

## DIFERENCIAÇÃO DE ALIMENTOS FLUÍDICOS ATRAVÉS DO BIOSPECKLE

**Juliana Aparecida Fracarolli<sup>1</sup>, Douglas Batista da Silva<sup>2</sup>, Inácio Maria Dal Fabbro<sup>3</sup>,  
Ariovaldo José da Silva<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Professora Doutora, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP, Fone: (0XX19) 3521 1073, e-mail: juliana.fracarolli@feagri.unicamp.br

<sup>2</sup> Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP

<sup>3</sup> Professor, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP

Apresentado no  
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015  
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

**RESUMO:** O desenvolvimento de sensores na engenharia tem sido de fundamental importância. A partir de dispositivos ópticos é possível avaliar características e propriedades de diversas amostras de forma não invasiva e não destrutiva. Tendo-se em vista a aplicação de técnicas ópticas para o desenvolvimento de sensores, o presente trabalho teve por objetivo identificar, através do biospeckle dois produtos alimentares que são iogurte natural e cerveja. Para isso, dados obtidos na literatura sobre a viscosidade, tipos de microorganismos e cinética molecular do iogurte natural e da cerveja foram correlacionados com o Momento de Inércia obtido para cada amostra pelo biospeckle. Para isso foram determinados dois tratamentos com 5 repetições, sendo tratamento 1 amostras de iogurte natural e tratamento 2 amostras de cerveja. Após o processamento, foram obtidos os valores de MI. Os tratamentos foram diferenciados pelo Teste de Tukey a 5%. Os maiores valores de MI foram obtidos para o iogurte. Este fato é explicado pelas características dos fluidos analisados. A partir do presente trabalho é possível correlacionar as características de fluidos com valores de Momento de Inércia, que constitui uma análise não invasiva e não destrutiva e de baixo custo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Iogurte, Cerveja, Momento de Inércia

### TÍTULO EM INGLÊS

**ABSTRACT:** The development of sensors in engineering has been of fundamental importance. From optical devices is possible to evaluate characteristics and properties of various samples of non-invasive and non-destructive manner. Keeping in view the application of optical techniques for the development of sensors, this study aimed to identify, through biospeckle two food products that are yogurt and beer. Thus, data obtained from the literature on the viscosity, types of molecular kinetics of the microorganisms in yogurt, and beer were correlated with the Moment of Inertia (MI) obtained for each sample by biospeckle. For that were determined two treatments with 5 replications, with treatment 1 was samples of yogurt and treatment 2 was samples of beer. After processing, the MI values were obtained. Treatments were different by Tukey test at 5%. The higher MI values were obtained for the yogurt. This fact is explained by the characteristics of the analyzed fluid. From the present study correlates the fluid characteristics with Moment of Inertia values, which is a non-invasive and non-destructive analysis and low cost.

**KEYWORDS:** Yogurt, beer, Moment of Inertia

## INTRODUÇÃO

A viscosidade está ligada ao escoamento de um fluido, estando relacionada às forças de cisalhamento no interior do fluido. A reologia é uma forma de estudar a estrutura dos alimentos. Para determinação das características reológicas do iogurte, são feitas medidas em reômetro, aplicando-se uma força e observando-se a deformação do material. O fluido, segundo Gomes (2009), apresenta características de fluido não Newtoniano.

O conhecimento sobre as características reológicas dos alimentos permite controlar a qualidade de matérias primas em processos, fazer a relação entre as características reológicas e a estrutura dos produtos (STEFFE, 1996 apud GOMES e PENNA, 2009). Além de dimensionamento de bombas, tubulações, operações de processos, trocadores de calor. (MATHIAS et al., 2013)

Leite, leite desnatado e creme apresentam propriedades Newtonianas, nas quais a relação entre a taxa de cisalhamento é linear em relação à tensão de cisalhamento. Já leite cru e cremes exibem propriedades de fluidos não-Newtonianos quando abaixo de 40°C e baixas taxas de deformação (FOX; MCSWEENEY, 1998 apud GOMES e PENNA, 2009).

Iogurte, assim como leite condensado e creme apresentam comportamento tixotrópico, cuja viscosidade aparente é inversamente proporcional à taxa de deformação. O iogurte apresenta também comportamento viscoelástico, caracterizado por apresentar propriedades de fluido, como a viscosidade e propriedades de sólidos, como a elasticidade. (FOX; MCSWEENEY, 1998; VÉLEZ-RUIZ; BARBOSA-CANOVAS, 1998 apud GOMES e PENNA, 2009).

A cerveja apresenta características de fluido Newtoniano (OLIVEIRA e BARROS, 2011) e sua viscosidade, quando comparada à do iogurte, é menor, sendo próxima da água.

O Biospeckle é uma técnica óptica não invasiva, não destrutiva e passível de automação que vem sendo estudada para avaliar a qualidade de produtos biológicos (frutas, sementes, folhas, pele de animais, carnes) (ANSARI e NIRALA, 2013; KURENDA; ADAMIAK; ZDUNEK, 2013; AMARAL et al., 2013; ALVES; BRAGA; VILAS BOAS, 2013) e materiais não biológicos (corrosão de metais, secagem de pinturas) (ADAMIAK et al., 2012; BRAGA et al., 2011). Esta técnica permite, através do processamento de imagens, obter informações sobre a superfície em estudo a nível microscópico.

As principais técnicas empregadas na análise do fenômeno são baseadas na variação temporal dos dados com estatísticas de primeira e segunda ordem, tais como a História Temporal do Speckle (STS) e as Matrizes de Ocorrências Modificadas (MOC), permitindo tanto a criação de mapas de atividades empregando técnicas como Diferenças Generalizadas (DG) e Fujji, como a quantificação do fenômeno, empregando a técnica conhecida como Momento de Inércia (MI) (ARIZAGA, 2009).

Neste trabalho, a forma para obter informação através do Biospeckle foi o Cálculo do Momento de Inércia.

As imagens provêm de uma sequência de imagens espaçadas uma da outra por intervalos de tempo da ordem de milissegundos. De cada imagem, retira-se uma coluna amostral do centro que é posicionada ao lado da coluna da imagem subsequente, formando uma imagem cuja altura é correspondente ao tamanho da coluna em pixels e cuja largura é correspondente ao número de imagens capturadas. A matriz então obtida, também chamada de matriz STS, é auxiliar nas etapas de processamento, sendo que suas linhas representam a variação temporal dos pixels e suas colunas, a variação espacial.

A ocorrência de algum movimento superficial ou interno do material será transmitida para a figura do speckle formado e assim, a coluna observada será diferente da anterior. Por outro lado, se a figura formada for composta por linhas bem definidas, significa que não está ocorrendo mudança na formação do speckle de uma imagem para a outra, repetindo sempre o padrão anterior.

Tendo-se em vista dados da literatura sobre o comportamento reológico da cerveja e do iogurte, este trabalho tem por objetivo, determinar os valores de Momento de Inércia para amostras de cerveja e iogurte e diferenciar os tratamentos através do teste de Tukey.

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de cerveja e as amostras de iogurte foram obtidas no mercado local. Foram acondicionadas em placas de Petri acrílicas para a iluminação com laser.

Os equipamentos empregados nos ensaios ópticos incluíram um laser diodo de 632 nm de comprimento de onda (vermelho) e 10 mW de potência, uma câmera filmadora digital marca SAMSUNG® e modelo SC-HMX20C com taxa de aquisição de 30 Hz, um computador tipo PC com processador Core i7 com 4 Gb de memória RAM com softwares para o processamento das imagens, como ImageJ versão 1.48e (SCHNEIDER; RASBAND; ELICEIRI, 2012), MATLAB® versão 7.12.0.635 (R2011a, The Mathworks, Inc., Natick, MA) e o software estatístico Sisvar versão 5.3 (FERREIRA, 2003).

Foram observados dois tratamentos, sendo o Tratamento 1 composto por iogurte natural e o Tratamento 2 composto por cerveja. Cada amostra foi iluminada com laser, fazendo-se 05 repetições para cada tratamento.

Durante a iluminação foram tomados filmes de 20 s para cada amostra em cada tratamento.

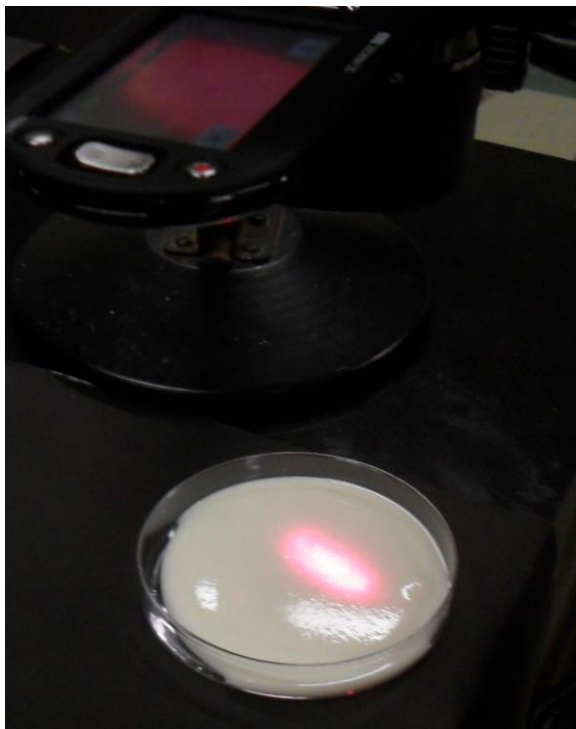


FIGURA 1. Amostra de iogurte sendo iluminada e câmera gravando as imagens.

Foi feita a segmentação dos frames sucessivos dos vídeos e assim trabalhou-se com 512 imagens de 1920 x 1080 pixels.

A partir das imagens obtidas, o processamento incluiu a conversão das cores para escala 8 bits que pode apresentar 256 níveis de cinza. Posteriormente, com o software ImageJ, foram obtidos os valores de MI.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa Sisvar 5.3.

As variáveis resposta adotadas foram valores de MI.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do Teste de Tukey, pode-se observar que os dois tratamentos foram diferenciados estatisticamente a 5% de probabilidade (Tabela 1).

TABELA 1. Análise de Variância (Teste de Tukey \*) para valores médios de Momento de Inércia (MI) para cada tratamento. Tratamento: 1 - iogurte, 2 - cerveja. **Statistical results (ANOVA and Tukey test \*) to the mean values of moment of inertia (MI) of each treatment. Treatment: 1 - yogurt, 2 - beer.**

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	1	2792.909440	2792.909440	121.598	0.0004
Repetição erro	4	112.629240	28.157310	1.226	0.4241
Total corrigido	9	2997.412440			
CV (%) =	11.71				
Média geral:	40.9160000	Número de observações: 10			

FV: Fonte de Variação; GL: Graus de Liberdade; SQ: Soma de Quadrados, feita pela soma dos quadrados das diferenças entre cada observação e a média geral do experimento; QM: Quadrados Médios, obtidos pela razão entre a Soma de Quadrados e o número de Graus de Liberdade; Fc: Valor de f calculado; Pr>Fc: Nível de significância; CV: Coeficiente de Variação.

TABELA 2. Resultado do teste de Tukey para valores médios de Momento de Inércia (MI) para cada tratamento. Tratamento: 1 - iogurte, 2 - cerveja. **Statistical results (Tukey test \*) to the mean values of moment of inertia (MI) of each treatment. Treatment: 1 - yogurt, 2 - beer.**

Teste Tukey para a FV TRATAMENTO		
DMS: 8,41571851156614 NMS: 0,05		
Média harmonica do número de repetições (r): 5		
Erro padrão: 2,14328906123276		
Tratamentos	Médias	Resultados do Teste
2	24.204000	a1
1	57.628000	a2

\*Médias seguidas pela mesma letra e número não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS: Diferença Mínima Significativa; NMS: Número Mínimo Significativo.

Pode-se observar que o tratamento 1 (iogurte) apresentou as maiores médias de Momento de Inércia. Este fato está associado à maior viscosidade apresentada pelo iogurte e também ao seu comportamento não-Newtoniano e tixotrópico.

Já a cerveja apresenta comportamento de fluido Newtoniano, e sua viscosidade é maior que a da água, porém menor que a do iogurte.

Os valores de Momento de Inércia foram maiores para o Iogurte, que apresenta

comportamento reológico de maior viscosidade.

## CONCLUSÕES

Através do cálculo do Momento de Inércia, é possível diferenciar estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, amostras de cerveja e de iogurte.

Trata-se de uma análise objetiva, de baixo custo e passível de automação.

## REFERÊNCIAS

ALVES, J. A.; BRAGA, R. A.; VILAS BOAS, E. V. DE B. Identification of respiration rate and water activity change in fresh-cut carrots using biospeckle laser and frequency approach. **Postharvest Biology and Technology**, v. 86, p. 381–386, dez. 2013.

AMARAL, I. C. et al. Application of biospeckle laser technique for determining biological phenomena related to beef aging. **Journal of Food Engineering**, v. 119, n. 1, p. 135–139, nov. 2013.

ANSARI, M. D. Z.; NIRALA, A. K. Biospeckle activity measurement of Indian fruits using the methods of cross-correlation and inertia moments. **Optik - International Journal for Light and Electron Optics**, v. 124, n. 15, p. 2180–2186, ago. 2013.

ARIZAGA, R. Methods of Dynamic Speckle Analysis: Statistical Analysis. In: RABAL, Hector J.; BRAGA JUNIOR, Roberto A. (Comp.). **Dynamic Laser Speckle and Applications**. New York: Crc Press, 2009. p. 99-104.

FERREIRA, D. **SISVAR software**: versão 5.3. Lavras: DEX/UFLA, 2003. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/~danielff/software.htm>> Acesso em: 15 nov. 2010.

FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. *Dairy chemistry and biochemistry*. London: Blackie. 1998. Apud GOMES, R. G.; PENNA, A. L. B.. **Características reológicas e sensoriais de bebidas lácteas funcionais**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 30, n. 3, p. 629-646, jul./set. 2009.

GOMES, R. G.; PENNA, A. L. B.. **Características reológicas e sensoriais de bebidas lácteas funcionais**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 30, n. 3, p. 629-646, jul./set. 2009.

KURENDA, A. et al. Effect of Cytochalasin B, Lantrunculin B, Colchicine, Cycloheximid, Dimethyl Sulfoxide and Ion Channel Inhibitors on Biospeckle Activity in Apple Tissue. **Food Biophysics**, v. 8, n. 4, p. 290–296, dez. 2013.

MATHIAS, T. R. S. et al. Avaliação do comportamento reológico de diferentes iogurtes comerciais. **Braz. J. Food Technol**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 12-20, jan./mar. 2013.

OLIVEIRA, R.C., DE BARROS, S.T.D. EFEITO DA TEMPERATURA NO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DA CERVEJA FILTRADA POR MICROFILTRAÇÃO. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.2, p.1 57-1 68, 2011 ISSN 1517-8595.

R Development Core Team (2010). **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 15 nov. 2010.

SCHNEIDER, C.A., RASBAND, W.S., ELICEIRI, K.W. "NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis". **Nature Methods** 9, 671-675, 2012.

STEFFE, J. F. Rheological methods in food process engineering. East Lansing: Fremann Press, 1996. Apud GOMES, R. G.; PENNA, A. L. B.. **Características reológicas e sensoriais de bebidas lácteas funcionais**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 30, n. 3, p. 629-646, jul./set. 2009.

VÉLEZ-RUIZ, J. F.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Rheological properties of concentrated milk as a function of concentration, temperature and storage time. *Journal of Food Engineering*, Essex, v. 35, n. 2, p. 177-190, 1998. Apud GOMES, R. G.; PENNA, A. L. B.. **Características reológicas e sensoriais de bebidas lácteas funcionais**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 30, n. 3, p. 629-646, jul./set. 2009.