



Reaproveitamento de subprodutos alimentares: os benefícios da granulação de dupla rosca do bagaço de maçã

Autor

Gabriela Saavedra

Thermo Fisher Scientific, Karlsruhe, Alemanha

Palavras-chave

Granulação, extrusora de dupla rosca, bagaço de maçã, reaproveitamento

Introdução

A produção sustentada de alimentos e a circularidade na indústria alimentícia são de vital importância para reduzir nossa impressão de carbono de alimentos. Os subprodutos alimentares, embora ricos em nutrientes, possuem propriedades tecnofuncionais ruins, o que limita seu uso na aplicação de alimentos. Por exemplo, o bagaço de maçã, que é o principal subproduto da indústria de sucos, é pouco usado para extração de pectina ou como ração animal. A maior parte termina como resíduo, pois sua baixa solubilidade não permite seu uso posterior como ingrediente alimentar.

Até o momento, ainda há uma lacuna no conhecimento e falta de tecnologia para modificar o bagaço e melhorar suas propriedades. Alguns autores (1, 2, 3) demonstraram que tratamentos químicos, enzimáticos e/ou mecânicos levam à ruptura da parede celular, o que pode modificar as propriedades tecnofuncionais do bagaço de maçã. Por esta razão, a tecnologia de extrusão, como um processo contínuo e versátil, é um modo promissor de garantir o uso do bagaço de maçã em outras aplicações. Durante o processo de extrusão, o material é aquecido e cisalhado simultaneamente.

Schmid et al (2021) (4) já demonstraram que, durante a extrusão do bagaço de maçã, a capacidade de retenção de água aumenta e a quantidade de fibras solúveis aumenta, o que auxilia a extração à base de água de compostos pécicos. No entanto, os autores utilizaram uma matriz de filamentos de haste na extremidade da extrusora. Assim, uma etapa adicional de trituração do extrudado foi necessária para usar e caracterizar o bagaço de maçã recém-funcionalizado. Por este motivo, este trabalho optou pela granulação de dupla rosca para funcionalizar o bagaço de maçã. Usando uma descarga aberta (veja a Figura 1) na extremidade do cilindro da extrusora, os materiais podem ser granulados/aglomerados. Isso melhora as propriedades de

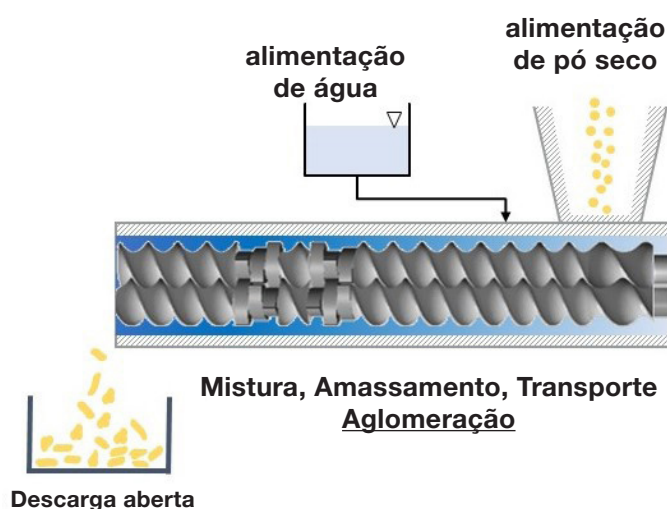


Figura 1: esquema do processo de granulação utilizando a extrusão de dupla rosca.

fluxo do material, podendo romper a parede celular e criar estruturas porosas que melhoram a capacidade de ligação à água. Tudo isso é possível sem a necessidade de triturar o extrudado

Materiais e métodos

Ensaio de extrusão

Os ensaios de extrusão foram conduzidos usando uma extrusora de dupla rosca co-rotante de 11 mm Process 11 da Thermo Scientific™. A extrusora tem um design com cilindro dividido, com uma relação comprimento/diâmetro (C/D) de 40. O cilindro é totalmente aberto e cada uma de suas oito seções pode ser resfriada ou aquecida de forma independente. A extrusora foi utilizada com o kit de granulação, composto por hastes com 40 % C/D de comprimento, um suporte de haste e uma descarga aberta. Foi adicionada água nos sólidos com um alimentador gravimétrico de dupla rosca e uma bomba peristáltica.

O bagaço de maçã (0,2, 0,4 ou 0,6 kg/h) foi colocado na primeira seção; foi adicionada água (0,06, 0,12 ou 0,18 kg/h) na segunda seção. A proporção água/sólido permaneceu constante durante todo o processo com 23% do peso sendo água adicionada. Experimentos de extrusão foram realizados aplicando-se velocidades de rosca de 400 ou 600 rpm. As temperaturas do cilindro foram ajustadas para $T_{\text{cilindro2}} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{cilindro3}} = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{cilindro4}} = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{cilindro5-7}} = 120\text{ }^{\circ}\text{C}$, conforme proposto por Schmid et al. (2021) (4).

Caracterização reológica

As dispersões de bagaço de maçã cru ou granulado e água foram feitas misturando-se 1 g da amostra com 20 mL de água de torneira. A dispersão foi rapidamente mexida e imediatamente colocada entre as placas do reômetro para medição.

As medições oscilatórias foram realizadas utilizando-se um reômetro rotacional, o Thermo Scientific HAAKE™ Mars™ iQ Air, equipado com geometria de medição placa a placa. A lacuna de medição foi ajustada para 1,5 mm.

Após a medição, as amostras foram submetidas a cisalhamento oscilatório a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ com amplitude de 1% e frequência de 1 Hz ao longo de 20 minutos. Foram registrados 60 pontos de medição. As medições foram realizadas dentro da região viscoelástica linear para evitar a destruição de uma rede.

Microscópio eletrônico de varredura

As amostras foram observadas no microscópio eletrônico de varredura Phenom XL, utilizando alto vácuo. Todas as amostras foram fixadas em suportes de alumínio com discos adesivos de carbono de dupla face. Todas as imagens foram obtidas com voltagem operacional de 15 kV.

Resultados

As propriedades tecnofuncionais do bagaço de maçã foram aprimoradas pelo processo de granulação úmida. O material resultou em um pó poroso com alta capacidade de ligação à água e capacidade de gelificar imediatamente após a adição de água (ver Figura 2).



Figura 2: bagaço de maçã granulado (esquerda), bagaço de maçã granulado com adição de água (direita).

Influência da produtividade

O tempo de residência do bagaço de maçã dentro da extrusora depende da produtividade total. Dobrar a produtividade total reduz o tempo de residência do material pela metade. Tais alterações levam a diferentes exposições ao cisalhamento e ao calor, podendo resultar em diferentes graus de ruptura da parede celular. Portanto, embora o material seja exposto

às mesmas condições de processamento, as propriedades resultantes podem variar.

A fim de verificar se o tempo de residência afeta a gelificação, as propriedades do bagaço de maçã granulado foram medidas usando varreduras de tempo. Como visto na Figura 3, todas as amostras formam um gel/pasta quando misturadas com água, pois os módulos de armazenamento de todas as amostras são maiores do que seus respectivos módulos de perda.

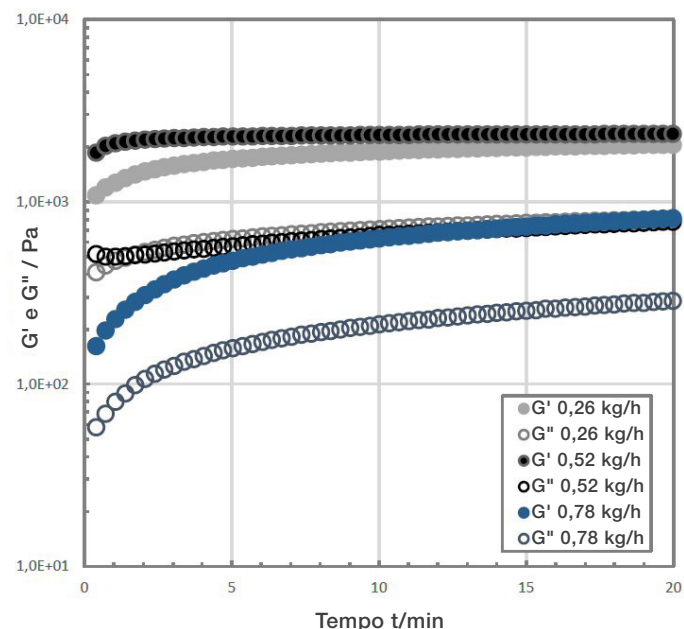


Figura 3: varreduras de tempo do bagaço de maçã granulado e da água processada em diferentes produtividades; condições constantes do processo: velocidade da rosca 400 rpm, temperatura do cilindro de 40/60/80/100/120/120/120 $^{\circ}\text{C}$, 23% do peso sendo água adicionada.

No entanto, como mostrado na Figura 3, a força do gel e a cinética de gelificação dependem do tempo de residência dentro da extrusora. A ruptura da parede celular requer uma quantidade mínima de entrada de energia durante um certo tempo, para que os polissacarídeos responsáveis pela gelificação e ligação da água possam ser liberados. Essa poderia ser uma explicação para o motivo pelo qual as amostras representadas apresentam diferentes comportamentos de gelificação ao longo do tempo, embora a rosca e as temperaturas tenham sido mantidas constantes.

Além de determinar o tempo de residência dentro da extrusora, a vazão influencia o tamanho de partícula resultante e a compactidade em um processo de granulação. A compactidade também pode afetar a cinética de gelificação, uma vez que a distribuição do tamanho dos poros dos grânulos determina as propriedades de intumescimento das partículas. As propriedades superficiais das partículas foram avaliadas por meio de microscopia eletrônica de varredura. As imagens selecionadas estão apresentadas na Figura 4.

Como visto na Figura 4, a produção total durante o processo de extrusão influencia as propriedades de superfície dos grânulos. Uma produção menor resulta em partículas mais soltas e porosas. Isso pode ser devido ao baixo enchimento das roscas e do cilindro. Por outro lado, altos índices de produtividade resultam em estruturas mais compactas. A porosidade dos grânulos pode ser uma razão pela qual as amostras apresentam diferentes comportamentos de gelificação, como demonstrado na Figura 3.

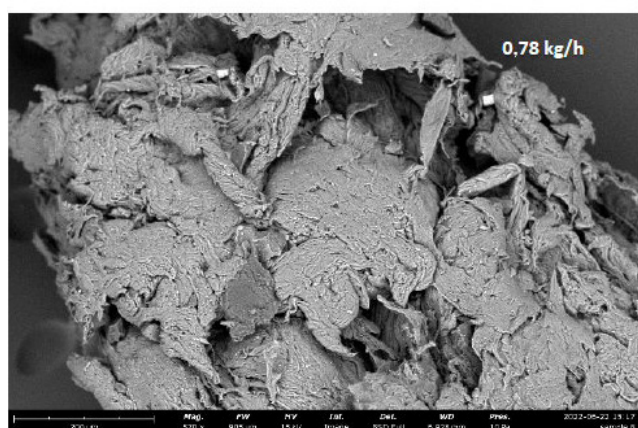
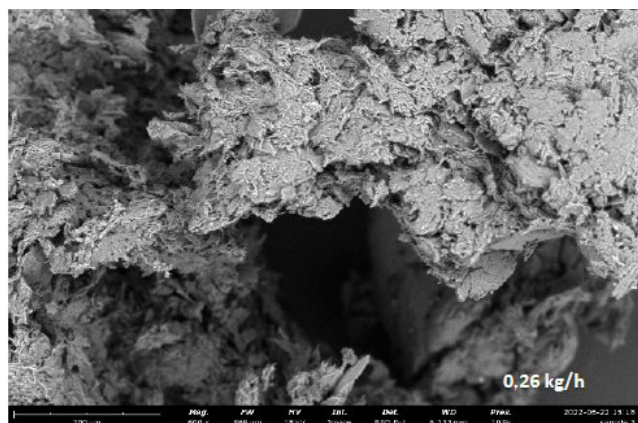


Figura 4: micrografia eletrônica de varredura de bagaço de maçã granulado, granulado com 23% do peso sendo água adicionada. Micrografia superior: 0,26 kg/h de produtividade. Micrografia inferior: 0,78 kg/h de produtividade.

Influência da velocidade da rosca

Como visto na seção anterior, a funcionalização do bagaço de maçã requer uma certa quantidade de entrada de energia mecânica e térmica para acessar adequadamente os polissacarídeos intracelulares. Portanto, foi testado o efeito da velocidade da rosca nas propriedades de gelificação/intumescimento do bagaço de maçã granulado. O aumento da velocidade da rosca não afeta o tempo de residência. No entanto, isso aumenta a tensão de cisalhamento e também pode levar a um aumento da temperatura do material devido ao atrito. Isso pode causar degradação à base de extrusão. Alguns autores demonstraram que o bagaço de maçã (5) e o bagaço de arônia (6) não tratados enzimaticamente são sensíveis ao estresse termomecânico, o que pode reduzir a capacidade de gelificação e de ligação à água desses materiais.

Como visto na Figura 5, o aumento da velocidade da rosca afeta a cinética de gelificação e a capacidade de gelificação do bagaço de maçã granulado.

O aumento da velocidade da rosca de 400 para 600 rpm altera as propriedades de gelificação/intumescimento. Essas propriedades do bagaço de maçã diminuem significativamente, como pode ser visto na diminuição geral do módulo de armazenamento e perda. Como dito anteriormente, isso pode ser causado pela degradação de polissacarídeos.

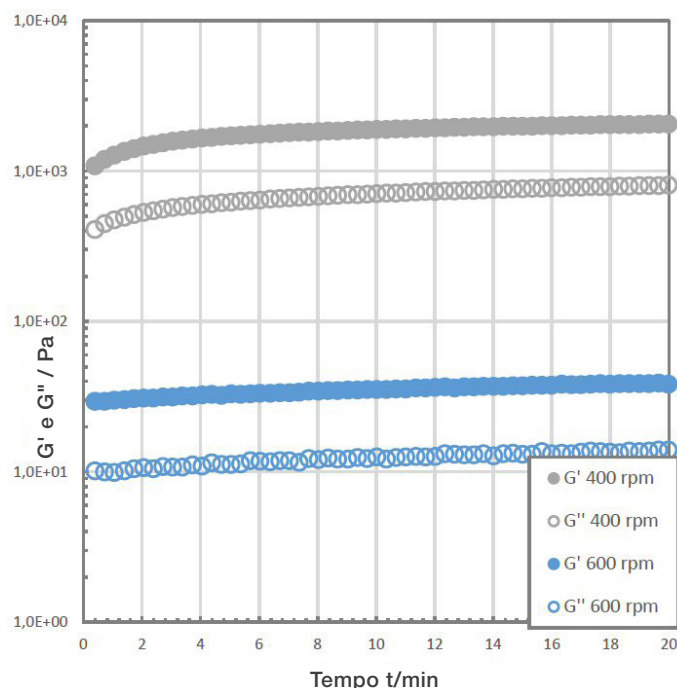


Figura 5: varreduras de tempo do bagaço de maçã granulado e da água processada em diferentes velocidades de rosca; condições constantes do processo: 0,26 kg/h de produtividade, temperatura do cilindro de 40/60/80/100/120/120/120 °C, 23% do peso sendo água adicionada.

Conclusões

Esta nota de aplicação mostra a funcionalização do bagaço de maçã da produção de suco de fruta comercial por granulação de rosca dupla. Os resultados mostraram que, dependendo da produtividade, diferentes propriedades de gelificação/intumescimento podem ser alcançadas. Além disso, os limites do tratamento foram demonstrados. Foi demonstrado que tratamentos termomecânicos muito altos podem levar à degradação de polissacarídeos, o que diminui as propriedades gelificantes do bagaço de maçã. Ao todo, a granulação de dupla rosca é uma tecnologia promissora para funcionalizar subprodutos da indústria de alimentos.

Referências

1. Elleuch, M.; Bedigitan, D.; Roiseux, O.; Besbes, S.; Blecker, C.; Attia, H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chem.* 2011, 124, 411–421.
2. Cheftel, J.C. Nutritional effects of extrusion-cooking. *Food Chem.* 1986, 20, 263–283.
3. Hwang, J.-K.; Choi, J.-S.; Kim, C.-J.; Kim, C.-T. Solubilization of apple pomace by extrusion. *J. Food Process. Preserv.* 1998, 22, 477–491.
4. Schmid, V.; Trabert, A.; Keller, J.; Bunzel, M.; Karbstein, H. P.; Emin, M. A. Functionalization of Enzymatically Treated Apple Pomace from Juice Production by Extrusion Processing. *Foods* 2021, 10, 485.
5. Schmid, V.; Trabert, A.; Schäfer, J.; Bunzel, M.; Karbstein, H. P.; Emin, M. A. Modification of Apple Pomace by Extrusion Processing: Studies on the Composition, Polymer Structures, and Functional Properties. *Foods* 2020, 9, 1385.
6. Schmid, V.; Steck, J.; Mayer-Miebach, E.; Behnlian, D.; Briviba, K.; Bunzel, M.; Karbstein, H. P.; Emin, M. A. Impact of defined thermomechanical treatment on the structure and content of dietary fiber and the stability and bioaccessibility of polyphenols of chokeberry (Aronia melanocarpa) pomace. *Food Res. Int.* 2020, 134, 109232.

Para mais informações, visite
thermofisher.com/extruders

Somente para fins de pesquisa. Não deve ser usado em procedimentos diagnósticos. Para obter as certificações atuais, acesse thermofisher.com/certifications.

© 2022 Thermo Fisher Scientific Inc. Todos os direitos reservados. Todas as marcas são propriedade da Thermo Fisher Scientific e de suas subsidiárias, salvo especificação em contrário. **LR90 0722**