

Influência do cozimento de alimentos em fogão solar tipo parabólico nas propriedades físico-químicas e microbiológicas

S. A. Ramalho¹; M. B. Dória²; O. A. Teixeira³; J. J. S. Moreira¹; N. Narain¹, M. L. Nunes¹; L. C. L. de Aquino¹

¹Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe, 49100-000, São Cristóvão-Se, Brasil

²Cozinha Escola Experimental Solar, Universidade Federal de Sergipe, 49100-000, São Cristóvão-Se, Brasil

³Centro de Ciências Sociais e Aplicadas, Universidade Federal de Sergipe, 49100-000, São Cristóvão-Se, Brasil

aquinoluciana@hotmail.com

suyare@gmail.com

(Recebido em 23 de agosto de 2011; aceito em 09 de janeiro de 2012)

O estudo de tecnologias relacionadas com a energia solar vem aumentando consideravelmente nos últimos anos, devido à preocupação, principalmente ambiental, no uso de energias limpas. Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do cozimento em fogão solar tipo parabólico nas características físico-químicas e microbiológicas de feijão e carnes bovina e de frango. Dentre os parâmetros analisados, maiores diferenças foram observadas nos teores de proteínas, na carne bovina; carne de frango e feijão cozidos em fogão solar apresentaram teores de proteínas de 36,01%, 31,20%, 19,97%, respectivamente e os mesmos cozidos em fogão convencional GLP apresentaram teores de 26,55%, 27,82%, 6,59%, respectivamente. As carnes de frango e bovina *in natura* apresentaram coliformes termotolerantes da ordem de 10² NMP/g. Os alimentos cozidos em fogão solar e GLP apresentaram valores menores que 3,0 NMP/g, evidenciando a eliminação da carga microbiana inicial. O fogão solar tipo parabólico proporcionou a obtenção de alimentos cozidos com maior teor de proteínas do que o obtido pelos alimentos cozidos em fogão GLP. Além disto, o fogão solar, assim como o GLP, demonstrou eficiência para a eliminação de coliformes termotolerantes da matéria prima.

Palavras-chave: energia solar; controle de qualidade; cozimento

The study of technologies related to solar energy has increased considerably in recent years due to concerns, especially environmental, the use of clean energy. This study aimed to evaluate the influence of cooking in solar cooker parabolic type in the physico-chemical and microbiological features of beans, beef and chicken. Among the analyzed major differences were observed in the protein, beef, chicken and beans cooked in solar cooker had protein levels of 36.01%, 31.20%, 19.97%, respectively, and the same cooked in conventional oven LPG showed levels of 26.55%, 27.82%, 6.59%, respectively. The fresh chicken and beef showed thermotolerant coliforms the order of 10² MPN/g. The food cooked in solar cooker and LPG had values lower than 3.0 MPN/g, showing the elimination of the initial microbial charge. The parabolic solar cooker type provided cooked food to obtain more protein content than that obtained by food cooked in LPG stove. Furthermore, the solar cooker, as well as LPG, demonstrated efficacy for the removal of thermotolerant coliforms of raw materials.

Keywords: solar energy; quality control; cooking

1. INTRODUÇÃO

O cozimento com a energia do sol não é uma idéia recente. De acordo com Halacy e Halacy (1992) o primeiro cientista que testou o cozimento solar foi um alemão físico chamado Tschirnhausen (1651-1708). Ele usou uma lente grande para concentrar os raios do sol e ferver água em um pote de argila [1]. O emprego do fogão solar como uma alternativa energética na cocção dos alimentos é atualmente uma alternativa ecologicamente importante e correta, tendo em vista que mais de 3 bilhões de pessoas dependem diariamente de lenha para satisfação de suas necessidades energéticas direcionadas para a utilização domiciliar (cocção de alimentos e aquecimento) [1].

A principal vantagem do uso do fogão solar é a disponibilidade de energia gratuita e abundante, além da ausência de chamas, fumaça, perigo de explosões e incêndios. A energia solar não polui durante seu uso entretanto, o método não elimina o uso do fogão convencional, pois o fogão solar não pode ser usado em dias chuvosos ou à noite. O tempo de cozimento é maior no fogão solar e a maior dificuldade está na modificação de hábitos tendo em vista que o cozimento precisa ser feito fora de casa [1,2].

Muitos países já se encontram adeptos desta tecnologia, a “Solar Cookers International” (SCI), por exemplo, desenvolveu e vem financiando um extenso programa no Kenia possibilitando a aquisição de fogões solares para mais de 15.000 famílias que vivem nos campos de refugiados. A UNESCO também mantém um projeto para construção de fogões solares (“UNESCO Funds Solar Cooking Project in Zimbabwe”), em cooperação com o Departamento de Energia de Zimbabwe e o Centro de Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Zimbabwe [3].

Os fogões solares são classificados em 4 tipos de acordo com o tipo de coletor e o local de cozimento (Figura 1): coletor de prato plano de uso direto ou tipo caixa (tipo A), onde a panela de cozimento é colocada diretamente no coletor; coletor de prato plano de uso indireto (Tipo B), onde a energia é transportada do coletor ao local de cozimento por transferência de calor; refletor parabólico de uso direto (tipo C), o refletor parabólico concentra a luz solar na panela de cozimento; refletor parabólico de uso indireto (tipo D) a transferência de calor para o meio é similar ao tipo B [4].

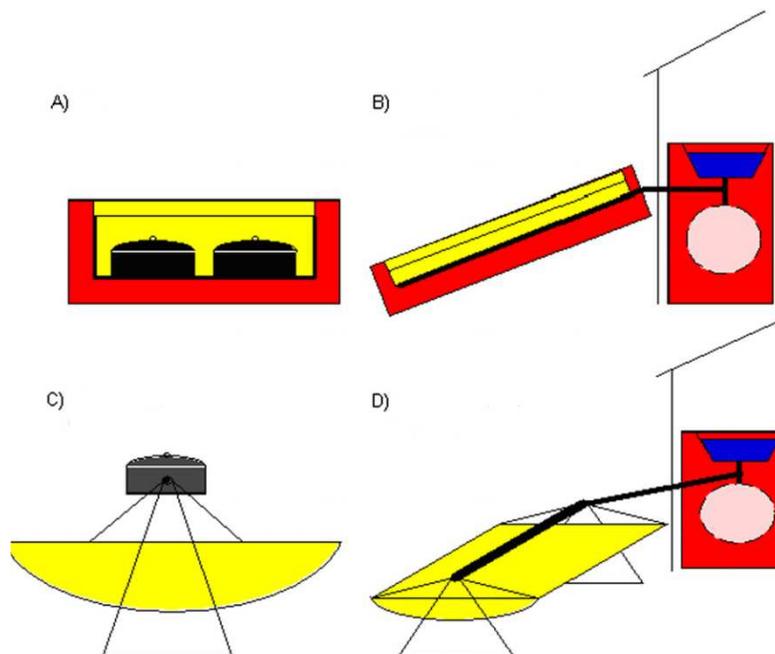


Figura 1: Tipos de fogões solares (adaptado de Schwarzer e Silva⁴)

Os fogões solares tipo caixa e parabólico são os mais utilizados por famílias em áreas urbanas e semi-urbanas, em termos percentuais o funcionamento de fogões solares pode representar uma redução anual de 83,3% no consumo de gás liquefeito de petróleo (GLP). Essa redução, do ponto de vista sócio-ambiental pode ser traduzida através da economia financeira alcançada e da redução da emissão de substâncias poluentes [5]. A desvantagem destes equipamentos é que funcionam somente com a radiação direta, devendo estar corretamente orientados para o sol para o funcionamento correto. A orientação incorreta ou a presença de nuvens podem reduzir bastante à eficiência do fogão concentrador. Além disto, a estrutura do fogão não resiste a ventos intensos, as junções das peças se desprendem com muita facilidade e há a necessidade de um acompanhamento constante para que o alimento não queime [1,6].

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência do cozimento em fogão solar tipo Parabólico nas características físico-químicas e microbiológicas de carnes bovina e de frango e de feijão. Para fins de comparação foi também realizado o cozimento destes alimentos no fogão convencional a Gás Liquefeito de Petróleo (GLP).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As carnes bovina e de frango e o feijão foram obtidos de uma Cooperativa agroindustrial no município de Nossa Senhora do Socorro do Estado de Sergipe. As amostras foram coletadas em sacos plásticos estéreis e transportadas para o Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFS em caixas de isopor para a realização das análises. Os experimentos de cozimento foram realizados na Cozinha Escola Experimental Solar - CEES (projeto da Secretaria de Inclusão, Assistência e do Desenvolvimento Social (SEIDES) do Governo do Estado de Sergipe, executado pelo Sergipe Parque Tecnológico sob patrocínio da UNESCO) localizada no município de Nossa Senhora do Socorro no Estado de Sergipe.

O fogão parabólico utilizado foi do modelo SUN ICE (Alemanha) (Figura 2). O sistema possui um dispositivo óptico (refletor ou lente) entre a fonte de radiação (sol) e a superfície absorvedora. A área da superfície absorvedora é menor do que a área do dispositivo de captação da energia solar, de modo a aumentar a intensidade energética. O fogão parabólico é composto por um refletor em alumínio com alto grau de polimento e uma estrutura suporte em alumínio durável. A panela de cocção foi de fundo negro para absorver melhor a radiação solar e o volume máximo de 10 litros [7].



Figura 2 – Fogão solar tipo parabólico (fogão solar da cozinha escola experimental solar –CEES, Aracaju-SE).

Inicialmente as carnes bovina e de frango (sem gordura) foram descongeladas em geladeira convencional (6°C), desossadas e cortadas em pedaços. Em seguida, as carnes e o feijão foram separadamente cozidos no fogão solar tipo parabólico e no fogão GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) industrial. A temperatura de cozimento foi monitorada a cada 30 min utilizando um piranômetro até atingir 100°C.

Para avaliar a influência do cozimento nas propriedades físico-químicas os alimentos cozidos no fogão solar e no fogão industrial GLP foram analisados (em triplicata), segundo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz [8], quanto aos teores de: cinzas (%), atividade de água, acidez titulável (%), pH, lipídios (%) e proteínas (%). Os teores de carboidratos foram calculados por diferença, onde foram subtraídos de 100 os valores obtidos de umidade, teor de cinzas, lipídeos e proteínas [9].

Em relação às características microbiológicas, os alimentos cozidos foram analisados quanto ao número mais provável de coliformes totais e termotolerantes, utilizando a técnica NMP de 3 séries de 3 tubos segundo metodologia descrita em Silva et al. [10]. Inicialmente preparou-se

diluições de 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} das amostras de alimentos cozidos em água peptonada 0,1%. Para o teste presuntivo adicionou-se 1mL de cada diluição nos tubos contendo caldo lactose, mantendo-se à temperatura de 35°C durante 24-48h. Dos tubos positivos no caldo lactose (que apresentaram turbidez e formação de gás) retiraram-se alíquotas de amostra e transferiu-se para tubos contendo o caldo verde brilhante, estes foram mantidos à temperatura de 35 a 37°C durante 48h. O teste confirmativo para coliformes termotolerantes foi realizado transferindo-se alíquotas dos tubos positivos do caldo lactose para tubos contendo o caldo EC, estes foram mantidos à temperatura de 44,5-45,5°C durante 48h. Para a determinação do número mais provável de coliformes utilizou-se a tabela estatística NMP [10].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cozimento em fogão solar tipo parabólico do feijão e das carnes de frango e bovina foi realizado em dia ensolarado, onde a temperatura máxima atingida foi de 100°C com oscilações de 15°C. Como o desempenho do fogão parabólico é em função da incidência dos raios solares (posição do sol), os alimentos requerem maior tempo para o cozimento. Como consequência, no fogão parabólico o feijão, a carne de frango e carne bovina foram cozidos em cerca de 3,5, 3,5 e 4,0 h, respectivamente e no fogão GLP convencional, os tempos de cozimento foram em torno de 1,0, 1,0, 1,35 h, respectivamente.

Em relação às análises físico-químicas o feijão cozido em fogão parabólico e em fogão GLP apresentou diferenças significativas em todos os parâmetros com exceção da atividade de água (Tabela 1). O feijão cozido em fogão parabólico apresentou maior teor de proteínas (19,97%) e lipídios (1,88%) do que o feijão cozido em fogão GLP (teor de proteínas de 6,60%, teor de lipídeos 1,77%). Entretanto o teor de cinzas (1,34%), acidez (0,26%) e carboidratos (64,82%) foi menor no feijão cozido em fogão parabólico do que no cozido em GLP (1,79% de cinzas, 0,48% de acidez e 64,82% de carboidratos). Provavelmente, o fato da temperatura de cozimento (100°C) ter sido alcançada lentamente no fogão solar pode ter contribuído para menores perdas de proteínas no alimento cozido por este fogão. Por outro lado, no fogão GLP convencional a temperatura de 100°C foi atingida em 20 min, e mantida constante até o final da cocção, desta forma, os nutrientes mais sensíveis ao calor (como as proteínas) provavelmente foram desnaturados durante o processo, o que resultou em menores valores nos alimentos cozidos.

Os teores de carboidratos (11,98%), proteínas (36,01%) e lipídios (1,45%) na carne bovina cozida em fogão solar foram maiores do que os teores obtidos na carne cozida em fogão GLP (teor de carboidratos de 10,20%, teor de proteínas de 26,55% e teor de lipídios de 1,03%). Para a carne de frango cozida em fogão solar os teores de proteínas (31,20%) e lipídeos (2,32%) foram maiores do que os obtidos pela carne cozida em fogão GLP (27,82% de proteínas e 1,17% de lipídeos). Uma hipótese para estas diferenças seria que no cozimento em fogão solar as moléculas do alimento são aquecidas da superfície até o interior da massa muscular, de maneira que o aquecimento ocorre em camadas sucessivas e em temperaturas inferiores a 90°C. Como consequência, ocorre a coagulação das proteínas na superfície do alimento, formando um envoltório, que evita a perda de outros componentes presentes na carne como os carboidratos. Em contrapartida, no fogão GLP como a temperatura de cozimento é rapidamente atingida e mantida constante durante todo o tempo de cocção, o alimento é cozido em temperaturas elevadas uniformemente da superfície ao interior, resultando em maior degradação dos nutrientes [11].

Os teores de cinzas e umidade foram menores na carne bovina (0,99% e 50%, respectivamente) e carne de frango (0,98%, 58,93%, respectivamente) cozidas em fogão solar do que nas cozidas em fogão GLP (teor de cinzas de 1,38% e umidade de 60,81% para carne bovina e teor de cinzas de 1,17% e umidade de 62,69% para a carne de frango). Foi observado que as carnes cozidas em fogão solar apresentaram aparência ressecada, o que sugere a hipótese de perda de líquidos (água e de sais minerais) do alimento devido ao maior tempo de cozimento. Já a carne cozida em fogão GLP apresentou aparência suculenta, o que provavelmente sugere menores perdas de sais minerais devido ao menor tempo de cozimento sob temperaturas elevadas.

Não há relatos na literatura sobre o estudo do efeito do cozimento nas características físico-químicas de alimentos cozidos em fogão solar tipo parabólico, não sendo possível comparar os resultados obtidos neste trabalho.

Tabela 1: Análises físico-químicas dos alimentos cozidos em fogão solar parabólico e fogão GLP industrial

	Feijão		Carne bovina		Carne de frango	
	Fogão GLP	Fogão parabólico	Fogão GLP	Fogão parabólico	Fogão GLP	Fogão parabólico
Cinzas (%)	1,79 ^a ±0,02	1,34 ^b ±0,03	1,38 ^a ±0,00	0,99 ^b ±0,00	1,17 ^a ±0,05	0,98 ^b ±0,00
pH	6,53 ^b ±0,00	6,73 ^a ±0,00	5,71 ^b ±0,00	6,27 ^a ±0,01	5,78 ^b ±0,03	6,10 ^a ±0,06
Acidez (%)	0,48 ^a ±0,01	0,26 ^b ±0,01	0,55 ^a ±0,00	0,48 ^b ±0,00	1,03 ^a ±0,01	0,88 ^b ±0,01
Lipídios (%)	1,77 ^b ±0,01	1,88 ^a ±0,00	1,45 ^b ±0,03	1,03 ^a ±0,01	1,17 ^b ±0,01	2,32 ^a ±0,01
Proteínas (%)	6,60 ^b ±0,01	19,97 ^a ±0,04	26,55 ^b ±0,00	36,00 ^a ±0,01	27,82 ^b ±0,11	31,20 ^a ±0,01
Atividade e de água (%)	0,98 ^a ±0,00	0,98 ^a ±0,00	0,98 ^a ±0,01	0,98 ^a ±0,00	0,97 ^a ±0,00	0,97 ^a ±0,00
Carboidratos (%)	64,82 ^a ±0,10	45,79 ^b ±0,06	10,21 ^a ±0,06	11,98 ^b ±0,05	7,13 ^a ±0,07	6,57 ^b ±0,05
Umidade (%)	25,02 ^a ±0,01	31,03 ^b ±0,01	60,81 ^a ±0,02	50,00 ^b ±0,02	62,69 ^a ±0,02	58,93 ^b ±0,01

^{a,b} Letras iguais para a mesma linha indicam que não há diferença significativa pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em relação às análises microbiológicas (Tabela 2), as amostras de feijão, carne bovina e carne de frango cozidas em fogão solar apresentaram número mais provável de coliformes totais de $1,1 \times 10^1$, $1,5 \times 10^2$ e $1,6 \times 10^2$ NMP/g, respectivamente, valores menores do que os obtidos por estes alimentos antes do cozimento (*in natura*) ($1,5 \times 10^2$, $5,0 \times 10^2$ e $5,0 \times 10^2$, respectivamente). O feijão *in natura* e cozido nos fogões solar e GLP apresentaram valores de coliformes termotolerantes menores que 3,0 NMP/g (ausência de tubos positivos). As amostras de carne bovina e de frango *in natura* apresentaram número de coliformes termotolerantes da ordem de 10^2 NMP/g, após o cozimento em fogão solar e GLP os valores foram menores que 3,0 NMP/g. A Resolução RDC nº12 de 02 de janeiro de 2001 da vigilância sanitária não estabelece limites microbiológicos para carnes cozidas, apenas para produtos cárneos cozidos ou não e para carnes cruas. Para produtos cárneos cozidos ou não é permitido máximo de coliformes termotolerantes de 10^3 NMP/g [12]. Para hortaliças, legumes e similares, cozidos ou branqueados a Resolução estabelece limite máximo de 10^2 coliformes termotolerantes [12]. Segundo esta especificação, todas as amostras cozidas no fogão solar estavam dentro dos padrões estabelecidos.

Tabela 2 – Análises Microbiológicas para os alimentos cozidos em Fogão Parabólico e os alimentos *in natura*.

Análise	Feijão		Carne bovina		Carne de frango	
	Cozido em fogão solar	<i>In natura</i>	Cozida em fogão solar	<i>In natura</i>	Cozida em fogão solar	<i>In natura</i>
Coliformes totais (à 35°C) (NMP/g)	$1,1 \times 10^1$	$1,5 \times 10^2$	$1,5 \times 10^2$	$5,0 \times 10^2$	$1,6 \times 10^2$	$5,0 \times 10^2$
Coliformes termotolerantes (à 45°C) (NMP/g)	<3,0	<3,0	<3,0	$1,0 \times 10^2$	<3,0	$1,0 \times 10^2$

4. CONCLUSÕES

O cozimento de feijão e das carnes de frango e bovina no fogão solar tipo parabólico resultou em alimentos com maiores teores de proteínas do que os obtidos pelos cozidos em fogão convencional GLP. Além disto, ambos fogões demonstraram eficiência para a eliminação de coliformes termotolerantes (fecais) presentes nas carnes *in natura*.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Sergipe Parque Tecnológico (SERGIPETEC) e a Secretaria de Estado da Inclusão, Assistência e do Desenvolvimento Social (SEIDES) pelo apoio financeiro para a execução deste trabalho.

-
1. WENTZEL, M.; POURIS, A. The development impact of solar cookers: A review of solar cooking impact research in South Africa. *Energy Policy*, v.35, p.1909–1919, 2007.
 2. THIRUGNANASAMBANDAM, M.; INIYAN, S.; GOIC, R. A review of solar thermal technologies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 14, p.312–322, 2010.
 3. UNESCO, *Funds Solar Cooking Project in Zimbabwe.*, 1945. Disponível em: <http://solarcooking.wikia.com/wiki/Zimbabwe>.
 4. SCHWARZER, K.; SILVA, M.E.V. Characterisation and design methods of solar cookers, *Solar Energy*, v. 82, p.157–163, 2008.
 5. SANT'ANNA, M.C.S.; RAYANNE ANDRADE NUNES, R.A.; ARAUJO, P.G.F.; SANTOS, V.M.; RIFFEL, D.B.; TEIXERA, O.A.; ARAUJO, P.M.M. Cozinha escola experimental solar: uma alternativa para inclusão social e inovação tecnológica. *III simpósio de Nacional de Tecnologia e Sociedade*, p 1-13, Curitiba, 2009.
 6. PUROHIT, I.; PUROHIT, P. Instrumentation error analysis of a paraboloid concentrator type solar cooker. *Energy for Sustainable Development*, v.13, p.255–264, 2009.
 7. SANTOS, P.B.; BONFIM, L.R.P. Estudo sobre as Propriedades Geométricas das Cônicas e suas Aplicações, *FAMAT em Revista*, n.04, p.13-23, 2005.
 8. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos*, 1ª versão eletrônica. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
 9. SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.
 10. SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A.; TANIWAKI, M.H.; SANTOS, R.F.S.; GOMES, R.A.R. *Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos*, ed.3, 2007.
 11. RODRIGUES, V. C.; ANDRADE, I. F. Características Físico-Químicas da Carne de Bubalinos e de Bovinos Castrados e Inteiros. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33 n.6, p.1839-1849, 2004.
 12. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. *Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos*. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>.