

DETERMINAÇÃO DO PERFIL DE TEXTURA DE ESFERAS DE ALGINATO DE CÁLCIO COM LEVEDURA KVEIK

RESUMO

A produção de cerveja artesanal tem apresentado uma demanda crescente por oferecer um grande espectro de sabores e aromas. Isso acontece pelo fato de que cervejas artesanais diferem das industriais pela variedade de maltes, lúpulos e leveduras utilizados no processo de produção. Com isso, o objetivo desse trabalho foi a caracterização do perfil de textura de esferas de alginato de cálcio com levedura Kveik com o intuito de utilização na produção de cerveja artesanal. Para isso, realizou-se a imobilização da levedura em gel de alginato de cálcio com posterior análise de perfil de textura e comportamento da resistência mecânica das esferas utilizando-se o texturômetro Texture Analyser. Os resultados demonstraram valores elevados dos parâmetros dureza (675,73 N) e adesividade (-2,38 J) na concentração de 3% de alginato de sódio e 200 mM de cloreto de cálcio. O parâmetro elasticidade demonstrou maiores valores em 2% de alginato e a coesividade variou de 0,55 a 0,65. Com isso, pode-se concluir que as esferas apresentaram boa dureza, elasticidade e plasticidade, podendo-se esperar que tenham resistência ao estresse aplicado nas condições de fermentação.

INTRODUÇÃO

A produção de cerveja artesanal tem apresentado uma demanda crescente por oferecer um grande espectro de sabores e aromas. Isso acontece pelo fato de que cervejas artesanais diferem das industriais pela variedade de maltes, lúpulos e leveduras utilizados no processo de produção. No caso das leveduras, estas são selecionadas de acordo com suas características a fim de fornecer o melhor sabor e aroma para a cerveja, além de serem um dos pilares de maior possibilidade de inovação no processo cervejeiro (MASTANJEVIĆ et al., 2019).

A atuação das leveduras na produção de cerveja compreende metabolizar os açúcares fermentescíveis do mosto e produzir etanol, dióxido de carbono e subprodutos da fermentação. Durante a produção, as etapas de fermentação e maturação são as mais importantes e demoradas do processo e, com isso, estudos de seleção de leveduras são realizados continuamente com a finalidade de redução desse tempo, além da melhoria na produção de compostos de aroma e sabor. Assim, algumas alternativas surgem como é o caso da utilização de leveduras híbridas, leveduras especialmente selecionadas e/ou leveduras imobilizadas (KARABÍN et al., 2018).

A imobilização de células de leveduras para o processo cervejeiro é um ponto bastante discutido na literatura ao longo do tempo. A técnica de imobilização de leveduras tem destaque pelo fato de promover melhor resistência ao estresse e, conseqüentemente, melhor desempenho em relação às células livres. A imobilização possibilita aumento da resistência à substâncias inibidoras, aumento da produtividade, possibilidade de reutilização do biocatalisador, facilitada separação das células e menor tempo de fermentação, entre outros benefícios (DJORDJEVIC et al., 2016; NEDOVIĆ et al., 2015).

Além disso, a imobilização de leveduras para a produção de cerveja foi considerada por muitos autores como uma tecnologia promissora para a indústria cervejeira, por reduzir o tempo e o custo de produção em comparação com a fermentação tradicional. No entanto, ainda é necessária uma intensificação das pesquisas com o intuito

de uma melhor compreensão da fisiologia e metabolismo das células imobilizadas e dos mecanismos de imobilização, de modo a permitir uma implementação mais geral desta tecnologia na produção de cerveja (DRAGONE; MUSSATTO; ALMEIDA E SILVA, 2005; MORENO-GARCÍA et al., 2018; VERBELEN et al., 2006).

OBJETIVO

O objetivo geral do trabalho foi realizar a caracterização do perfil de textura de esferas de alginato de cálcio com levedura Kveik com o intuito de utilização na produção de cerveja artesanal. Para isso, os objetivos específicos foram realizar a imobilização da levedura em gel de alginato de cálcio e realizar a análise de perfil de textura e comportamento da resistência mecânica das esferas.

RESULTADO E DISCUSSÃO

A imobilização das células consistiu em adicionar a suspensão celular a uma solução de alginato de sódio previamente autoclavada a 121 °C por 15 minutos. As esferas de gel foram produzidas pelo gotejamento desta suspensão em uma solução de cloreto de cálcio mantida em agitador magnético. O gotejamento foi realizado com auxílio de uma bomba peristáltica (Sailflo - Dosing Pump, 12 v). Após a imobilização, foram realizados estudos de firmeza/compressão. Para tal utilizou-se o texturômetro Texture Analyser (Texture Analyser, TA-XT Plus, Surrey, England). O teste foi feito à temperatura ambiente. Parâmetros texturais como dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade e resiliência foram gerados a partir do gráfico de força-tempo.

As esferas produzidas foram submetidas à análise de perfil de textura, de modo que os parâmetros texturais das esferas podem ser observados na Tabela 1. Valores elevados dos parâmetros dureza (675,73 N), adesividade (-2,38 J), gomosidade (360,25 N) e mastigabilidade (259,96 N) foram obtidos no ponto central das concentrações de alginato de sódio e cloreto de cálcio, a saber 3% e 200 mM, respectivamente. O parâmetro elasticidade demonstrou maiores valores em 2% de alginato tanto na concentração de 100 quanto de 300 mM de cloreto de cálcio, além do ensaio com 3% de alginato e 58,58 mM de cloreto. A coesividade variou de 0,55 a 0,65, cujos maiores valores foram observados nos ensaios de 1 a 7. O parâmetro resiliência demonstrou pouca alteração entre as condições estudadas, variando de 0,24 a 0,30 Ns.

A importância da análise de textura está no fato de que a estabilidade mecânica das esferas é influenciada pelas propriedades reológicas do material de suporte, de modo que dependem não apenas do tamanho, forma e densidade das partículas, mas também de sua dureza, elasticidade e grau de homogeneidade, entre outros. Essas características são relevantes principalmente quando se pretende submeter as esferas à fermentação em biorreator, uma vez que essas propriedades determinam se serão capazes de acomodar as tensões a que serão submetidas (KOSTOV et al., 2010).

Santos (2012), em estudo dos fatores que influenciam os atributos de esferas de alginato, observou que concentrações elevadas de alginato resultam em esferas com massa e firmeza superiores e adesividade inferior do que concentrações mais baixas do polímero. Já no que diz respeito à concentração de cloreto de cálcio foram observadas esferas mais firmes em concentrações mais elevadas. Porém, em concentrações baixas de cloreto de cálcio obteve-se esferas com massa superior e adesividade inferior. Desse modo, a autora afirma que a produção de esferas de alginato possui muitas variáveis

associadas ao processo que têm que ser analisadas a fim de observar quais as condições que levam à formação de esferas com as características adequadas à aplicação pretendida.

De acordo com Mousavi, Rafe e Yeganehzad (2019), os parâmetros primários resultantes da análise de perfil de textura são dureza, coesividade, adesividade e elasticidade. Dessa forma, na Figura 1 são apresentados os gráficos de superfície de resposta correspondentes aos parâmetros dureza, coesividade, adesividade e elasticidade.

Os resultados do presente trabalho mostram que a dureza das esferas foi influenciada pela concentração de alginato, visto que os maiores valores de dureza foram obtidos na concentração de 3%. No entanto, mesmo na concentração de 3% de alginato, quando se utilizou concentração de 58,58 mM de cloreto de cálcio obteve-se esferas de menor dureza. No parâmetro coesividade, observa-se que tanto alginato quanto cloreto apresentam significância estatística, sendo o alginato em efeito quadrático e o cloreto de cálcio tanto efeito quadrático quanto linear.

Em relação à adesividade, resultados significativos estatisticamente foram observados para o efeito quadrático do fator alginato e para os efeitos linear e quadrático do cloreto de cálcio. Além disso, o gráfico de superfície de resposta ilustra resultados melhores nos pontos centrais de alginato de sódio e cloreto de cálcio, isto é, 3% de alginato e 200 mM de cloreto. Já para o parâmetro elasticidade, nenhum fator teve significância estatística estando todos abaixo do nível de $p=0,05$. Já a superfície de resposta demonstra menores valores de elasticidade nos pontos centrais do planejamento.

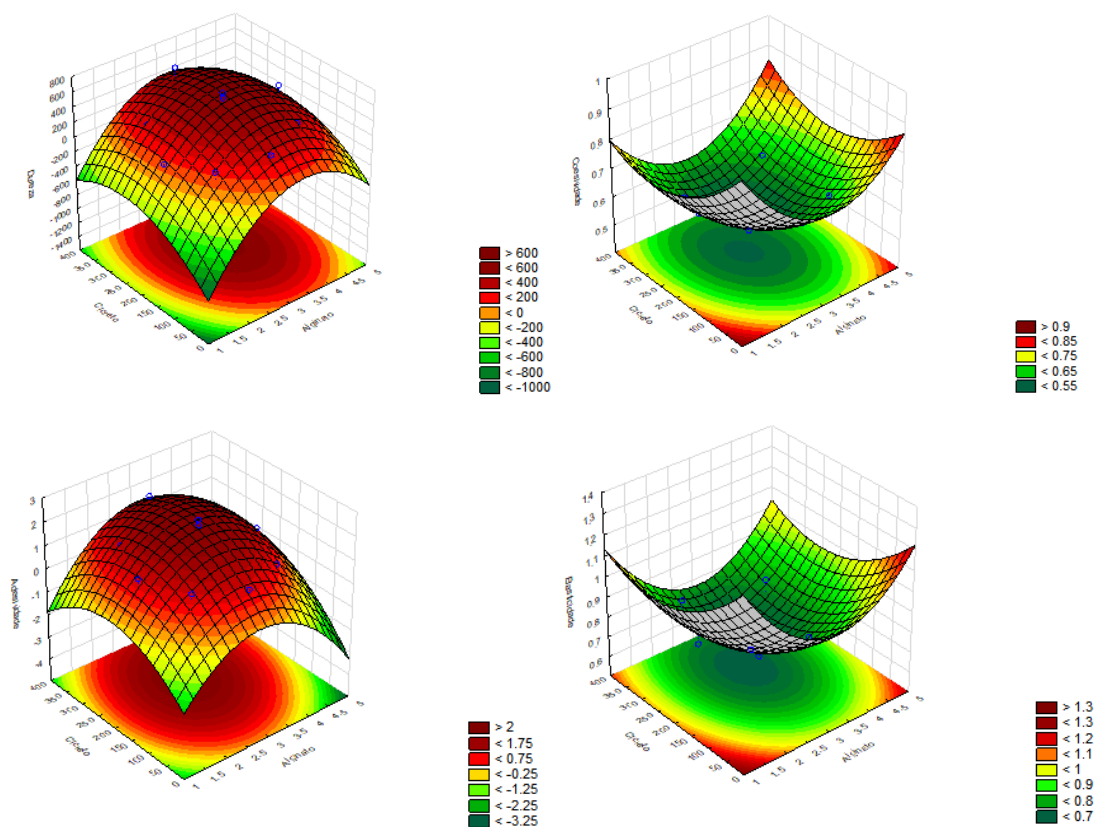


Figura 1: Superfícies de resposta correspondentes à variável resposta dureza (A), coesividade (B), adesividade (C) e elasticidade (D) respectivamente.

Tabela 1: Parâmetros de textura das esferas obtidas a partir do planejamento experimental (DCCR) 2² para avaliação da influência das variáveis alginato de sódio e cloreto de cálcio.

Ensaio	Alginato (% p/v)	Cloreto (mM)	Massa* (g)	Dureza (N)	Adesividade (J)	Elasticidade (mm)	Coessividade	Gomosidade (N)	Mastigabilidade (N)	Resiliência (Ns)
1	2	100	0,08 ± 0,01 ^{cd}	142,78 ± 62,43 ^{de}	-1,01 ± 0,47 ^{ab}	0,89 ± 0,07 ^a	0,65 ± 0,04 ^a	90,77 ± 33,13 ^{ef}	80,48 ± 29,86 ^{ef}	0,30 ± 0,03 ^a
0,082	2	300	0,09 ± 0,01 ^{bcd}	207,41 ± 68,77 ^{de}	-1,16 ± 0,79 ^{abc}	0,90 ± 0,09 ^a	0,61 ± 0,04 ^a	124,58 ± 33,05 ^{def}	111,46 ± 28,81 ^{def}	0,29 ± 0,03 ^{abc}
3	4	100	0,14 ± 0,02 ^a	328,30 ± 106,83 ^{bcd}	-0,67 ± 0,61 ^a	0,80 ± 0,12 ^{abc}	0,64 ± 0,03 ^a	208,36 ± 60,02 ^{cd}	166,96 ± 55,44 ^{bcd}	0,30 ± 0,03 ^a
4	4	300	0,12 ± 0,01 ^{abc}	354,10 ± 96,31 ^{bcd}	-1,38 ± 0,70 ^{abc}	0,82 ± 0,14 ^{ab}	0,64 ± 0,03 ^a	224,33 ± 55,06 ^{bcd}	186,18 ± 64,08 ^{abcd}	0,29 ± 0,03 ^{ab}
5	1,58	200	0,06 ± 0,01 ^d	68,89 ± 27,69 ^e	-1,01 ± 0,70 ^a	0,84 ± 0,13 ^{ab}	0,66 ± 0,05 ^a	44,31 ± 15,20 ^f	36,34 ± 11,14 ^f	0,29 ± 0,04 ^{ab}
6	4,41	200	0,13 ± 0,02 ^{ab}	462,24 ± 186,17 ^{abc}	-0,96 ± 0,76 ^{ab}	0,80 ± 0,09 ^{abc}	0,62 ± 0,04 ^a	281,92 ± 93,89 ^{abc}	221,75 ± 64,53 ^{ab}	0,30 ± 0,02 ^a
7	3	58,58	0,12 ± 0,00 ^{abc}	248,35 ± 104,96 ^{cde}	-0,81 ± 0,50 ^a	0,90 ± 0,06 ^a	0,65 ± 0,03 ^a	157,94 ± 59,38 ^{de}	143,45 ± 57,78 ^{cde}	0,30 ± 0,03 ^a
8	3	341,42	0,12 ± 0,01 ^{abc}	633,99 ± 254,71 ^a	-2,13 ± 1,02 ^{bc}	0,59 ± 0,08 ^d	0,55 ± 0,04 ^b	339,19 ± 113,78 ^a	194,52 ± 58,71 ^{abc}	0,25 ± 0,02 ^d
9	3	200	0,14 ± 0,02 ^a	603,81 ± 250,06 ^a	-2,38 ± 1,11 ^c	0,64 ± 0,15 ^{cd}	0,55 ± 0,05 ^b	323,89 ± 108,44 ^{ab}	202,71 ± 64,90 ^{abc}	0,24 ± 0,01 ^d
10	3	200	0,12 ± 0,00 ^{abc}	527,58 ± 181,89 ^{ab}	-2,07 ± 1,04 ^{bc}	0,69 ± 0,12 ^{bcd}	0,55 ± 0,04 ^b	282,04 ± 75,32 ^{abc}	190,20 ± 43,05 ^{abc}	0,26 ± 0,02 ^{cd}
11	3	200	0,13 ± 0,02 ^{ab}	675,73 ± 245,30 ^a	-2,17 ± 0,90 ^{bc}	0,75 ± 0,19 ^{abcd}	0,55 ± 0,04 ^b	360,25 ± 102,29 ^a	259,96 ± 58,86 ^a	0,26 ± 0,02 ^{bcd}

*Massa = massa de 5 esferas.

**Média ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05)

CONCLUSÃO

A análise do perfil de textura demonstrou a influência da concentração de alginato na resistência mecânica das esferas, de modo que pode-se observar que esferas com maior concentração de alginato apresentaram resistência mecânica superior às esferas com menor concentração de alginato. Além disso, é possível observar que esferas produzidas com alginato de sódio e cloreto de cálcio têm boa elasticidade e plasticidade, podendo ser referidas como corpos viscoelásticos. Desse modo, pode-se esperar que tenham resistência ao estresse aplicado nas condições de trabalho em biorreatores.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. MASTANJEVIĆ, K. et al. Craft brewing – is it really about the sensory revolution? *Kvasny Prumysl*, v. 65, n. 1, p. 13–16, 2019.
2. KARABÍN, M. et al. Enhancing the performance of brewing yeasts. *Biotechnology Advances*, v. 36, n. 3, p. 691–706, 2018.
3. DJORDJEVIC, V. et al. Immobilized Yeast Cells and Secondary Metabolites. *Fungal metabolites*, p. 2-40, 2016.
4. NEDOVIĆ, V. et al. Aroma formation by immobilized yeast cells in fermentation processes. *Yeast*, v. 32, p. 173–2116, 2015.
5. ALMEIDA, P. M. C. DE. Microbe Domestication and the Identification of the Wild Genetic Stock of Wine Yeasts. [s.l: s.n.].
6. DRAGONE, G.; MUSSATTO, S. I.; ALMEIDA E SILVA, J. B. Inovações na produção de cervejas - Fermentação contínua utilizando leveduras imobilizadas em suporte natural obtido a partir do bagaço de malte. *Biociência: Ciência & Desenvolvimento*, n. 35, 2005.
7. MORENO-GARCÍA, J.; GARCÍA-MARTÍNEZ, T.; MAURICIO, J. C.; MORENO, J. Yeast Immobilization Systems for Alcoholic Wine Fermentations: Actual Trends and Future Perspectives. *Frontiers in Microbiology*, v. 9, n. 241, 2018.
8. VERBELEN, P. J. et al. Immobilized yeast cell systems for continuous fermentation applications. *Biotechnology Letters*, v. 28, n. 19, p. 1515–1525, 2006.
9. KOSTOV, G. et al. Mechanical properties of Ca-alginate beads for ethanol fermentation. *Technology*, n. June 2014, p. 25–35, 2010.
10. SANTOS, R. S. B. Estudo dos fatores que influenciam os atributos de esferas de alginato. p. 111, 2012.
11. MOUSAVI, S. M. R.; RAFE, A.; YEGANEHZAD, S. Optimization of textural characteristics of restructured pimiento strips by response surface methodology. *Food Science and Nutrition*, v. 7, n. 5, p. 1595–1605, 2019.