

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DA CARNE ESCURA DE FRANGO EM FUNÇÃO DO CONTEÚDO DE UMIDADE E TEMPERATURA- Nov. 2013

EVALUATION OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES DARK MEAT OF CHICKEN AS A FUNCTION OF MOISTURE CONTENT AND TEMPERATURE

Thalles Eduardo de Jesus Pereira¹; Gylles Ricardo Ströher¹; Joel Fernando Nicoleti¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Apucarana – Brasil nicoleti@utfpr.edu.br

Resumo

Os tratamentos térmicos empregados nos produtos industrializados a base de carne de frango requerem o emprego do calor, e em muitos casos, seu resfriamento subsequente. Desta forma, há uma demanda de energia para que se consiga o aumento ou o abaixamento de sua temperatura. As propriedades termofísicas de alimentos, entre elas a condutividade térmica, difusividade térmica e massa específica, são parâmetros relevantes na otimização de projetos e operações que envolvem processos térmicos como pasteurização, esterilização, cocção, e sistemas de refrigeração e congelamento. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi investigar as propriedades termofísicas – condutividade térmica, difusividade térmica e massa específica – das carnes de coxa/sobrecoxa de frango em função da umidade e da temperatura. A condutividade térmica foi avaliada pelo método da sonda linear com geração interna de calor, a difusividade térmica baseou-se no método de Dickerson, enquanto a massa específica foi quantificada por picnometria. As três propriedades foram bastante afetadas pelo conteúdo de umidade, com um aumento nos valores da condutividade e difusividade térmica em teores de umidade mais altos, enquanto a massa específica teve um resultado inverso, com amostras mais densas à medida que o teor de umidade era reduzido. O efeito da temperatura conduziu a um aumento nos valores da difusividade e condutividade térmica, porém, para a massa específica, de um modo geral, promoveu seu abaixamento.

Palavras-chave: condutividade térmica; difusividade térmica; massa específica; transferência de calor.

1. Introdução

Além do consumo convencional e caseiro pelo processo de cocção da carne de frango, há uma diversidade de produtos industrializados a base desta carne. Entre estes se destacam os empanados, pastas ou patês de frango, embutidos fermentados e produtos reestruturados (ROQUE, 1996). Os tratamentos térmicos, empregados de acordo com as tecnologias e suas peculiaridades distintas, requerem o emprego do calor, e em muitos casos, o subsequente resfriamento. A

estimativa do calor total a ser adicionado ou removido, em cada processo ou etapa de processamento, está diretamente relacionada aos custos de energia de uma indústria do setor. O calor excessivo pode levar a uma redução da qualidade do produto final e onerar o processo desnecessariamente, enquanto que sua ineficiência pode acarretar em produtos sensorialmente indesejáveis e na falta de segurança alimentar.

As propriedades termofísicas de alimentos, entre elas o calor específico, condutividade térmica, difusividade térmica e densidade, são parâmetros relevantes na otimização de projetos e operações que envolvem processos térmicos como pasteurização, esterilização, cocção, e sistemas de refrigeração e congelamento (KARUNAKAR et al., 1998). De acordo com Unklesbay et al. (1999), estas propriedades térmicas, além de serem essenciais na modelagem e avaliação de operações de processamento de alimentos que envolvem transferência de calor, são especialmente importantes quando os custos de energia, qualidade e segurança alimentar são considerados. Como exemplo, a temperatura do centro geométrico de salsichas deve estar acima de 72 °C no final do aquecimento e abaixo de 15 °C no término do resfriamento para que se consiga um produto microbiologicamente seguro (AKTERIAN, 1997). Consequentemente há a necessidade de se avaliar as características de troca térmica do produto, o que demanda o conhecimento das propriedades termofísicas.

A carne de frango vem ganhando a cada ano maior representatividade nas exportações brasileiras. Prova disso foi que em 2008 o produto subiu duas posições dos dez principais produtos exportados pelo Brasil, indo da sexta para a quarta colocação, respondendo por quase 3% da receita cambial total do país. Dentro da cadeia do agronegócio brasileiro, o frango só perde para as exportações de soja em grão. Neste mesmo ano, o estado do Paraná teve o seu melhor desempenho na história, fechando o ano com recorde de exportação e produção, consolidando-se como o estado maior produtor e exportador de frango de corte do Brasil (SINDIAVIPAR, 2009).

Dentre os fatores apontados para o crescente desenvolvimento da avicultura do Paraná estão a localização geográfica, o modelo de integração adotado pela atividade e o próprio perfil do agronegócio paranaense. O modelo de integração consiste no acompanhamento técnico da indústria junto aos produtores, fornecendo insumos e acompanhamento veterinário durante o período de criação, enquanto que a intensa produção dos principais insumos da avicultura pelo Paraná, que são o milho e a soja, fortalece o agronegócio diferenciado do estado (SINDIAVIPAR, 2008).

O alto valor nutricional da carne de frango e seu preço acessível são grandes atrativos para o seu consumo, além de ser saborosa e apresentar textura macia. De acordo com USDA (2009), além de minerais como Ca, Fe, Mg, P, K, Zn, Mn e Se, a carne é rica em vitaminas, em especial do complexo B, e apresenta os nove aminoácidos essenciais ao organismo (histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina). O baixo teor de gordura da

carne do peito de frango também é outro fator importante para aqueles que buscam uma dieta mais saudável.

Marcotte et al. (2008) avaliaram a condutividade térmica, calor específico, difusividade térmica e densidade de emulsões a partir de carnes e aves domésticas processadas (mortadela bolonhesa, lingüiça italiana, peru, presunto e salsicha defumada). Como resultados, encontraram que a condutividade térmica aumentou linearmente com o aumento da temperatura entre 20 e 60 °C, permanecendo constante entre 60 e 80 °C para a maioria dos produtos, exceto para a mortadela bolonhesa. A densidade teve uma pequena queda em função da temperatura entre 20 e 40 °C, seguida de um aumento até 60 °C, voltando a apresentar um decréscimo até a temperatura final de 80 °C. Tanto a densidade quanto o calor específico foram fortemente influenciados pelo teor de carboidratos, enquanto a condutividade e a difusividade térmicas foram afetadas pelo conteúdo de sal.

Carne bovina magra, gordura e suas misturas em proporções de 1:1 foram investigadas por Farag et al. (2008) na determinação das propriedades térmicas em função da temperatura num alcance de -18 e 10 °C. Considerando a natureza das três matérias-primas, os valores da condutividade térmica, calor específico e difusividade térmica foram inferiores conforme os teores de gordura eram aumentados, avaliados numa mesma faixa de temperatura.

Embora alguns modelos matemáticos da literatura possam ser usados para a obtenção dos parâmetros termofísicos em função da composição de sistemas alimentícios e temperatura (KARUNAKAR et al., 1998; GONZO, 2002; WANG et al., 2006; CARSON, 2006), há um consenso que estes modelos não podem ser empregados indiscriminadamente devido aos desvios causado pela complexidade das matérias alimentícias (MARCOTTE et al., 2008).

Apesar de os valores das propriedades termofísicas da carne de frango poderem ser conseguidas através destas correlações empíricas, há uma carência de informações experimentais considerando a carne de frango nacional e dados mais atuais, o que contribui com a relevância desta investigação. Como justificativa adicional está a expansão do setor industrial avícola do estado do Paraná e sua contribuição econômica e social à região. Desta forma, o objeto deste trabalho foi determinar experimentalmente as propriedades termofísicas – condutividade térmica, difusividade térmica e densidade – das carnes da coxa/sobrecoxa de frango em função da umidade e da temperatura.

2. Material e Métodos

As coxas e sobrecoxas de frango, com pele e resfriadas, foram adquiridas da empresa Big Frango, situada no município de Rolândia, Paraná, Brasil. Após a separação da pele e do excesso de

gordura, as carnes foram estocadas em freezer doméstico (- 18 °C) para as análises posteriores.

Tanto para a quantificação da composição centesimal da carne do peito de frango quanto para ensaios experimentais na determinação de suas propriedades termofísicas, as carnes foram descongeladas em refrigerador (1 °C) por 48 h, desossadas, e em seguida trituradas em um moedor de carne (Marca Arbel, Modelo MTU 08) e misturadas manualmente.

2.1 Composição Centesimal

A composição centesimal das carnes da coxa/sobrecoxa de frango foi avaliada em 6 réplicas para o cálculo da média. O conteúdo de umidade foi determinado pelo método gravimétrico em estufa de circulação forçada (AOAC, 1997) a uma temperatura de 105 °C por 3 h; a quantificação do teor de lipídeos totais foi de acordo com a técnica proposta por Blingh e Dyer (1959) empregando clorofórmio e metanol como solventes; a avaliação de proteínas foi feita pelo método de determinação de nitrogênio total kjeldahl (AOAC, 1997) pela transformação da matéria orgânica em sulfato de amônio em um digestor, seguindo para as etapas de neutralização com NaOH e destilação do nitrogênio, por fim, titulou-se o destilado com ácido clorídrico padronizado; as cinzas totais foram determinadas por incineração da amostra em forno mufla com temperatura programada em torno de 550 °C por 4h (AOAC, 1997) e o resultado obtido por diferença de massa antes e após incineração.

2.2 Propriedades Termofísicas

Para avaliar o efeito do teor de umidade sobre as propriedades termofísicas, a redução do conteúdo de umidade das carnes da coxa/sobrecoxa de frango moídas foi conseguida com auxílio de uma estufa de circulação forçada (Marca Marconi, Modelo MA 033/216) a 60 °C, no qual as carnes foram dispostas sobre bandejas em seu interior. Além da carne in natura reservada, em quatro tempos pré-programados e subseqüentes parcelas de amostras eram retiradas do interior da estufa, totalizando desta forma, cinco conteúdos de umidades distintos.

2.2.1 Condutividade Térmica

As medidas da condutividade térmica foi conseguida pela metodologia da sonda linear em regime transiente, confeccionada com resistência elétrica níquel-cromo e termopar isolados eletricamente entre si em seu interior (SAHIN e SAMMU, 2006). O aparato de cilindro de alumínio (L=27,5 cm, D=5,30 cm) utilizado nos experimentos foi previamente calibrado com água

imobilizada empregando carragena 1% (p/p) (OLIVEIRA et al., 2005). As amostras, com distintos teores de umidade para cada ensaio, foram introduzidas no cilindro de alumínio e compactadas para remoção de bolsas de ar. Em seguida, a sonda foi inserida em seu centro geométrico, contendo a amostra, e o conjunto (cilindro-amostra-sonda) foi devidamente vedado para mergulhá-lo em um banho ultratermostatizado (Marca Marconi, Modelo MA-184) com água. Após a amostra entrar em equilíbrio com as temperaturas pré-programadas (5 - 80 °C) do banho, uma corrente elétrica (1 A) foi gerada com auxílio de um fonte de tensão controlada de 10 V e lida por um amperímetro, enquanto a temperatura era registrada a cada segundo por um registrador de dados Field Logger (Marca Novus).

O equacionamento para este sistema foi baseado na equação da conservação da energia em coordenadas cilíndricas, fluxo de calor radial, com geração interna de calor e condutividade térmica constante. De acordo com as condições de contorno apropriadas, tem-se como solução analítica a equação (1) (SAHIN e SAMMU, 2006).

$$T_2 - T_1 = \frac{\dot{Q}}{4k\pi} \ln\left(\frac{t_2}{t_1}\right) \quad (1)$$

Com o valor da taxa de transferência de calor por metro linear da sonda térmica (\dot{Q}) calculado pela equação (2), e a partir dos pontos experimentais de temperatura (T) e tempo (t), avaliados na faixa linear compreendida entre os pontos inicial (subscrito 1) e final (subscrito 2), foi possível obter os valores de k pelo coeficiente angular da Eq. (1), obtido por uma regressão linear.

$$\dot{Q} = \frac{U \cdot i}{l} \quad (2)$$

sendo U a tensão (10 V), i a corrente elétrica (1 A) e L o comprimento (0,22 m) do fio de resistência elétrica.

2.2.2 Difusividade Térmica

A difusividade térmica foi avaliada pelo método de Dickerson (1965) empregando um cilindro de bronze com as dimensões R=15 mm e L = 220 mm previamente calibrado com água immobilizada empregando carragena 1% (p/p) (OLIVEIRA et al., 2005). O cilindro foi preenchido com as amostras e termopares tipo K foram alocados em seu centro geométrico e na parede para em seguida, ser submerso em banho ultratermostatizado (Marca Marconi, Modelo MA-184). A elevação de temperatura do banho foi programada na faixa de 5 a 90 °C, a uma taxa de 2 °C/min, e registrada a cada segundo por um registrador de dados Field Logger (Marca Novus).

O equacionamento foi baseado na equação da conservação da energia em coordenadas cilíndricas, regime transiente, fluxo de calor radial, sem geração interna de calor, condutividade

térmica e taxa de elevação de temperatura constante ($dT/dt=A$). De acordo com as condições de contorno apropriadas, tem-se como solução analítica a equação (3):

$$(T_R - T_c) = \frac{A}{4\alpha} R^2 \quad (3)$$

onde R é o raio do cilindro com temperatura correspondente a T_R , T_c a temperatura do centro do cilindro, A a taxa (dT/dt) de elevação de temperatura ($^{\circ}\text{C}/\text{min}$) e α a difusividade térmica.

Com os valores de A , da diferença de temperaturas da parede e do centro do cilindro (T_R-T_c) avaliados na faixa linear e do raio do cilindro (R) foi possível obter os valores da difusividade térmica (α) a partir da equação (3) em função da temperatura média $[(T_R+T_c)/2]$.

2.2.3 Massa Específica

A massa específica foi avaliada por picnometria (MOHSEIN, 1986) empregando água destilada como fluido picnométrico. A escolha deste fluido se deu por não ser reativo às amostras, ser não-voláteis, não ter ação de solvente, por não ser tóxicos e possuir densidade inferior à matéria-prima.

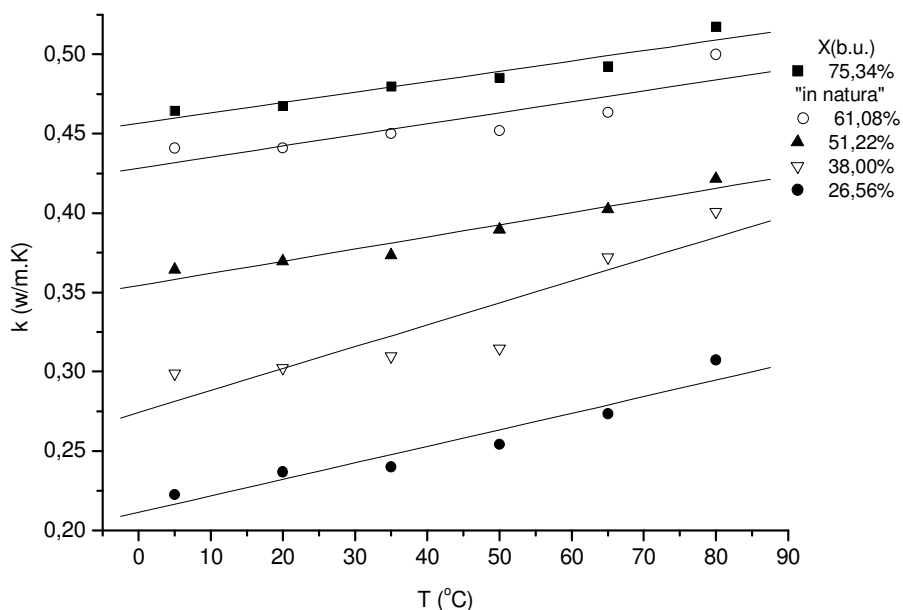
Os picnômetros foram previamente calibrados com água destilada a temperatura ambiente. A elevação de temperatura foi conseguida imergindo o picnômetro com as amostras em banho ultratermostatizado (Marca Marconi, Modelo MA-184) com varredura de temperatura entre 5 e 80 $^{\circ}\text{C}$.

3. Resultados e Discussão

Na avaliação da composição centesimal das carnes da coxa/sobrecoxa de frango avaliada neste trabalho, a média das seis réplicas apresentou 75,19 ($\pm 1,90$)% de água, 17,65 ($\pm 0,86$)% de proteínas, 5,66 ($\pm 0,70$)% de lipídeos e 1,09 ($\pm 0,08$)% de cinzas estando estes valores próximos ao encontrados em outros trabalhos. Torres et al. (2000) reportaram para a carne da coxa de frango 70,51% para umidade, 18,09% para proteínas, 9,32% para lipídeos e 0,78% para cinzas. Conforme a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (DAG et al., 2006), a carne da sobrecoxa de frango contém 72,7% de água, 17,6% de proteínas, 9,6% de lipídeos e 0,9% de cinzas. Para a carne da coxa foram encontrados 76,6% de água, 17,8% de proteínas, 4,9% de lipídeos e 0,9% de cinzas.

Os valores da condutividade térmica foram investigados em função do conteúdo de umidade e da temperatura da amostra. A Figura 1 apresenta este resultado para as carnes da coxa/sobrecoxa de frango.

Figura 1 – Efeito da temperatura e do conteúdo de umidade das carnes da coxa/sobrecoxa de frango sobre a condutividade térmica.

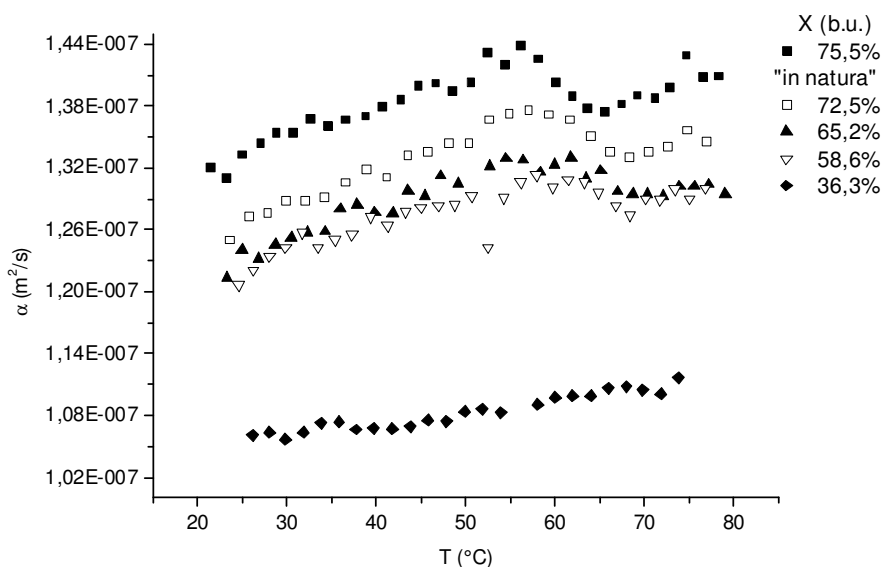


De um modo geral, a faixa de valores da condutividade térmica, nos limites de temperatura e conteúdo de umidade avaliados, situaram-se entre 0,22 e 0,51 W/m.K, observando-se uma clara tendência da condutividade aumentar com a elevação da temperatura (T) e com o aumento do conteúdo de umidade (X). Marcotte et al. (2008) encontraram para a carne de peru, com conteúdo de umidade de 74,88%, os valores da condutividade térmica entre 0,332 e 0,482 W/m.K nas temperaturas de 22 e 79 °C, respectivamente.

Optou-se por um ajuste linear aos pontos experimentais, com coeficiente de correlação (R) superior a 0,88 para a condição menos favorável à linearidade. Apesar da temperatura influenciar o valor da condutividade térmica, percebe-se que o teor de umidade tem uma maior influência observados pelos espaçamentos entre as retas, além de uma queda acentuada de seus valores em conteúdos de umidades menores.

Em relação aos resultados encontrados para os valores da difusividade térmica das carnes da coxa/sobrecoxa de frango, a Figura 2 ilustra o comportamento desta propriedade em função da temperatura e do conteúdo de umidade.

Figura 2 – Efeito da temperatura e do conteúdo de umidade das carnes da coxa/sobrecoxa de frango sobre a difusividade térmica.



O alcance observado para a difusividade térmica avaliada em toda faixa de temperaturas e umidades consideradas ficaram entre $1,06 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ em seu valor extremo inferior e $1,42 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ em seu limite superior.

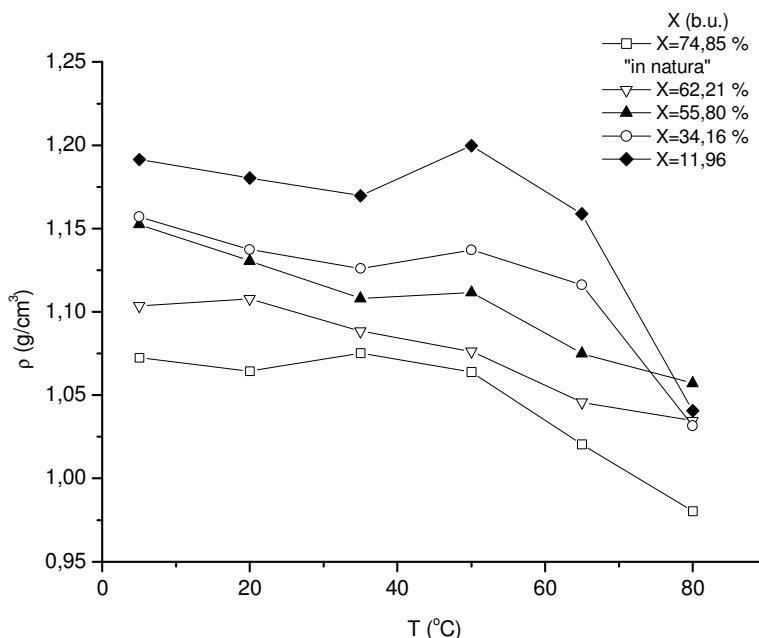
Nas temperaturas iniciais da medida da difusividade térmica para as carnes da coxa/sobrecoxa fresca (*in natura*), o valor encontrado é próximo a $1,30 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$. Cengel (2006) reportou a difusividade térmica da carne de peito de frango, a $0 \text{ }^\circ\text{C}$, num valor de $1,30 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ e nos experimentos de Huang e Liu (2009) o valor encontrado foi $1,524 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$, porém estes autores não informam a temperatura do produto.

Em relação ao efeito do conteúdo de umidade sobre os valores da difusividade térmica, nota-se, pela Figura 2, um aumento de seus valores conforme o teor de umidade é aumentado, evidenciando uma queda acentuada em seu menor limite de umidade avaliado (36,3%). O comportamento desta propriedade em relação à temperatura tende a apresentar seus valores aumentados com a elevação da temperatura. Entretanto, em conteúdos de umidade altos, observa-se um aumento no valor da difusividade térmica próximo a $55 \text{ }^\circ\text{C}$, sendo que, a partir desta temperatura, ocorre uma redução desta grandeza. Por outro lado, este efeito não é observado na amostra com menor teor de umidade, onde ocorre um aumento da difusividade térmica em toda faixa de temperatura avaliada. Esta queda nos valores da difusividade térmica das amostras com umidades altas, talvez pode ser explicada pela exsudação da água contida no interior do alimento para suas extremidades, a qual arrasta a gordura já fundida pelo calor, formando desta forma, uma camada isolante à transferência de calor, pois foi observado nestas condições, que ao final do experimento, a quantidade de líquido contido no cilindro era expressiva, diminuindo desta forma o

diâmetro da amostra no interior do cilindro. Nestas faixas, em que ocorre a diminuição dos valores da difusividade térmica com o aumento da temperatura, não podem ser bem aceitas e nem aplicadas uma vez que a literatura aponta resultados inversos, colocando, desta forma, a validade deste método em questionamento para estas condições.

Os dados da massa específica das carnes da coxa/sobrecoxa de frango em função da temperatura e do conteúdo de umidade são apresentados na Figura 3. Há uma nítida tendência dos valores da massa específica aumentarem conforme o teor de umidade é reduzido, entretanto, na temperatura mais alta avaliada (80 °C), este efeito é menos pronunciado.

Figura 3 – Efeito da temperatura e do conteúdo de umidade das carnes da coxa/sobrecoxa de frango sobre a massa específica.



Para a condição in natura das amostras da carne do peito de frango, em temperaturas até 35 °C, o valor da massa específica ficou próxima de 1,075 g/cm³. Marcotte et al. (2008) encontraram que os valores da massa específica para diversos produtos a base de carne de aves domésticas ficaram na faixa entre 1,035 g/cm³ e 1,055 g/cm³ tomados em temperatura próxima de 22 °C, entretanto, este autores trabalharam com emulsões cárneas de produtos processados.

Observa-se na Figura 3 uma clara tendência de haver uma redução inicial do valor da massa específica próximo à temperatura de 35 °C, voltando a elevar-se próximo a temperatura de 50 °C, sofrendo mais uma vez uma queda até alcançar 80 °C. Este mesmo comportamento foi encontrado por Marcotte et al. (2008) e, segundo os autores, a queda da densidade pode ser possivelmente pela gelificação da proteína da carne que provoca um pequeno aumento do volume da amostra. Em contrapartida, conforme o aquecimento da carne é mantido, a fase em que observa-se o aumento do

valor da densidade pode ser devido à fusão da gordura contida no alimento.

4. Conclusão

As três propriedades das carnes da coxa/sobrecoxa de frango foram bastante afetadas pelo conteúdo de umidade, com um aumento nos valores da condutividade e difusividade térmicas conforme o teor de umidade foi aumentado, enquanto a massa específica teve um resultado inverso, com amostras mais densas à medida que a quantidade de umidade era diminuída. O efeito do aumento da temperatura conduziu a aumento nos valores da difusividade e condutividade térmicas maiores, com exceção nos valores da difusividade térmica das amostras mais úmidas próximos à temperatura de 50 °C, onde observou-se uma queda. Para a massa específica, de um modo geral, houve um abaixamento em seus valores com a elevação da temperatura, em especial em amostras mais secas.

Abstract

The heat treatment employed in the industrial products of chicken meat require the use of heat, and in many cases their subsequent cooling. Thus, there is a demand for energy that can increase or lowering of its temperature. The thermophysical properties of foods, including thermal conductivity, thermal diffusivity and density are significant parameters for optimal design and operations that involve thermal processes such as pasteurization, sterilization, cooking, and refrigeration and freezing. In this context, the objective of this study was to investigate the thermophysical properties - thermal conductivity, thermal diffusivity and specific mass - the meat of the thigh / drumstick chicken as a function of moisture and temperature. The thermal conductivity was evaluated by linear probe with the internal generation of heat, thermal diffusivity was based on the method of Dickerson, while the density was quantified by pycnometry. The three properties were highly affected by moisture content, with an increase in the values of conductivity and thermal diffusivity at higher moisture contents, while the density has an opposite result, with denser samples as the moisture content was reduced. The effect of temperature led to an increase in the values of thermal conductivity and diffusivity, however, for the specific mass, in general, promotes its lowering.

Key-words: thermal conductivity; thermal diffusivity; specific mass; heat transfer.

Agradecimentos

Os autores agradecem o Auxílio Financeiro concedido pelo CNPq (Proc. 473092/2009-3) e à Fundação Araucária pela Bolsa de Iniciação Científica (PIBIC 2010/2011 e 2011/2012).

Referências

AKTERIAN, S.G. Control strategy using functions of sensitivity for thermal processing of sausages. **Journal of Food Engineering**, v. 31, p. 449-455, 1997. DOI: 10.1016/S0260-8774(96)00064-7.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official **methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International**. 16 ed. Washington: Williams Horwitz, 1997. 1141p.

- BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959. DOI: 10.1139/cjz-2013-0128.
- CARSON, J.K. Review of effective thermal conductivity models for foods. **International Journal of Refrigeration**, v.29, p.958-967, 2006. DOI: 10.1016/j.ijrefrig.2006.03.016.
- CENGEL, Y. A. **Heat transfer – a practical approach**. 3a. ed. McGraw-Hill . New York, NY., 2004.
- DAG, M. L. et al. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 2a. ed., NEPA - Unicamp, Campinas, SP, 2006. 113p.
- DICKERSON, R.W. An apparatus for measurement of thermal diffusivity of food. **Food Technology**, v.5, n.19, p. 198-204, 1965.
- FARAG, K.W.; LYNG, J.G.; MORGAN, D.J.; CRONIN, D.A. Dielectric and thermophysical properties of different beef meat blend over a temperature range of -18 to + 10 °C. **Meat Science**, v. 79, p. 740-747, 2008.
- GONZO, E.E. Estimating correlations for the effective thermal conductivity of granular materials. **Chemical Engineering Journal**, v. 90, p. 299-302, 2002. DOI: 10.1016/S1385-8947(02)00121-3.
- HUANG, L.; LIU, LIN-SHU. Simultaneous determination of thermal conductivity and thermal diffusivity of food and agricultural materials using a transiente plane-source method. **Journal of Food Engineering**. v. 95, p. 179-185, 2009. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2009.04.024.
- KARUNAKAR, B., MISHRA, S.K., BANDYOPADHYAY, S. Specific heat and thermal conductivity of shrimp meat. **Journal of Food Engineering**, v. 37, p. 345-351, 1998. DOI: 10.1016/S0260-8774(98)00071-5.
- MARCOTTE, M., TAHERIAN, A. R., KARIMI, Y. Thermophysical properties of processed meat and poultry products. **Journal of Food Engineering**, v. 88, p. 315-322, 2008. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2008.02.016.
- MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**. Gordon & Breach Sci., 1986.
- OLIVEIRA, G.S., TRIVELIN, M.O., FILHO, J.F.L., THOMÉO, J.C. Thermo-physical properties of cooked ham. **International Journal of Food Properties**, v. 8, n. 2, p. 387-394, 2005. DOI: 10.1081/JFP-200059501.
- ROQUE, V. F. **Aproveitamento de resíduos de carne de frango : uma análise exploratoria**. 1996. 84f. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
- SAHIN, S.S.; SUMMU, S.G. **Physical properties of foods**. Ed. Springer, 2006.
- SINDIAVIPAR. **Revista Avicultura do Paraná**, ano 1, n. 5, 2008.
- SINDIAVIPAR. **Revista Avicultura do Paraná**, ano 2, n. 8, 2009.
- TORRES, E.A.F.S.; CAMPOS, N. C.; DUARTE, M.; GARBELOTTI, M.L.; PHILIPPI, S. T.; MINAZZI-RODRIGUES, R.S. Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 20, n. 2, p. 145-150, 2000. DOI: 10.1590/S0101-20612000000200003.
- UNKLESBAY, N., UNKLESBAY, K., CLARKE, A.D. Thermal properties of restructured feef snack sticks throughout smokehouse processing. **Food Science and Technology**, v. 32, p. 527-534, 1999. DOI: 10.1006/fstl.1999.0591.
- USDA. **Departamento de Agricultura dos Estados Unidos..** Disponível em: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl>. Acesso em 27.jun.2009.
- WANG, J.F., CARSON, J.K., NORTH, M.F., CLELAND, D.J. A new approach to the modeling of the effective thermal conductivity of heterogeneous materials. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, v. 49, n. 17-18, p. 3075-3083, 2006. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2006.02.007.
-