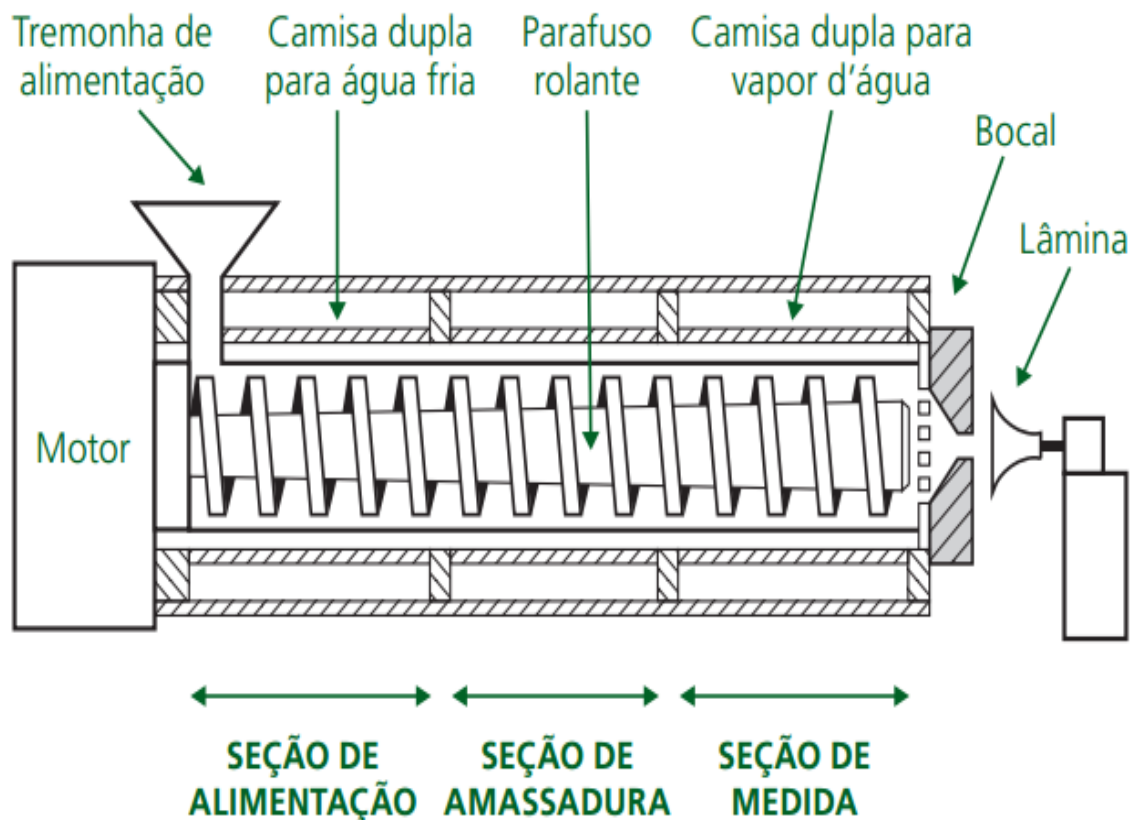


FIGURA 1 - Esquema de um extrusor de rosca única

Fonte: Oliveira&Andrade, 2012, p.123

1. A matéria-prima é pesada e encaminhada ao umidificador para chegar ao teor de umidade fazendo-se antecipadamente um delineamento experimental para se conhecer as condições de processamento referentes a umidade, temperatura e rotação/minuto desejados;
2. A matéria-prima é encaminhada até o extrusor por meio de roscas dosadoras. A alimentação deve ser contínua e a vazão uniforme. A velocidade do transporte e a vazão são determinadas pelo tipo e geometria do material, dimensões e configuração das roscas extrusoras, dimensão do cilindro extrusor, velocidade rotacional do eixo extrusor e tipo e desenho da matriz ou trefila;
3. Ocorre a mistura dos ingredientes em função do fluxo e cisalhamento produzido no interior do cilindro. Esta mistura contribui para uma adequada fusão e plasticidade do material. A intensidade do cisalhamento depende do tipo de fluxo, geometria e configuração das roscas, do cilindro, do espaço entre eles e da velocidade rotacional das roscas;
4. O calor decorrente do atrito provocado pelo cisalhamento e

deslocamento do alimento é suficiente para cozinhar e até fundir o material, sendo, às vezes, necessário a refrigeração do equipamento. A transferência de calor ocorre do material para o equipamento e vice-versa;

5. A pressão advém do transporte, geometria, configuração das roscas e do cilindro extrusor, vazão de alimentação e restrição apresentada pela matriz e é responsável pela evaporação *flash* e expansão do material;

6. O desenho e tipo de matriz dão a forma ao produto e a expansão e a velocidade de corte dão a configuração e tamanho dele;

7. Após a extrusão há a secagem dos extrusados para umidade inferior a 10%, o resfriamento e, em alguns casos, a aplicação de sabores e temperos. Os produtos são secos para reduzir a umidade e aumentar a validade.

Um exemplo de processamento com uso de extrusão termoplástica na indústria de alimentos é a produção de cereal matinal conforme Figura 2.

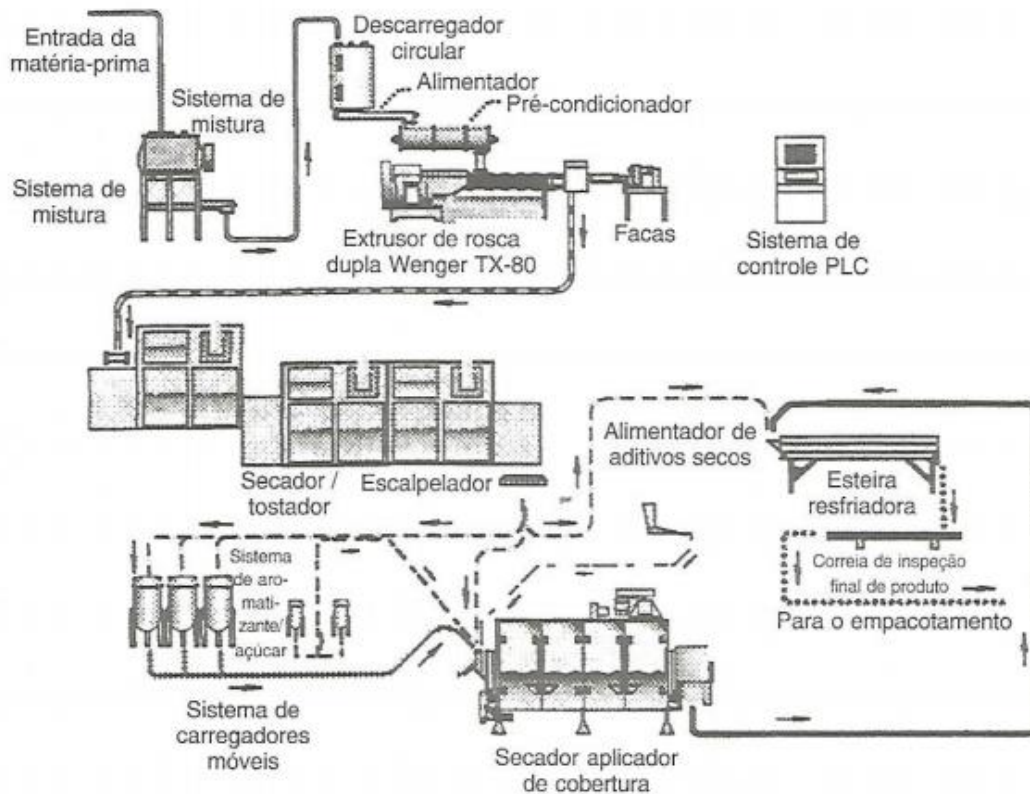


FIGURA 2 - Exemplo de produção de cereal matinal

Fonte: Fellows, 2008, p.317

Um estudo realizado com feijão carioca e milho verificou que o maior percentual de retenção de partículas foi de 853 μ m, sendo que o milho manteve maior homogeneidade quanto ao tamanho de partículas. Esta uniformidade permite que sejam adequadas e igualmente cozidas, prevenindo dureza ou cozimento parcial, melhorando a aparência e o sabor do produto final⁸. O mesmo foi observado em outro estudo sobre a mistura de farinha integral de quinoa e farinha de arroz polido que devido a homogeneidade no tamanho das

partículas tiveram cozimento adequado e uniforme⁽²¹⁾.

Com relação ao índice de expansão radial, um estudo com farelo de maracujá observou que quanto maior a quantidade de água melhor a viscosidade de misturas com materiais amiláceos, diminuindo a dissipação da energia mecânica no extrusor, comprimindo o crescimento de bolhas e elaborando produtos mais densos. Os produtos extrusados apresentaram valores de dureza entre 9,36 e 25,73N, provavelmente devido a heterogeneidade do farelo de maracujá (superfície irregular e estrutura porosa).

Ao aumentar a umidade, a dureza dos produtos extrusados aumentou significativamente⁽¹⁵⁾.

Em farinha pré-cozida de milho-soja notou-se que os valores de absorção de água aumentavam quando elevava-se a temperatura do barril devido a capacidade de entumescimento dos grânulos de amido. O aumento da temperatura permite a desnaturação e solubilidade da proteína, com hidrólise e reação de Maillard⁽²²⁾.

Ao se estudar a extrusão de misturas de castanha do Brasil com mandioca observou-se que experimentos com menores teores de castanha e maiores de farinha de mandioca apresentavam-se mais expandidos e de cor clara. Formulações com alto teor de proteína resultam em massas mais viscosas, precisando de maior energia mecânica e maior pressão na matriz⁽¹⁶⁾.

Observou-se na obtenção de misturas de farinhas de arroz e bagaço de jabuticaba que a viscosidade de suspensões da farinha de bagaço da jabuticaba era instável em taxa de cisalhamento em temperatura ambiente, provavelmente pelo alto teor de fibras insolúveis⁽¹⁹⁾.

b) Ação na estrutura físico-química dos alimentos extrusados

A extrusão proporciona a hidratação de amidos e proteínas, homogeneização, cisalhamento, fundimento de gorduras, plastificação e expansão da estrutura alimentar^(7,42). O processo de extrusão permite a desnaturação de enzimas que causam a rancidez (lipases e lipoxigenases).

O amido nativo não absorve água à temperatura ambiente, sendo sua viscosidade em meio aquoso praticamente nula. Entretanto, o amido extrusado absorve água rapidamente, formando uma pasta à temperatura ambiente, a qual é formada por macromoléculas solubilizadas, incluindo também partículas intumescidas por água⁽⁹⁾.

O processo promove a gelatinização do amido, a desnaturação e reorientação das proteínas, a inativação enzimática, a destruição de substâncias tóxicas como os inibidores das proteases e a diminuição da contagem microbiana para formar um produto de características físicas e geométricas pré-determinadas⁽³⁵⁾.

O teor de umidade do alimento, proporção de amilose e amilopectina, conteúdo de proteínas, lipídeos e fibras, fontes de amido utilizadas, tamanho das partículas, entre outros, exercem grande influência no produto acabado⁽⁹⁾.

O amido contribui na expansão e coesão do produto final por ser gelatinizado a uma temperatura de 50 a 80°C, quando o amido torna-se solúvel em água fria e quente, resultando em melhor digestibilidade devido a maior facilidade de absorção de enzimas⁽⁹⁾.

O amido é comprimido e transformado em um material denso, sólido e compacto, desaparecendo sua estrutura cristalina e granular. Essa destruição pode ser parcial ou completa, dependendo das variáveis de extrusão e das características intrínsecas da matéria-prima, tais como a relação amilose/amilopectina, teores de fibra, lipídeo e proteína^(9,39).

Processos termo-mecânicos melhoram as propriedades funcionais das fibras e o seu nível de incorporação nos alimentos⁽⁴²⁾.

A proteína desnaturada na extrusão é mais sensível à hidrólise pelas enzimas proteolíticas e, em muitos casos, aumentam a digestibilidade⁽⁹⁾.

A utilização da pressão inibe fatores anti-nutricionais e minimiza reações de *Maillard*, devido ao curtíssimo tempo de retenção dentro do extrusor. Ela também retarda reações de rancificação das gorduras, aumenta a digestibilidade do óleo por tornar-se mais disponível e diminui as perdas das

vitaminas, principalmente as lipossolúveis^(9,43).

Dependendo do tipo de tratamento térmico, os produtos extrusados e secos podem ser caracterizados pela sua estrutura expandida, pela coesividade, forma e/ou sensação na boca do consumidor. Após a moagem, os produtos apresentam alguma solubilidade que conduz à alta suscetibilidade na ação de enzimas amilolíticas⁽⁹⁾.

Um estudo com feijão carioca evidenciou que não houve relação entre a velocidade do parafuso e os valores de solubilidade, não alterando significativamente a estrutura amilácea⁽⁸⁾.

Estudos com massa produzida com semolina demonstraram que o cozimento foi influenciado pela alta temperatura utilizada e alta rotação do parafuso com redução da viscosidade. O farelo de aveia também apresentou uma temperatura mais alta de gelatinização, solubilidade, viscosidade e melhoria na capacidade espumante⁽⁴⁶⁾.

c) Vantagens dos alimentos extrusados

A extrusão termoplástica possui vantagens como versatilidade, produção contínua em larga escala e por unidade de área, menores gastos com mão-de-

obra quando bem treinados e energia, produtos alimentícios com melhores características funcionais, sensoriais e nutricionais e não gera efluentes industriais ou material de risco^(9,32). Além disso com esta tecnologia consegue-se:

- Homogeneização e reestruturação dos ingredientes pouco atrativos em ingredientes com texturas e formas mais aceitáveis como a proteína texturizada de soja;
- Aquecimento e cozimento de ingredientes para melhorar a digestibilidade e desativação de fatores anti-nutricionais;
- Mistura, união de ingredientes e adição de minerais e vitaminas;
- Controle da densidade do produto com pequenas peças que afundam ou flutuam na água conforme a necessidade do mercado consumidor;
- Processamento contínuo nas muitas linhas de extrusão. Após secos podem ser pré-misturados e alimentados continuamente, resultando em menor material envolvido no processo. O controle da qualidade é maximizado, porque o produto com baixa qualidade é

reconhecido e medidas corretivas podem ser propostas imediatamente;

- Redução de umidade;
- Automatização do processo;
- Os extrusores são capazes de fazer operações de transporte, amassamento, secagem, aeração e degaseificação.

As matérias-primas empregadas podem ser grãos inteiros, sêmolas, farinhas e amidos de cereais, leguminosas, tubérculos, raízes e produtos não convencionais^(9,44-45).

d) Desvantagens do processo de extrusão termoplástica

O cozimento por extrusão termoplástica pode alterar a cor e o aroma natural dos alimentos devido a expansão do produto, ao calor excessivo ou a reações com proteínas, açúcares redutores ou íons metálicos, sendo adicionados na massa formando pigmentos sintéticos como pós solúveis em água ou óleo, emulsões ou lacas⁽⁷⁾. Não são todos os consumidores atualmente que aceitam aditivos (corantes e aromatizantes) em seus alimentos, além das possíveis reações em pessoas alérgicas, o que restringe o nicho de mercado.

Uma pesquisa sobre o farelo de maracujá extrusado verificou que os produtos extrusados apresentaram valores de luminosidade entre 44,15 e 68,26 (mais claros), indicando uma retrogradação dos pigmentos⁽¹⁵⁾.

No caso dos aromatizantes, estes são adicionados aos ingredientes antes da extrusão a frio, porém esse procedimento não funciona no cozimento por extrusão, pois os aromas são volatilizados quando o alimento emerge da trefila, sendo mais adequados os aromas microencapsulados, porém mais caros. Os aromas são então aplicados à superfície dos alimentos extrusados na forma de aerossóis ou pastas viscosas, o que pode aderir em outros produtos, precisando de secagem adicional⁽⁷⁾.

Em nível nutricional, com o aquecimento pode-se ter perdas de tiamina, riboflavina, piridoxina, niacina, ácido fólico, ácido ascórbico e β -caroteno e de aminoácidos (lisina, cistina e metionina) e escurecimento por reação de Maillard⁽⁷⁾.

e) Desafios futuros da extrusão termoplástica

Um estudo importante a ser observado na extrusão termoplástica como em outros tratamentos térmicos é a formação da acrilamida, uma

substância cancerígena, ocorrendo principalmente em alimentos ricos em glicídios, especialmente pelos que passam por fritura, assamento ou torrados (batata, café e cereais)⁽⁴⁶⁾.

CONCLUSÃO

A busca pela melhoria da qualidade dos alimentos levou as indústrias de alimentos a investirem em tecnologias que produzissem produtos finais mais acessíveis à população em termos de prolongamento de vida de prateleira, aperfeiçoamento das características sensoriais, possibilidade de retenção dos nutrientes durante o processo e bio-disponibilidade.

O processo de extrusão tornou-se uma importante técnica dentro de uma crescente variedade de processamento de alimentos por suas vantagens tecnológicas e mercadológicas.

Este artigo reforça o tema da importância do setor secundário de alimentos no conceito de segurança alimentar e nutricional. Convém aprofundar os estudos sobre esta tecnologia de forma que se possa ampliar seu campo de aplicação, intensificando a pesquisa e desenvolvimento de alimentos com novas características para o mercado consumidor.

REFERÊNCIAS

1. Toral N, Slater B. Abordagem do modelo transteórico no comportamento alimentar. *Ciênc. Saúde Coletiva*. 2007; 12(6): 1641-1650, nov./dez.
2. Fortes LS, Cipriani FM, Ferreira MEC. Risk behaviors for eating disorder: factors associated in adolescent students. *Trends Psychiatry Psychother*. 2013; 35(4): 279-286.
3. Oliveira SP, Thébaud-Mony A. Estudo do consumo alimentar: em busca de uma abordagem multidisciplinar. *Rev. Saúde Pública*. 1997; 31(2): 201-208.
4. Magalhães SM, Nazareno E. Doenças das crianças goianas no século XIX: os registros de óbitos do Hospital de Caridade São Pedro de Alcântara. *Varia Hist*. 2013; 29(50): 491-511.
5. Batista Filho M, Rissin A. A transição nutricional no Brasil: tendências regionais e temporais. *Cad. Saúde Pública*. 2003; 19(sup.1): S181-S191.
6. Bezerra IN, Souza AM, Pereira RA, Sichieri R. Consumo de alimentos fora do domicílio no Brasil. *Rev. Saúde Pública*. 2013; 47(1): 200s-211s.
7. Fellows PJ. Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática. Porto Alegre: Artmed; 2008.
8. Silva EMM, Ascheri JLR, Ascheri DPR, Teba CS. Efeito da extrusão termoplástica nas características de viscosidade de pasta, solubilidade e absorção de água de farinhas pré-gelatinizadas de milho e feijão carioca (BRS Pontal). *B. CEPPA*. 2013; 31(1): 99-114.
9. Guerreiro L. Dossiê técnico: produtos extrusados para consumo humano, animal e industrial. Rio de Janeiro: REDETEC; 2007.
10. Borba AM. Efeito de alguns parâmetros operacionais nas características físicas, físico-químicas e funcionais de extrusados da farinha de batata-doce [dissertação]. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo; 2005.
11. Estevez AM, Escobar B, Vasquez E. Cereal and nut bars, nutritional quality and storage stability. *Plant Food for Human Nutrition*. 1995; 47(4): 309-317.
12. Kokini JL, Ho CT, Mukund VK. Food extrusion science and technology. New York: Marcel Dekker Inc.; 1992.
13. Andersson Y, Hedlund B. Extruded wheat flour: correlation between processing and product quality parameters. *Food Quality and Preference*. 1990; 2(4): 201.

14. Silva MFV. Avaliação nutricional de um produto extrusado a base de folha e farinha de mandioca [dissertação]. Lavras, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, 1990.
15. Vernaza MG, Chang YK, Stell CJ. Efeito do teor de maracujá e da umidade e temperatura de extrusão no desenvolvimento de cereal matinal funcional orgânico. *Braz. J. Food Technol.* 2009; 12(2): 145-154.
16. Souza ML, Menezes HC. Extrusão de misturas de castanha do Brasil com mandioca. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 2008; 28(2): 445-462.
17. Baik B, Powers J, Nguven LT. Extrusion of regular and waxy barley flours for production of expanded cereals. *Cereal Chem.* 2004; 81(1): 94-99.
18. Atienzo-Lazos M, Delgado E, Ochoa-Martínez A, Aguilar-Palazuelos E, Martínez BF, Ramirez-Wong B, Gallegos-Infante JA, Medrano-Roldan H, Solis-Soto A. Effect of moisture and temperature on the functional properties of composite flour extrudates from beans (*Phaseolus vulgaris*) and nixtamalized corn (*Zea mays*). *Journal of Animal Production Advances.* 2011; 1(1): 9-20.
19. Ascheri DPR, Andrade CT, Carvalho CWP, Ascheri JLR. Obtenção de farinhas mistas pré-gelatinizadas a partir de arroz e bagaço de jabuticaba: efeito das variáveis de extrusão nas propriedades de pasta. *Boletim do CEPPA.* 2006; 24(1): 115-144.
20. Mendonça XMFD. A extrusão termoplástica no desenvolvimento de produtos derivados de amaranto [tese]. Rio de Janeiro, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2005.
21. Borges JT, Ascheri JLR, Ascheri DPR, Nascimento REN, Freitas AS. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*), polido por extrusão termoplástica. *Boletim do CEPPA.* 2003; 21(2): 303-322.
22. Fernandes MS, Wang SH, Ascheri JLR, Oliveira MF, Costa SAJ. Efeito da temperatura de extrusão na absorção de água, solubilidade e dispersibilidade da farinha pré-cozida de milho-soja. *Ciência e Tecnologia de Alimentos.* 2003; 23(2): 234-239.
23. Alvim ID. Efeito da extrusão termoplástica sobre as propriedades funcionais e nutricionais de farinhas à base de milho, caseína e derivados de levedura [dissertação]. Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas; 2001.
24. Maia LH, Wang SH, Ascheri JLR, Cabral LC, Fernandes MS.

- Viscosidade de pasta, absorção de água e índice de solubilidade em água dos mingaus desidratados de arroz e soja. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 1999; 19(3): 391-396.
25. Jowett R. *Extrusion cooking technology*. London: Elsevier; 1984.
26. El-dash AA. *Thermoplastic extrusion of food, theory and techniques*. Campinas: UNICAMP; 1982.
27. Grossmann MVE. Efeito da extrusão termoplástica na gelatinização do amido de mandioca visando a produção de álcool [tese]. Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas; 1986.
28. Carvalho CWP, Takeiti CT, Onwulata CI, Pordesimo LO. Relative effect of particle size on the physical properties of corn meal extrudates: effect of particle size on the extrusion of corn meal. *Journal of Food Engineering*. 2010; 98: 103-109.
29. Gerhardt TE, Silveira DT. *Métodos de pesquisa*. Porto Alegre: UFRGS; 2009.
30. Vergara SC. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. São Paulo: Atlas; 2014.
31. Denzin NK, Lincoln I.S. *O planejamento da pesquisa qualitativa*. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed Bookman; 2006.
32. Ascheri JLR, Carvalho CWP. *Processo de extrusão de alimentos: aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos para consumo humano*. Rio de Janeiro: Embrapa; 2008.
33. Pomernaz A. *Cereals a renewable resource: theory and practice*. São Paulo: American Association of Cereal Chemists; 1981.
34. Lazou A, Krokida M. Functional properties of corn and corn-lentil extrudates. *Food Research International*. 2010; 43:609-616.
35. Sebio L. *Desenvolvimento de plástico bio-degradável a base de amido de milho e gelatina pelo processo de extrusão: avaliação das propriedades mecânicas, térmicas e de barreira [tese]*. Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas; 2003.
36. Santos DM, Bukzem AL, Ascheri JLR, Ascheri DPR. *Extrusão termoplástica de alimentos*. Anais do IX Seminário de Iniciação Científica, VI Jornada de Pesquisa e Pós-Graduação e Semana Nacional de Ciência e Tecnologia. Universidade Estadual de Goiás, out. 2011.
37. Santos DM, Bukzem AL, Coutinho ND, Ascheri JLR, Ascheri DPR. Principais considerações da extrusão termoplástica de alimentos. *Revista Processos Químicos*, jul./dez. 2010.

- 38.** Guy R. Extrusión de los alimentos. Zaragoza: Acribia; 2002.
- 39.** Carvalho RV. Formulações de snacks de terceira geração por extrusão: caracterização texturométrica e microestrutural [dissertação]. Lavras, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras; 2000.
- 40.** Ascheri JLR, Carvalho CWP. de. Produção de extrusados doces. Rio de Janeiro: Série Documentos Embrapa; 2004.
- 41.** Oliveira RBA, Andrade SAC. Instalações Agroindustriais. Recife: EDUFRPE, 2012.
- 42.** Rueda J, Chang YK, Bustos, FM. Functional characteristics of texturized defatted soy flour. *Agrociência*. 2004. 38: 63-73.
- 43.** Silva EMM. Produção de macarrão pré-cozido à base de farinha mista de arroz integral e milho para celíacos utilizando o processo de extrusão [dissertação]. Seropédica, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2007.
- 44.** Mesa NJE, Alavi S, Singh N, Shi Y, Dogan H, Sang Y. Soy protein-fortified expanded extrudates: baseline study using normal corn starch. *Journal of Food Engineering*. 2009; 90: 262-270.
- 45.** Ravindran G, Matia-Merino L. Starch-fenugreek polysaccharide interactions in pure and soup systems. *Food Hydrocolloids*. 2009; 23:1047-1053.
- 46.** Nascimento, KO, Augusta IM, Rodrigues NR, Barbosa Júnior JL, Barbosa MIMJ. Características tecnológicas das farinhas pré-cozidas a partir do processo de extrusão termoplástica. *Acta Tecnológica*. 2014; 9(1): 37-47.

Sources of funding: No
Conflict of interest: No
Date of first submission: 2014-08-01
Last received: 2015-03-30
Accepted: 2015-04-15
Publishing: 2015-05-29