

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

COPRODUTO DE SOJA (OKARA) NA ALIMENTAÇÃO DE  
VACAS DA RAÇA HOLANDESA EM LACTAÇÃO

Autor: Thomer Durman  
Orientador: Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos Santos

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Março – 2015

# COPRODUTO DE SOJA (OKARA) NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS DA RAÇA HOLANDESA EM LACTAÇÃO

Autor: Thomer Durman

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos Santos

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá- Área de concentração: Produção Animal.

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Março – 2015

## Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Durman, Thomer

D963c Coproduto de soja (okara) na alimentação de vacas da raça holandesa em lactação / Thomer Durman. -- Maringá, 2015.

36 f. : il., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos Santos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2015.

1. Vacas leiteiras - Nutrição - Resíduo agroindustrial. 2. Resíduo agroindustrial - Nutrição animal - Digestibilidade. 3. Resíduo agroindustrial - Nutrição animal - Viabilidade. 4. Leite - Produção. I. Santos, Geraldo Tadeu dos, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.



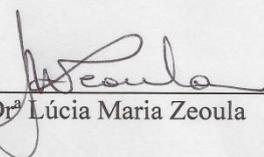
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

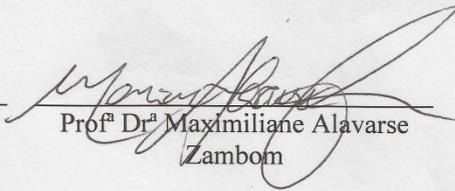
**COPRODUTO DE SOJA (OKARA) NA ALIMENTAÇÃO  
DE VACAS DA RAÇA HOLANDESA EM LACTAÇÃO**

Autor: Thomer Durman  
Orientador: Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos Santos

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção  
Animal

APROVADA em 06 de março de 2015.

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lúcia Maria Zeoula

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maximiliane Alavarse  
Zambom

  
Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos  
Santos  
(Orientador)

À minha família,

Pelo carinho da família, incentivo e impreterível contribuição na minha formação profissional, social e pessoal.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

À minha família. Meus pais, Marcelo Humberto Durman e Solânia Durman, e irmã, Liz Durman, pelo incentivo e apoio em todas as minhas decisões.

À Universidade Estadual de Maringá e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, que possibilitou a realização deste trabalho.

À toda a equipe do Núcleo Pluridisciplinar de Pesquisa e Estudo da Cadeia Produtiva do Leite (NUPEL), em especial ao Prof. Dr. Luciano Soares de Lima, Dra. Francilaine Eloise de Marchi e MSc. Marcelo Rufino. Agradeço à equipe do Centro Mesorregional de Excelência em Tecnologia do Leite (CMETL), pelo apoio técnico e científico durante o período de estudos e pela amizade consolidada no grupo.

Ao Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos Santos, meu orientador, por ter me concedido a oportunidade de estudo no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual de Maringá, bem como pela confiança a mim concedida, ensinamentos e orientação profissional e pessoal.

A todos os funcionários da Universidade Estadual de Maringá e da Fazenda Experimental de Iguatemi, pelo apoio indispensável nas atividades de pesquisa, em especial ao Sr. Célio e Sr. Valdecir, que não mediram esforços para auxiliar na realização dos trabalhos.

Aos colegas da pós-graduação e amigos, pelo companheirismo e por melhorarem o ambiente de trabalho e estadia em Maringá.

Aos alunos e professores que me auxiliaram nesta etapa, agregando-me conhecimento e experiência profissional.

À Fundação Araucária, pela concessão de bolsa de apoio técnico do CMETL-Noroeste.

## BIOGRAFIA

THOMER DURMAN, filho de Marcelo Humberto Durman e Solânia Durman, nasceu em Beer-Sheva, Israel, no dia 08 de Outubro de 1990.

Em Dezembro de 2012, concluiu o Curso de Medicina Veterinária pela Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná – UNICENTRO.

Em Março de 2013, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, nível de Mestrado, área de concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá.

Em março de 2015, submeteu-se à defesa da Dissertação.

## ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	viii
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
I - INTRODUÇÃO.....	01
1.1 REVISÃO DE LITERATURA.....	04
1.1.1 Soja e seus coprodutos.....	04
1.1.2 Processamento e composição química do okara.....	06
1.1.3 Okara na alimentação animal.....	09
REFERÊNCIAS.....	11
II - OBJETIVOS GERAIS.....	17
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
III - Coproduto de soja (okara) na alimentação de vacas em lactação.....	18
Resumo.....	18
Abstract.....	19
Introdução.....	20
Material e Métodos.....	21
Resultados e Discussão.....	26
Conclusão.....	32
Referências.....	33
IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 – Porcentagem de Proteína bruta (PB), Extrato etéreo (EE), Carboidratos totais (CT) e Matéria mineral (MM) do okara, com base na matéria seca.....	07
Tabela 2 - Composição de aminoácidos no okara.....	07
Tabela 3 - Carboidratos de baixo peso molecular do okara (g/100g MS).....	08
 <b>III - Coproduto de soja (okara) na alimentação de vacas leiteiras</b>	
Tabela 1 – Composição percentual e química(g/kg MS) dos concentrados com níveis de inclusão de okara e silagem de milho, com base na matéria seca.....	22
Tabela 2 – Composição química e digestibilidade <i>in vitro</i> do coproduto de soja (okara).....	23
Tabela 3 – Ingestão e digestibilidade aparente dos nutrientes, com base na MS, de vacas lactantes alimentadas com diferentes níveis de inclusão de okara na dieta.....	28
Tabela 4 – Produção e qualidade do leite de vacas leiteiras alimentadas com diferentes níveis de inclusão de okara na dieta.....	30
Tabela 5 – Análise econômica das dietas contendo níveis crescentes de inclusão de okara para vacas lactantes, utilizando-se como base a produção de leite e o consumo de matéria seca.....	31
Tabela 6 - Análise econômica de dietas contendo níveis crescentes de inclusão de okara para vacas lactantes, utilizando-se como base a produção de leite e o consumo de matéria seca (Tratamento sem inclusão de okara = 100,000).....	32

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Dados climáticos de temperatura e umidade durante secagem natural do okara.....	23
Figura 2 – Ingestão de fibra em detergente neutro de vacas leiteiras alimentadas com diferentes níveis de inclusão de okara na dieta.....	28
Figura 3 – Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca de concentrados com diferentes níveis de inclusão de okara.....	29

## LISTA DE ABREVIATURAS

- AOAC: Association of Official Agricultural Chemists
- CNCPS: Consejo Nacional de Coordinación de Políticas Sociales
- COCAMAR: Cooperativa dos Cafeicultores de Maringá
- CT: Carboidratos totais
- DATT: Digestibilidade aparente no trato digestório total
- DEE: Digestibilidade do extrato etéreo
- DFDN: Digestibilidade da fibra em detergente neutro
- DIVMS: digestibilidade *in vitro* da matéria seca
- DMS: Digestibilidade da matéria seca
- DPB: Digestibilidade da proteína bruta
- EE: Extrato etéreo
- EUA: Estados Unidos da América
- FDN: Fibra em detergente neutro
- FEI: Fazenda Experimental de Iguatemi
- IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IEE: Ingestão de extrato etéreo
- IFDN: Ingestão de fibra em detergente neutro
- IN62: Instrução normativa nº 62
- IMS: Ingestão de matéria seca
- IPB: Ingestão de proteína bruta
- MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- MM: Matéria mineral
- MO: Matéria orgânica
- MS: Matéria seca
- MSC: Matéria seca consumida
- MSF: Matéria seca fecal
- NMF: Porcentagem do nutriente na matéria seca fecal
- NMS: Porcentagem do nutriente na matéria seca consumida
- NRC: National Research Council

- PARLPR: Laboratório do Programa de Análises do Rebanho Leiteiro
- PB: Proteína bruta
- Pet: Politereftalato de etileno
- PIB: Produto Interno Bruto
- PR: Paraná
- PV: Peso vivo
- TiO<sub>2</sub>: Dióxido de titânio
- UEM: Universidade Estadual de Maringá

## RESUMO

Objetivando-se melhorar a eficiência econômica e produtiva da cadeia do leite, vários trabalhos têm utilizado os coprodutos da agroindústria como ingredientes da dieta dos animais de produção. Assim, foi conduzido um experimento utilizando quatro vacas da raça Holandesa, em lactação, alimentadas com níveis crescentes de inclusão de okara no concentrado (0, 10, 20 e 30%), cuja razão volumoso:concentrado foi de 60:40, e distribuídas num delineamento em quadrado latino. Foi avaliada a ingestão de: matéria seca; proteína bruta; extrato etéreo e fibra em detergente neutro, bem como se avaliou a digestibilidade aparente dos nutrientes e a digestibilidade *in vitro* dos tratamentos utilizados. Houve efeito linear decrescente ( $P=0,0162$ ) para digestibilidade *in vitro* da matéria seca, sendo esta indiretamente proporcional à inclusão de okara. Foi também observado efeito quadrático ( $P=0,0345$ ) para a ingestão de fibra em detergente neutro, sendo diretamente proporcional à adição do coproduto, com ponto máximo de ingestão diária de fibra em detergente neutro de 9,31 kg no tratamento com 20% de inclusão de okara no concentrado. Os demais parâmetros avaliados não apresentaram diferença significativa em relação aos tratamentos. Em adição, foi avaliado o desempenho produtivo e a qualitativa do leite, bem como a viabilidade econômica da inclusão de okara na dieta. Não houve diferença significativa para produção de leite, gordura, proteína, lactose, nitrogênio ureico do leite e contagem de células somáticas. Mediante a análise econômica, foi observado que o nível de 30% de inclusão de okara no concentrado apresentou os melhores resultados econômicos para custo médio de ração, margem bruta, ponto de equilíbrio e índice de rentabilidade. Desta forma, conclui-se que a inclusão de até 30% do coproduto de soja (okara), no concentrado de vacas em lactação, apresenta resultados promissores para seu uso, conferindo ao produto bom potencial de utilização.

Palavras-chave: produção, digestibilidade, viabilidade, leite, resíduo agroindustrial.

## ABSTRACT

Aiming to improve the economic efficiency and performance of the dairy production system, several studies have used agro-industrial by-products as ingredients in livestock rations. Thus, an experiment was conducted utilizing four lactating Holstein dairy cows fed increasing levels of okara inclusion in the concentrate (0, 10, 20 and 30%) and distributed in a latin square design. It was evaluated the intake of: dry matter; crude protein; lipids and neutral detergent fiber, the apparent nutrients digestibility and *in vitro* digestibility of the treatments also were evaluated. There was decreasing linear effect ( $P=0.0162$ ) for dry matter *in vitro* digestibility, being indirectly proportional to the inclusion of okara. It was also observed quadratic effect ( $P=0.0345$ ) for neutral detergent fiber intake, being directly proportional to the by-product inclusion, with maximum value at 9.31 kg of neutral detergent fiber intake in the 20% inclusion of okara treatment. Others parameters did not differ significantly regarding the treatments. In addition, the performance and milk quality was evaluated, as well as economic feasibility of okara inclusion in the diet. There was no significant difference for milk production, fat, protein, lactose, milk urea nitrogen and somatic cells count. Regarding the economic analysis, it was reported that the best results for average feed cost, gross margin, breakeven and profitability index. Therefore, it was concluded that including up to 30% of soybean by-product (okara) in lactating cows concentrate shows promising results of its use, featuring to the product a great potential for use.

Key-words: production, digestibility, feasibility, milk, agro-industrial waste.

## INTRODUÇÃO

A produção de leite bovino é uma das atividades com maior movimentação econômica no cenário agropecuário brasileiro sendo que, para cada real de aumento na produção do sistema agroindustrial do leite, há um crescimento de, aproximadamente, cinco reais no aumento do Produto Interno Bruto (PIB), o que coloca o agronegócio do leite à frente de setores importantes como o da siderúrgica e o da indústria têxtil (De Carvalho e Barcellos, 2013). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil conta com um rebanho de 22.803.519 cabeças de gado leiteiro, sendo 1.615.916 pertencentes ao Estado do Paraná. Posicionando-se entre os maiores produtores do mundo, o Brasil conta com a produção anual de cerca de 32 bilhões de litros de leite, sendo aproximadamente quatro milhões provenientes do Paraná (IBGE, 2012).

No 3º trimestre de 2014, foram adquiridos, pelas indústrias processadoras de leite, 6,267 bilhões de litros do produto, indicativo de aumentos de 4,6% sobre o 3º trimestre de 2013 e de 8,1% sobre o 2º trimestre de 2014. A industrialização, por sua vez, foi de 6,258 bilhões de litros, aumento de 4,9% sobre o mesmo período de 2013 e de 8,1% sobre o volume registrado no 2º trimestre de 2014. No comparativo mensal com o mesmo período de 2013, a aquisição manteve-se relativamente crescente em todos os meses do 3º trimestre de 2014, tendo registrado em agosto a maior variação (5,9%) (IBGE, 2014a).

O leite é um importante alimento natural da dieta humana durante toda a vida, auxiliando no desenvolvimento, na manutenção da saúde e grande aliado na posteridade. Tal importância se dá pelo rico valor nutricional, contando com alta concentração de cálcio, proteínas completas, bem como fonte de vitaminas A, B1 e B2 e de minerais (Liu, 1999).

A eficiência de uma cadeia produtiva leiteira é atribuída a uma produtividade com menor custo possível, sem deixar de atender a todas as exigências nutricionais, sanitárias, reprodutivas, unida a boas práticas de manejo, saúde e bem-estar animal. Dentro dessa relação, destaca-se a nutrição animal, que é de alta relevância ao âmbito produtivo, bem como representa boa parte de todos os custos.

A proteína é um nutriente essencial para a produção de leite e influencia o consumo de alimento dos animais, porém apresenta-se como o componente mais oneroso na formulação de dietas para bovinos leiteiros. Sendo assim, buscam-se estratégias para que se possam atingir as exigências proteicas para cada categoria animal, bem como reduzir os custos de produção. Uma solução que convém a ambos os desafios é a utilização de coprodutos da agroindústria como ingredientes na formulação de dietas na alimentação animal.

Dentre os produtos agrícolas de interesse mundial, a soja (*Glycine max*) ocupa um lugar de destaque, devido à sua versatilidade na alimentação, tanto humana quanto animal, e no custo-benefício que ela traz. Em 2013, o Brasil teve uma produção próxima de 80,25 milhões de toneladas de soja, ultrapassando os Estados Unidos da América (EUA) com produção estimada em 73,27 milhões de toneladas, sendo o maior produtor de soja do mundo (Conab, 2014).

A soja possui um bom valor nutricional de proteínas, lipídios, fibras e matéria mineral (35,16%, 20,01%, 5,135 e 5,48%, respectivamente), bem como apresenta componentes de ação benéfica à saúde, como os fosfolipídios, os antioxidantes, as fibras, as vitaminas e os minerais (Staufer, 2002).

A versatilidade da soja pode ser observada na vasta quantidade de produtos que podem ser gerados a partir da mesma. Na alimentação humana, a soja é utilizada na elaboração de diversos produtos, como o óleo de soja, farinhas e farelos de soja, tofu, missô, shoyu, lecitina de soja, okara, proteína texturizada de soja, extrato aquoso de soja, conhecido como leite de soja, dentre outros. A partir do processamento de elaboração do extrato aquoso de soja, se obtém o coproduto denominado okara (nomenclatura de origem japonesa) ou resíduo de polpa de soja, um produto de baixo custo, bom valor nutritivo e que mantém um terço das isoflavonas presentes na soja (Bowles e Demiate, 2006). Após a secagem, se apresenta como uma farinha que mantém a boa qualidade nutricional e que pode ser utilizada como matéria-prima em vários produtos (Cunha et al., 2007; Katayama e Wilson, 2008; Nakamura et al., 2010; Su et al., 2013).

O okara tem um teor de proteína bruta (PB) que varia de 25,52 a 37,5%, de lipídeos de 0,8 a 20,0%, de carboidratos totais de 47,2 a 58,52%, e de fibra bruta (FB) de 1,5 a 55,5% (Surele Couplet, 2005; Muroyama et al., 2006; Bowles e Demiate, 2006; Préstamo et al., 2007; Redondo-Cuenca et al., 2008; Mateos-Aparicio et al., 2010a; Rashad et al., 2011; Vargas, 2013). É constatada, na caracterização dos carboidratos presentes no okara, a presença de glicose, galactose, arabinose, xilose, celulose, xilanas, galactano, arabinano e galacturanas (Li et al., 2012). Entretanto, o okara deve ser seco rapidamente, devido ao alto conteúdo de umidade (aproximadamente 80%), desta forma pode-se evitar deterioração e contaminação microbiana do produto e prolongar o período de utilização. Durante a secagem, um dos aspectos mais importantes a serem considerados é a preservação da qualidade da proteína, a qual pode ser afetada pelas condições de secagem (Sengupta et al., 2012).

Após processamento de um quilograma de grãos de soja, adicionando-se a quantidade padrão de água para obtenção do extrato aquoso, cerca de 1,2 kg de okara fresco (base úmida) são produzidos (Li et al., 2008). Da desidratação de um kg deste coproduto, são obtidos aproximadamente 250 g de okara seco (farinha), sendo que o baixo rendimento se dá ao fato de que a maior parte do peso é referente à água adicionada no processo de produção. Grizotto et al. (2010) estimaram que a cada tonelada de soja processada, aproximadamente sete toneladas de extrato aquoso de soja e duas toneladas de okara são produzidas.

Várias pesquisas têm sido realizadas para avaliar a utilização do okara na alimentação de monogástricos (Farhat et al., 1998; Tarachai e Yamauchi, 2001; Redondo-Cuenca et al., 2006), devido ao interesse pela composição química do okara, referente à proteína, gordura e compostos fenólicos. Entretanto, existe uma defasagem de pesquisa científica sobre a utilização de okara na alimentação de ruminantes. Assim, projetos visando adicionar este produto na alimentação dos mesmos poderiam elucidar o potencial de utilização do coproduto de soja em dietas de ruminantes.

## 1.1 REVISÃO DE LITERATURA

### 1.1.1 Soja e seus coprodutos

A cultura da soja é uma área de extensa exploração, uma vez que a mesma tem alto valor comercial, rápido desenvolvimento e proporciona a geração de diversos produtos, bem como se apresenta como principal fonte proteica nas formulações de dietas para bovinos leiteiros.

A produção nacional da soja, recorde em 2014, alcançou 86,4 milhões de toneladas, crescendo 5,8% em relação a 2013. Esta alta foi marcada pelo incremento de área nos maiores Estados produtores, especialmente no Mato Grosso, que acrescentou 677.053 hectares à sua área de soja, com crescimento da área de 8,5% em relação a 2013. O Paraná, segundo maior produtor nacional, apesar de também ter aumentando a área plantada em 263.035 hectares (5,5%), enfrentou problemas climáticos durante o desenvolvimento da cultura, reduzindo, assim, o rendimento médio e a produção em 11,9% e 7,0%, respectivamente (IBGE, 2014b).

Na alimentação humana, a soja se apresenta como um alimento funcional, possuindo 35,16% de proteínas, 20% de lipídios, 5,48% de cinzas e 5,13% de fibras (Ciabotti et al., 2006). Em adição, a mesma apresenta componentes de comprovada ação benéfica à saúde humana. Destacam-se as isoflavonas (Liu, 1999); as proteínas (Maet al., 1996; Chan e Ma, 1999; O'Toole, 1999; Souza et al., 2000); os fosfolipídios e as fibras (Staufer, 2002), os antioxidantes (CNCPS, 2002); os minerais (sódio, potássio, fósforo, ferro, magnésio, zinco e cálcio), as vitaminas (B1, B2, B3, ácido nicotínico e ácido ascórbico) (Staufer, 2002). Desta forma, o consumo de produtos à base de soja na dieta contribui para uma melhor qualidade de vida, havendo relatos da redução da concentração sérica de colesterol e triglicérido, bem como auxílio na prevenção de doenças cardiovasculares e osteoporose (Santos et al., 2004).

A soja é a leguminosa de maior e melhor conteúdo de isoflavonas. Elas podem estar presentes como agliconas ou glicosídeos, dependendo do processo de preparação da soja (Hasna, 2009). A mesma contém entre 580 e 3800 mg de isoflavonas/kg de soja, enquanto um litro de extrato aquoso de soja contém entre 30 e 175 mg de isoflavonas (Hollman et al., 1996). Entre as isoflavonas da soja, encontramos as agliconas (daidzeína, genisteína e gliciteína), os  $\beta$ -glicosídeos (daidzina, genistina e glicitina), e os acetil glicosilados (6''-O-acetildaidzina, 6''-O-acetilgenistina, 6''-O-acetilglicitina) e

malonilglicosilados (6''-O-malonildaidzina, 6''-O-malonilgenistina e 6''-O-malonilglicitina), totalizando 12 formas químicas distintas (Lee et al., 2003).

O processamento da soja com vista a obter os principais produtos derivados da mesma (óleo de soja, extrato aquoso de soja) gera diversos coprodutos (farelo de soja, casca de soja, okara) que com o advento de pesquisas aplicadas na utilização destes passaram de resíduos agroindustriais a ingredientes na formulação de dietas para ruminantes. Assim, tem-se amenizado o impacto ambiental do descarte dos mesmos, bem como reduzido os custos de produção, na utilização de produtos menos onerosos.

Outros coprodutos da soja têm sido explorados na alimentação de bovinos. Segundo Zambom et al. (2001), o uso da casca de soja, além do aspecto econômico, pode trazer benefícios na eficiência de utilização dos alimentos pelo animal, uma vez que grãos de cereais com alto teor de amido, como os grãos de sorgo e de milho, podem provocar efeito associativo negativo, reduzindo a digestibilidade da fração fibrosa da dieta (Van Soest, 1994). Portanto, se podem evitar tais efeitos indesejáveis substituindo os grãos pela casca de soja.

O okara pode ser utilizado para obtenção de vários produtos: produtos não fermentados, como na extração do conteúdo de lipídeos do okara com aplicação potencial na indústria cosmética, farmacêutica e alimentar (Quitainet al., 2006); produtos da fermentação, como a iturina A, a qual é uma bacteriocina com atividade antifúngica, que a torna um agente de controle biológico potencialmente ideal com o objetivo de reduzir o uso de antifúngicos químicos na agricultura. Outro produto da fermentação é o ácido cítrico, dentre outros que são gerados após exposição do okara a microrganismos específicos (*Lactobacillus paracasei*, *Bacillus subtilis* NB22, *Flammulina velutipes*), dentre outros, os quais fermentam o coproduto e geram produtos do metabolismo (Khare et al., 1995; Khan et al., 2012; Li et al., 2013)

O coproduto de soja (okara) pode ainda ser empregado como aditivo alimentar, sendo incorporado em produtos da indústria alimentícia como pães, biscoitos, hambúrgueres, dentre outros (Cunha et al. 2007; Katayama e Wilson, 2008; Nakamura et al., 2010; Su et al., 2013), bem como consumido na sua forma original. Pode ser utilizado como meio de cultura microbiológico, apresentando-se por ser eficaz pelas boas características e de baixo custo. Em adição, pode gerar produtos de utilidade industrial, como da produção de cerâmica e indústria de materiais Pet (politereftalato de etileno) (Li et al., 2013). Na produção agropecuária, pode ser aliado na alimentação dos

animais ou utilizado como fertilizante, com suas propriedades nutricionais favoráveis às plantas e solos.

### 1.1.2 Processamento e composição química do okara

O okara é produzido após processo de produção do extrato aquoso de soja, conhecido como leite de soja, processo no qual cada tonelada de soja pode gerar aproximadamente sete toneladas de extrato aquoso (Grizotto et al., 2010). O grão de soja passa por um processo inicial de cocção a 100°C, por cinco minutos, obedecendo uma relação de dois quilogramas de soja para cada litro de água. O cozimento é feito como tratamento térmico para inativar os fatores antinutricionais, como os inibidores de tripsina e lectinas, desnaturar as proteínas para torná-las mais digeríveis, aumentar a vida útil do extrato aquoso de soja, facilitar a extração deste e inativar a enzima lipoxigenase. Na sequência, é feita a limpeza e passagem por peneira, a mistura da água e os grãos de soja são triturados adicionando-se dois litros de água para cada quilograma de soja, com a finalidade de diminuir o tamanho das partículas de soja e facilitar a extração do extrato aquoso de soja. O material triturado é misturado com quatro litros de água, e aquecido até atingir uma temperatura de 100°C, mantido no cozimento por cinco minutos após a fervura, sendo posteriormente resfriado e filtrado, obtendo-se o material retido no filtro (okara) e o material filtrado (extrato aquoso de soja). Após o processamento, o okara apresenta aproximadamente 80% de umidade (Lescano e Tobinaga, 2004).

Cerca de 800 mil toneladas de okara são produzidas por ano como um coproduto da produção de tofu no Japão, país no qual se originou o interesse por esse produto. Os gastos com descarte de okara ficam em torno de 36 milhões de reais por ano (Muroyama et al., 2006). Atualmente, no mesmo país, o coproduto de soja é usado para alimentação animal e fertilizante ou descartado em aterro sanitário, o que pode causar danos ambientais pela rápida putrefação do produto. Particularmente no Japão, a maior parte do descarte de okara é realizado pela queima, outra abordagem danosa ao meio ambiente, devido à vasta eliminação de dióxido de carbono (Almaraz et al., 2009). Entretanto, apesar deste coproduto da soja ter alta taxa de descarte e subutilização, pesquisas têm demonstrado que o valor nutricional do okara torna-o um produto de grande potencial de utilização em diversas áreas e indústrias. A composição química do coproduto se apresenta na Tabela 1, 2 e 3.

Tabela 1 – Porcentagem de Proteína bruta (PB), Extrato etéreo (EE), Carboidratos totais (CT) e Matéria mineral (MM) do okara, com base na matéria seca

PB	EE	CT	MM	Referência
28,4	9,3	58,6	3,7	Van Der Riet et al. (1989)
26,8	22,3	-	-	Guermaniet al. (1992)
28,0	9,3	50,0	12,7	Khare et al.(1995)
26,8	12,3	56,36	4,54	Ma et al. (1997)
32,89	12,73	50,54	3,84	Farhat et al. (1998)
42,3	1,5	55,8	0,4	O’Toole (1999)
37,5	20,0	-	-	Surele Couplet (2005)
29,3	0,8	53,6	4,0	Muroyama et al. (2006)
37,0	13,0	47,2	2,8	Bowles e Demiate (2006)
31,2	19,8	45,5	3,5	Préstamo et al. (2007)
28,5	9,8	58,1	3,6	Redondo-Cuenca et al. (2008)
33,4	8,5	54,4	3,7	Mateos-Aparicio et al. (2010a)
25,52	12,0	58,52	3,96	Rashad et al. (2011)
35,64	21,50	-	-	Vargas (2013)

Tabela 2 - Composição de aminoácidos no okara

Aminoácido	Conteúdo (mg/g proteína)
Ácido aspártico	117
Treonina	41
Serina	50
Ácido glutâmico	195
Glicina	46
Alanina	46
Cisteína + Metionina	26
Valina	51
Isoleucina	51
Leucina	81
Tirosina + fenilalanina	95
Lisina	65
Histidina	28
Arginina	75
Prolina	36

Fonte: adaptado de Chan eMa (1999)

Tabela 3 - Carboidratos de baixo peso molecular do okara (g/100g MS)

CHO	Rha	Fuc	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc	Suc	Referência
	0,85	0,45	6,35	5,13	1,26	10,83	15,01	-	Redondo-Cuenca et al. (2008)
	0,3	0,5	5,7	2,7	1,5	10,4	11,9	-	Mateos-Aparicio et al. (2010a)
	1,0	0,1	-	-	-	0,2	0,2	0,6	Mateos-Aparicio et al. (2010b)

MS: matéria seca; CHO: carboidratos; Rha: ramnose; Fuc: fucose; Ara: arabinose; Xyl: xilose; Man: manose; Gal: galactose; Glc: glucose; Suc: sacarose.

O teor de proteína bruta nos diferentes estudos supracitados varia de 25,52 a 37,5%; o de extrato etéreo de 0,8 a 20,0; de carboidratos totais de 45,5 a 58,6 e de matéria mineral de 0,4 a 12,7. A grande variação na composição do okara elucida que vários fatores podem interferir no produto final, desde o cultivar de soja, local, sendo os de maior impacto o método de processamento, quantidade de água, dentre outros processos industriais (Surele Couplet, 2005).

Segundo Stanojevic et al. (2012), a proporção do total de aminoácidos no okara é similar à do leite de soja e tofu; A alta qualidade da fração proteica sugere que a proteína proveniente do okara tem grande potencial de utilização na indústria de alimentos, sendo que, a globulina 7S, a qual é uma glicoproteína rica em cisteína, é a principal proteína presente neste coproduto.

O okara apresenta um bom valor nutricional, entretanto, pelo fato de sua matéria natural apresentar entre 75 a 80% de umidade, o produto se torna altamente susceptível à contaminação e à deterioração. Assim, num curto intervalo de tempo, o coproduto se torna inutilizável pelo odor desagradável, alto nível de microrganismos patogênicos (bactérias e fungos), bem como de produtos do metabolismo microbiano (toxinas e micotoxinas), crescimento larval de ectoparasitas (moscas), dentre outros fatores que afetam a qualidade e disponibilidade dos nutrientes presentes no okara.

Portanto, buscam-se metodologias para evitar deterioração, bem como conservar o valor nutritivo do produto e, desta forma, elevar a vida útil e permitir estocagem do okara. Segundo Pinto e Castro (2008), dentre os métodos o que se destaca é a desidratação ou secagem, pois gera um produto final de fácil manipulação e com boa longevidade, mantendo a qualidade do produto se realizada corretamente. De acordo com os mesmos autores, o material deve permanecer em estufa de ventilação por um

tempo mínimo de quatro horas, sob temperaturas inferiores a 82°C. Assim, podem-se reduzir os fatores antinutricionais sem afetar a qualidade do produto. Estes fatores necessitam maior atenção na alimentação de não ruminantes, tendo em vista que a fermentação ruminal tem a capacidade de causar grande redução dos mesmos.

Travaglini et al. (1980) estudaram a secagem do okara numa secadora de prateleiras do tipo *traydrier*, com circulação de ar forçado a 65°C, e observaram que a qualidade da proteína foi mantida. De acordo com estes autores, o inconveniente deste método foi a baixa produtividade, considerando ser um processo descontínuo e que requer um longo processo de secagem. Grizotto e Aguirre (2011) reportaram um melhor produto gerado pela desidratação de okara numa secadora de rolos tipo *drumdryer* comparativamente ao método na secadora *traydrier*, considerando a qualidade da proteína no produto final. A desvantagem deste método foi o elevado custo do equipamento.

Outros métodos reportados foram os usados por Wachiraphansaku e Devahastin (2005), que utilizaram uma secadora do tipo *spoutedbed*, e Grizotto e Aguirre (2011), que utilizaram uma secadora pneumática *flashdryer*, utilizando a metodologia de superfície de resposta. Perusselo et al. (2009) secaram pellets de okara num processo combinado, consistindo de um tubo pneumático e um tambor rotativo. Já Tatsummi et al. (2005) aplicaram a técnica de eletrohidrodinâmica e Sengupta et al. (2012) aplicaram a metodologia de secagem por microondas e *traydrier* à vácuo.

De acordo com Li et al. (2013), a secagem natural requer períodos longos e não é recomendada caso as condições climáticas sejam desfavoráveis. As técnicas descritas, entretanto, demonstram-se ineficientes, por serem muito onerosas ou não benéficas em termos da qualidade do produto final. Desta forma, mais alternativas que sejam economicamente viáveis e gerem um melhor produto final precisam ser investigadas.

### 1.1.3 Okara na alimentação animal

O okara apresenta grande potencial de utilização na alimentação animal, considerando seu bom valor nutritivo e benefícios na saúde do animal. Assim, pesquisas tem procurado elucidar os efeitos da inclusão deste coproduto na alimentação animal, visando tanto explorar o potencial na produção animal como avaliar e estudar os efeitos fisiológicos.

Experimentos conduzidos com ratos procuraram esclarecer os benefícios à saúde que uma dieta com inclusão de okara pode proporcionar. Reportou-se que os animais

alimentados com o coproduto tiveram redução da concentração sérica de colesterol total, HDL (lipoproteína de alta densidade) e triglicérides, aumento da capacidade antioxidante e da quantidade de ácidos graxos de cadeia curta, (Prestamo et al., 2002; Jimenez-Escrig et al., 2006; Fukuda et al., 2006).

Quanto ao desempenho produtivo, Jimenez-Escrig et al. (2006) concluíram que ratos alimentados com 10% de inclusão de okara na dieta apresentaram menor ganho de peso e pior conversão alimentar. Prestamo et al. (2007) avaliaram a inclusão de okara na ração de ratos e não obtiveram nenhum efeito sobre o consumo de alimentos, no entanto, o peso final, a taxa de crescimento e a eficiência alimentar dos animais foram menores para o grupo alimentado com okara, em relação ao grupo controle.

No intuito de reduzir custos, okara foi usado na alimentação de bichos-da-seda (*Bombyxmori*) da primeira à terceira fase larval. Sumida et al. (1995) relataram bom crescimento larval e ausência de doenças ou problemas reprodutivos.

Okara também foi utilizada na alimentação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), sendo que não foram encontradas diferenças no consumo de ração, ganho de peso e taxa de crescimento dos peixes, porém com a vantagem na diminuição dos custos (26,09%) (Mohammade Ahmed, 2008).

Em dietas de frangos de corte, o okara foi adicionado em diversos estudos, com resultados promissores quanto ao seu uso, revelando-se um ingrediente com bom potencial de inclusão. Relatou-se melhoras produtivas de eficiência alimentar, principalmente relacionadas às isoflavonas presentes no alimento, bem como foi favorável economicamente (Tarachai e Yamauchi, 2001; Jiang et al., 2007; Vargas, 2013).

Villalba et al. (2011) utilizaram 15% de okara seco na ração total misturada na dieta de engorda de bovinos cruzados de Limousin. Os animais foram criados em sistema orgânico e o coproduto foi utilizado durante duas fases da criação, sendo elas: do desmame, com aproximadamente 250 kg de peso vivo (PV), até atingirem 350 kg PV; e outra, dos 350 kg até o abate, com aproximadamente 450 kg PV. Foi relatado que não houve prejuízos produtivos em ambas as fases, com ganhos de peso de 0,9 kg.dia<sup>-1</sup> na primeira fase e de 1,2 kg.dia<sup>-1</sup> na segunda fase.

Apesar da ampla pesquisa voltada à utilização de okara na alimentação animal, foram encontrados poucos dados na literatura do uso deste coproduto de soja em ruminantes. Assim, é necessário que mais projetos de pesquisa sejam direcionados a

este fim, para que se possa avaliar o potencial de inclusão deste ingrediente na dieta de vacas leiteiras.

## REFERÊNCIAS

- ALMARAZ, J. J.; ZHOU, X.; MABOOD, F.; MADRAMOOTOO, C.; ROCHETTE, P.; MA, B. L.; SMITH, D. L. Greenhouse gas fluxes associated with soybean production under two tillage systems in Southwestern Quebec. **Soil and Tillage Research**, v.104, p.134-139, 2009.
- BOWLES S.; DEMIATE, I. M. Caracterização físico-química de okara e aplicação em pães do tipo francês. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, v.26, p.652-659, 2006.
- CHAN, W. M.; MA, C. Y. Acid modification of proteins from soy milk residue (okara). **Food Research International**, v.32, p.119-127, 1999.
- CIABOTTI, S.; BARCELLOS, M. D. F.; MANDARINO, J. M. G.; TARONE, A. G. Avaliações químicas e bioquímicas de grãos, extratos e tofus de soja comum e de soja livre de lipoxigenase. **Ciência Agrotécnica**, v. 30, p.920-929, 2006.
- CONSEJO NACIONAL DE COORDINACIÓN DE POLÍTICAS SOCIALES. **Consideraciones sobre la soja en la alimentación**, p.17, 2002.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Estudos de prospecção de mercado - safra 2012/2013**. Disponível em <<http://www.conab.gov.br>> Acesso: Outubro, 2014.
- CUNHA, M. A. A.; PERIN, C.; SANGALLI, R.; DIAS, C. D. A.; BEUX, S. Produção de biscoitos com subproduto de soja (okara). **Synergismuss científica**, v.02, p.1-4, 2007.
- DE CARVALHO, D. M.; BARCELLOS, J. O. J. Orientação para o mercado no elo da produção de leite: como lidar com a assimetria de informação. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v.15, 2013.
- FARHAT, A.; NORMAND, L.; CHAVEZ, E. R.; TOUCHBURN, S. P. Nutrient digestibility in food waste ingredients for Pekin and Muscovy ducks. **Poultry science**, v.77, p.1371-1376, 1998.
- FUKUDA, M.; SUGIHARA, Y.; ITOU, M.; HORIUCHI, R.; ASAO, H. Effects of feeding with okara on plasma and liver lipid levels in rats. **Journal the japanese Society for Food Science and Technology**, v.53, p.195-199, 2006.

- GRIZOTTO, R. K.; RUFÍ, C. R. G.; YAMADA, E. A.; VICENTE, E. Evaluation of the quality of a molded sweet biscuit enriched with okara flour. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, p.270-275, 2010.
- GRIZOTTO R. K.; AGUIRRE J. M. Study of the flash drying of the residue from soymilk processing - "okara". **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, p.645-653, 2011.
- GUERMANI, L.; VILLAUME, C.; BAU, H. W. et al. Composition and nutritional value of okara fermented by *Rhizopus oligosporus*. **Science des Aliments**, v.12, p.441-451, 1992.
- HASNA E. G. Polyphenols: food sources, properties and applications – a review. **International Journal of Food Science e Technology**, v.44, p.2512-2518, 2009.
- HOLLMAN, P. C. H.; VANDERGAAG, M.; MENGELERS, M. J. B.; VAN TRIJP, J. M.; DE VRIES, J. H.; KATAN, M. B. Absorption and disposition kinetics of the dietary antioxidant quercetin in man. **Free Radical Biology Medicine**, v.21, p.703–707, 1996.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**, v.40, p.1-71, 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Indicadores IBGE: estatística da produção pecuária, 2014a. **Disponível em** :<<http://www.ibge.gov.br>>, Acesso: Janeiro, 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**, v.27, p.1-86, 2014b.
- JIANG, Z. Y.; JIANG, S. Q.; LIN, Y. C.; XI, P. B.; YU, D. Q.; WU, T. X. Effects of soybean isoflavones on growth performance, meat quality, and antioxidation in male broilers. **Poultry Science**.v.86, p.1356-1362, 2007.
- JIMÉNEZ-ESCRIG, A.; TENORIO, M. D.; ESPINOSA-MARTOS, I.; RUPÉREZ, P. Health promoting effects of a dietary fiber concentrate from the soybean by product okara in rats. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, p.7495-7501, 2008.
- KATAYAMA, M.; WILSON, L. A. Utilization of okara, a byproduct from soymilk production, through the development of soy-based snack food. **Journal of Food Science**, v. 73, p.152-157, 2008.
- KHAN, A. W.; ZOHORA, U. S.; RAHMAN, M. S.; OKANAMI, M.; ANO, T. Production of iturin A through glass column reactor (GCR) from soybean curd residue (okara) by *Bacillus subtilis* RB14-CS under solid state fermentation (SSF). **Advances in Bioscience and Biotechnology**, v.3, p.143-148, 2012.
- KHARE, S. K.; JHA, K.; GANDHI, A. P. Citric acid production from okara (soy-residue) by solid-state fermentation. **Bioresource Technology**, v.54, p.323-325, 1995.

- LEE, S. J.; AHN, J. K.; KIM, S. H.; KIM, J. T.; HAN, S. J.; JUNG, M. Y.; CHUNG, I. M. Variation in isoflavone of soybean cultivars with location and storage duration. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, p.3382-3389, 2003.
- LESCANO C, A. A.; TOBINAGA,S. Modelo codificado e real para a difusividade efetiva da secagem do resíduo do extrato hidrossolúvel de soja. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.6, p.17-25, 2004.
- LI, B.; ZHANG, Y.; YANG, H.; LI, R. Effect of drying methods on functional properties of bean curd dregs. **Journal of Henan Institute of Science and Technology (Natural Sciences Edition)**, v.36, p.64–66, 2008.
- LI, B.; LU, F.; NAN, H. et al. Isolation and structural characterisation of okara polysaccharides. **Molecules**, v.17, p.753-761, 2012.
- LI, S.; ZHU, D.; LI, K; YANG, Y.; LEI, Z.; ZHANG, Z. Soybean curd residue: composition, utilization, and related limiting factors. **International Scholarly Research Notices**, v.2013, 2013.
- LIU, K. Chemistry and nutritional value of soybean components. In: Soybeans Chemistry, Technology and Utilization. Aspen Publ. Inc.: Gaithersburg, Maryland, USA. **Proceeding...** 1999, p.25-113.
- KHARE, S. K.; JHA, K.; GANDHI, A. P. Citric acid production from okara (soy-residue) by solid-state fermentation. **Bioresource Technology**, v. 54, p.323-325, 1995.
- MA, C. Y.; LIU, W. S.; KWOK, K. C.; KWOK, F. Isolation and characterization of proteins from soymilk residue (okara). **Food Research International**, v. 29, p.799-805, 1996.
- MATEOS-APARICIO, I.; MATEOS-PEINADO, C.; JIMÉNEZ-ESCRIG, A.; RUPÉREZ, P. Multifunctional antioxidant activity of polysaccharide fractions from the soybean byproduct okara. **Carbohydrate Polymers**, v.82, p.245–250, 2010a.
- MATEOS-APARICIO, I.; REDONDO-CUENCA, A.; VILLANUEVA-SUÁREZ, M. J. Isolation and characterisation of cell wall polysaccharides from legume by-products: okara (soymilk residue), pea pod and broad bean pod. **Food Chemistry**, v.122, p.339–345, 2010b.
- MOHAMMAD, H. A.; AHMED, S. D. Replacement of fish meal protein by okara meal in practical diets for all-male monosex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: International Symposium on tilapia in aquaculture, 8., 2008, Cairo, Egypt. **Proceeding...** 2008. p.729-737.

- MUROYAMA, K.; ATSUMI, R.; ANDOH, A. Effect of pretreatment on lactic acid fermentation of bean curd refuse with simultaneous saccharification. **Studies in Surface Science and Catalysis**, v.159, p.133–136, 2006.
- NAKAMURA, M. V.; GRIZOTTO, R. K.; AGUIRRE, J. M.; GASPARINO FILHO, J.; CAVICHIOLO, J. B.; VISSOTO, F.; CAMARGO, G. A.; VIEIRA, M. C.; ORMENESE, R. de C. S. Estudo de viabilidade econômica de unidade de secagem de “okara” e aplicação do produto desidratado em chocolateado em pó. **Informações Econômicas**, v.40, p.50-63, 2010.
- O'TOOLE, D. K. Characteristics and use of okara, the soybean residue from soy milk Production-A Review. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.47, p.363-371, 1999.
- PERUSSELO, C. A.; CAMARGO DO AMARANTE, A. C.; MARIANI, V. C. Convective Drying Kinetics and Darkening of Okara, **Drying Technology**, v.27, p.1132–1141, 2009.
- PINTO, D. D. J.; CASTRO, P. S. Estudo preliminar da secagem do okara (resíduo do extrato aquoso de soja) para inativação dos fatores antinutricionais e conservação. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.18, p.125-131, 2008.
- PRÉSTAMO, G.; LASUNCION, M. A.; ANROYO, G. Response of rats to the intake of tofu treated under high pressure. **Innovation Food Science Emerging Technology**, v.3, p.149-155, 2002.
- PRÉSTAMO, G.; RUPÉREZ, P.; ESPINOSA-MARTOS, I.; VILLANUEVA, M. J.; LASUNCIÓN, M. A. The effects of okara on rat growth, cecal fermentation, and serum lipids. **European Food Research and Technology**, v.225, p.925–928, 2007.
- QUITAIN, A. T.; ORO, K.; KATOH, S.; MORIYOSHI, T. Recovery of oil components of okara by ethanol-modified supercritical carbon dioxide extraction. **Bioresource Technology**, v.97, p.1509–1514, 2006.
- RASHAD, M.M.; MAHMOUD, A. E.; ABDOU, H. M.; NOOMAN, M. U. Improvement of nutritional quality and antioxidant activities of yeast fermented soybean curd residue. **African Journal of Biotechnology**, v.10, p.5504–5513, 2011.
- REDONDO-CUENCA, A.; VILLANUEVA-SUAREZ, M. J.; RODRIGUEZ-SEVILLA, M.D. Chemical composition and dietary fibre of yellow and green commercial soybeans (*Glycine max*). **Food Chemistry**, v.101, p.1216-1222, 2006.

- REDONDO-CUENCA, A.; VILLANUEVA-SUÁREZ, M. J.; MATEOS- APARICIO, I. Soybean seeds and its by-product okara as sources of dietary fibre. Measurement by AOAC and Englyst methods. **Food Chemistry**, v.108, p.1099–1105, 2008.
- SANTOS, G.C.; BEDANI, R.; ROSSI, E.A. Utilização de resíduo de soja (Okara) no desenvolvimento de um cereal matinal. **Alimentos e Nutrição**, v.15, p.31-34, 2004.
- SENGUPTA, S.; CHAKRABORTY, M.; BHOWAL, J.; BHATTACHARYA, D. K. Study on the effects of drying process on the composition and quality of wet okara. **International Journal of Science, Environment and Technology**, v.01, p.319-330, 2012.
- SOUZA, G.; VALLE, J. L. E.; MORENO, I. Efeitos dos componentes da soja e seus derivados na alimentação humana. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.34, p.61-69, 2000.
- STAUFER, C. E. Soy protein in baking. **Agro food industry hitech**, v. 13, p.30-33, 2002.
- STANOJEVIC, S. P.; BARAC, M. B.; PESIC, M. B.; VUCELIC-RADOVIC, B. V. Composition of proteins in okara as a byproduct in hydrothermal processing of soy milk. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.60, p.9221–9228, 2012.
- SU, S. I. T.; YOSHIDA, C. M. P.; CONTRERAS-CASTILHO, C. J.; QUIÑONES, E. M.; VENTURINI, A. C. Okara, a soymilk industry by-product, as a non-meat protein source in reduced fat beef burgers, **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.33, p.52-56, 2013.
- SUMIDA, M.; YUHKI, T.; CHEN, R.; MORI, H.; IMAMURA, T.; MATSUBARA, F. Aseptic rearing of original silkworm strain on an artificial diet throughout the entire larval instars. **Journal of Sericultural Science of Japan**, v.64, p.35-38, 1995.
- SUREL, O.; COUPLLET, B. Influence of the dehydration process on active compounds of okara during its fractionation. **Journal of Science Food Agriculture**, v.85, p.1343-1349, 2005.
- TARACHAI, P.; YAMAUCHI, K. Metabolizable energy of soybean curd residue and its effective utilization for broiler chick feed. **Poultry Science**, v.38, p.160-168, 2001.
- TATSUMI, E.; LI, F. D.; LI, L. T.; TATSUMI, E. Electrohydrodynamic (EHD) drying characteristic of okara cake. **Drying Technology**, v.23, p.565–580, 2005.
- TRAVAGLINI, D. A.; SILVEIRA, E. T. F.; TRAVAGLINI, M. M. E.; VITTI, P.; PEREIRA, L.; DE AGUIRRE, J. M.; FIGUEIREDO, I. B. The processing of soy milk residue mixed with corn grits. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos (Brazil)**, v.17, p.275-296, 1980.
- VAN DER RIET, W.B.; WIGHT, A.W.; CILLIERS, J.J. L.; DATEL, J. M. Food chemical investigation of tofu and its byproduct okara. **Food Chemistry**, v.34, p.193-202, 1989.

- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of ruminant**. Ithaca:Comstock Publishing Associations, p.476, 1994.
- VARGAS, M. D. **Okara na alimentação de frangos de corte na fase inicial e de crescimento**. 2013, 83 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- VILLALBA, D.; SERADJ, A. R.; CUBILÓ, D. Characterization of organic soybean by-product (okara) as a protein supplement in organic fattening of calves. European Federation of Animal Science (EAAP) 62<sup>nd</sup> meeting, Stavanger, Norway, **Proceeding...** 2011, p.383.
- WACHIRAPHANSAKUL, S.; DEVAHASTIN, S. Drying kinetics and quality of soy residue (okara) dried in a jet spouted-bed dryer. **Drying Technology**, v.23, p.1229–1242, 2005.
- ZAMBOM, M. A., DOS SANTOS, G. T., MODESTO, E. C.; ALCALDE, C. R.; GONÇALVES, G.D.; DA SILVA, D. C.; DA SILVA, K. T.; FAUSTINO, J. O. Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.23, p.937-943, 2001.

## II OBJETIVOS GERAIS

Objetivou-se avaliar a utilização do okara (coproduto da produção de extrato aquoso de soja) na alimentação de vacas da raça Holandesa em lactação;

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Mensurar a composição química do okara; digestibilidade aparente dos nutrientes; produção e qualidade do leite; e viabilidade econômica frente à inclusão de níveis crescentes do coproduto na dieta de vacas leiteiras;

### III - Coproduto de soja (okara) na alimentação de vacas leiteiras

**Resumo** – Com o objetivo de avaliar o potencial de inclusão de okara (coproduto de soja) na alimentação de vacas leiteiras, um experimento foi conduzido utilizando-se quatro vacas da raça Holandesa, em lactação, alimentadas com níveis crescentes de inclusão de okara no concentrado (0, 10, 20 e 30%). A dieta continha 60% de silagem de milho e 40% de concentrado. Os animais foram distribuídos num delineamento em quadrado latino. Foi avaliada a ingestão de: matéria seca; proteína bruta; extrato etéreo e fibra em detergente neutro, bem como avaliou-se a digestibilidade aparente dos nutrientes e a digestibilidade *in vitro* dos tratamentos utilizados. Houve efeito linear decrescente para digestibilidade *in vitro* da matéria seca, sendo esta inversamente proporcional à inclusão de okara. Foi também observado efeito quadrático para a ingestão de fibra em detergente neutro, sendo diretamente proporcional à adição do coproduto. Os demais parâmetros avaliados não apresentaram diferença significativa em relação aos tratamentos. Em adição, foi avaliado o desempenho produtivo e a qualitativa do leite, bem como a viabilidade econômica da inclusão de okara na dieta. Não houve diferença significativa para produção de leite, gordura, proteína, lactose, nitrogênio ureico do leite e contagem de células somáticas. Mediante a análise econômica, foi observado que o nível de 30% de inclusão de okara no concentrado (matéria natural) apresentou os melhores resultados econômicos para custo médio de ração, margem bruta, ponto de equilíbrio e índice de rentabilidade.

Palavras-chave: desempenho, resíduo agroindustrial, digestibilidade, leite, rentabilidade.

### III – Soybean by-product (okara) in dairy cattle feeding

**Abstract** – Aiming to improve the economic efficiency and performance of the dairy production system, several studies have used agro-industrial by-products as ingredients in livestock rations. Thus, an experiment was conducted utilizing four lactating Holstein dairy cows fed increasing levels of okara inclusion in the concentrate (0, 10, 20 and 30%) and distributed in a latin square design. It was evaluated the intake of: dry matter; crude protein; lipids and neutral detergent fiber, also was evaluated the apparent nutrients digestibility and *in vitro* digestibility of the treatments. There was decreasing linear effect for dry matter *in vitro* digestibility, being inversely proportional to the inclusion of okara. It was also observed quadratic effect for neutral detergent fiber intake, being directly proportional to the by-product inclusion. Others parameters did not differ significantly regarding the treatments. In addition, the performance and milk quality were evaluated, as well as economic feasibility of okara inclusion in the diet. There was no significant difference for milk production, fat, protein, lactose, milk urea nitrogen and somatic cells count. Regarding the economic analysis, it was reported that 30% of okara (natural state) inclusion treatment showed the best results for average feed cost, gross margin, breakeven and profitability index.

Key-words: performance, agro-industrial waste, digestibility, milk, profitability.

## Introdução

Contando com um dos maiores rebanhos bovinos do mundo, o Brasil vem se destacando na produção de leite. A bovinocultura leiteira tem importante participação na economia do país, com a produção anual aproximada de 32 bilhões de litros de leite e significativa participação no Produto Interno Bruto (PIB) nacional (De Carvalho e Barcellos, 2013).

A eficiência produtiva é atribuída a uma produtividade com menor custo possível, sem deixar de atender a todas as exigências nutricionais, sanitárias e reprodutivas, unida a boas práticas de manejo, saúde e bem-estar animal. Dentro dessa relação, destaca-se a nutrição animal, que é de alta relevância ao âmbito produtivo, bem como representa boa parte de todos os custos de produção. Destaca-se desta a porção proteica da dieta, a qual geralmente está associada aos ingredientes mais onerosos. Sendo assim, buscam-se estratégias para que se possam atingir as exigências proteicas para cada categoria animal, bem como reduzir os custos de produção. Uma solução que convém a ambos os desafios, assim como agrega benefícios ambientais, é a utilização de coprodutos da agroindústria como ingredientes na formulação de dietas e na alimentação animal.

A soja, ao ser processada, pode gerar diversos coprodutos de grande interesse na alimentação animal, como o okara (resíduo de polpa de soja), que é resultante do processo de produção do extrato aquoso de soja, conhecido como leite de soja. Este coproduto apresenta baixo custo, bom valor nutritivo e mantém um terço das isoflavonas presentes na soja (Bowles e Demiate, 2006), tornando-o um interessante ingrediente em formulação de rações para animais.

O okara tem um teor de proteína bruta (PB) que varia de 25,52 a 37,5%; de extrato etéreo de 0,8 a 20,0%; de carboidratos totais de 47,2 a 58,52% e de fibra bruta (FB) de 1,5 a 55,5% (Surel e Couplet, 2005; Muroyama et al., 2006; Bowles e Demiate, 2006; Préstamo et al., 2007; Redondo-Cuenca et al., 2008; Mateos-Aparicio et al., 2010; Rashad et al., 2011).

Considerando o valor nutricional e a disponibilidade deste coproduto, objetivou-se avaliar o seu potencial de inclusão de okara na alimentação de vacas leiteiras em lactação sobre a ingestão e digestibilidade dos nutrientes, produção quantitativa e qualitativa de leite, e viabilidade econômica.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Bovinocultura de Leite da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), localizada na latitude de 23° 25' S; 51° 57' O, com altitude de 550 metros, situada no município de Iguatemi, Paraná e pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM).

A composição química do okara, bem como dos tratamentos e amostras experimentais utilizados neste trabalho foi obtida pela realização das análises de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), matéria orgânica (MO) e carboidratos totais (CT).

Foram utilizadas quatro vacas da raça Holandesa em lactação, com peso corporal médio de 550 kg e aproximadamente 100 dias de lactação, as quais foram alojadas em uma instalação *Tie-Stall*, e alimentadas com dieta convencional por sete dias, sendo posteriormente distribuídas aleatoriamente em um quadrado latino 4 × 4, com quatro tratamentos e quatro períodos.

Os tratamentos utilizados foram quatro formulações isoproteicas de concentrados (Tabela 1), atendendo às exigências nutricionais de vacas em lactação, segundo o NRC (2001), sendo um concentrado à base de milho e farelo de soja, e três concentrados-teste com níveis crescentes (10%, 20% e 30%) de inclusão de okara. Os períodos experimentais foram constituídos por 21 dias, sendo 14 dias de período de adaptação à dieta experimental e sete dias de coleta. Os animais foram mantidos com as dietas experimentais e água *ad libitum* durante um período de aproximadamente 11 horas (da ordenha matutina até às 17h), sendo posteriormente alocados em um piquete, sem disponibilidade forrageira para atividade e descanso.

A dieta experimental consistiu numa proporção 60:40 de volumoso (silagem de milho) e concentrado. As sobras foram pesadas diariamente e a dieta foi regulada de forma a permitir sobras de no máximo 100g/kg do total fornecido.

Tabela 1 – Composição percentual e química (g/kg MS) dos concentrados com níveis de inclusão de okara e silagem de milho, com base na matéria seca.

Ingredientes (%)	0%	10%	20%	30%	Silagem
Milho	51,56	47,36	43,15	38,95	-
Farelo de soja	43,44	37,64	31,85	26,05	-
Okara	0,0	10,0	20,0	30,0	-
Suplemento vitamínico e mineral	5,0	5,0	5,0	5,0	-
Matéria seca	914	922,2	913,3	914,1	312,8
Matéria mineral	102,3	104,2	104,9	111,2	57,4
Matéria orgânica	897,7	895,8	895,1	888,8	942,6
Proteína bruta	240,5	240,9	242,3	241,2	78,7
Extrato etéreo	28,2	35	37,3	40,6	31,8
Fibra em detergente neutro	157,5	181,1	225,2	250,2	562,5
Carboidratos totais	633,1	619,8	622,9	612,1	832,4

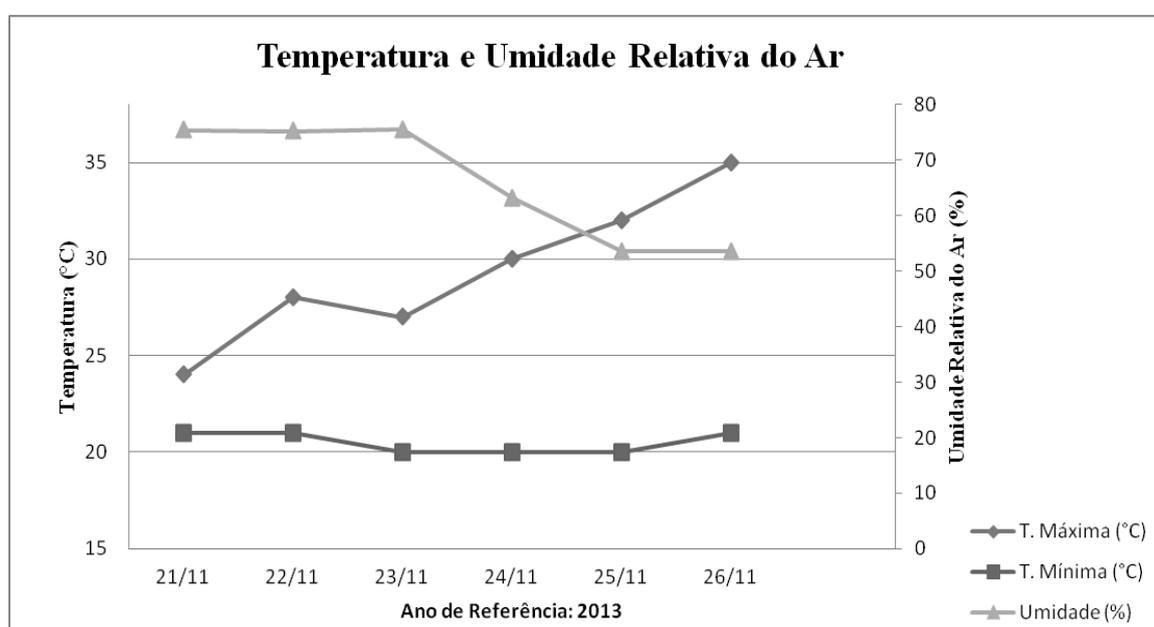
Suplemento vitamínico e mineral (conteúdo/kg de produto): Vit. A 135.000,00 UI/kg; Vit. D3 68.000,00 UI/kg; Vit. E 450,00 UI/kg; Monensinasódica 480,00 UI/kg; Flúor 510,00 mg/kg; Cálcio 145,00g/kg; Fósforo 51,00 g/kg; Enxofre 20,00g/kg; Magnésio 33,00g/kg; Potássio 28,00 g/kg; Sódio 93,00 g/kg; Cobalto 30,00 mg/kg; Cobre 400,00 mg/kg; Cromo 10,00 mg/kg; Ferro 2.000,00 mg/kg; Iodo 40,00 mg/kg; Manganês 1.350,00 mg/kg; Selênio 15,00 mg/kg; Zinco 1.700,00 mg/kg; 0; 10;20;30% de inclusão de okara no concentrado.

A preparação do okara utilizado como ingrediente das dietas experimentais envolveu a obtenção do coproduto por intermédio de doação pela Cocamar - Cooperativa dos Cafeicultores de Maringá – PR. O coproduto seco foi obtido após secagem do material de forma natural, sob condições climáticas favoráveis (Figura 1), moagem e armazenamento para posterior utilização como ingrediente nas dietas experimentais. A precipitação pluviométrica observada durante os sete dias de secagem do material foi em média de 3,1 mm.

Após secagem, o material foi submetido a análises para mensuração de MS, MM, PB e EE de acordo com a AOAC (2000); e FDN segundo Mertens (2002). A MO foi calculada pela diferença entre a MS e MM. Os carboidratos totais foram calculados utilizando equação proposta por Sniffen et al. (1992):  $100 - (PB + MM + EE)$  (Tabela 2).

Tabela 2 – Composição química e digestibilidade *in vitro* do coproduto de soja (okara)

Nutriente (g/kg matéria seca)	Okara
Matéria seca	896,54
Matéria mineral	75,10
Matéria orgânica	924,89
Proteína bruta	311,87
Extrato etéreo	84,19
Fibra em detergente neutro	296,9
Carboidratos totais	533,19
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (%)	74,2



Fonte: Laboratório de Análises de Sementes – FEI/UEM (Novembro de 2013).

Figura 1 – Dados climáticos de temperatura e umidade durante secagem natural do okara

Foi realizada a determinação da digestibilidade *in vitro* (DIVMS) tanto do okara, quanto dos concentrados experimentais. Para tal, realizou-se a análise adotando-se a técnica descrita por Tilley e Terry (1963), seguindo as modificações descritas por Holden (1999), utilizando-se de rúmen artificial desenvolvido pela ANKOM® (Daisy<sup>II</sup> – Technology Corporation). A análise foi realizada com a obtenção do líquido ruminal de uma vaca da raça Holandesa, em período seco, pesando aproximadamente 600 kg, múltipara e munida de fístula ruminal. Esse animal foi alimentado com 60% de

volumoso e 40% de concentrado mais suplemento mineral, adotando-se um período de oito dias para a adaptação do animal à alimentação. A DIVMS foi calculada após incubação das amostras de tratamentos experimentais em fluido ruminal combinado com solução tampão, por 48 horas, seguida por adição de pepsina no líquido incubado e 24 horas adicionais de incubação. O cálculo foi baseado na diferença entre a quantidade incubada e o resíduo pós incubação:  $\text{DIVMS} = (\text{MS (g) do alimento incubado} - \text{MS (g) do resíduo}) / (\text{MS (g) do alimento incubado}) \times 100$ .

A digestibilidade aparente dos nutrientes foi calculada por intermédio de equação proposta por Schneider e Flatt (1975), baseando-se nas concentrações de indicador externo fornecido e recuperado nas fezes.

Entre o dia 8º e o 18º dia de cada período, foram administradas 20g/dia de  $\text{TiO}_2$ , via sonda esofágica, sendo a dose dividida em duas administrações diárias, conforme recomendado por Titgemeyer et al. (2001).

Do 15º até o fim de cada subperíodo (21º dia), foram coletadas amostras de sobras da ração total misturada fornecida no dia anterior, e dos alimentos que compunham a dieta dos animais (silagem e concentrado). As amostras foram desidratadas em estufa de ventilação forçada (55°C), até atingirem constância de peso, e a seguir foram moídas em peneira com crivo de 1 mm, e analisadas para a determinação da composição química.

A coleta de fezes dos animais foi realizada entre os dias 15 e 19 de cada período, sendo coletadas diretamente da ampola retal e posteriormente submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada (55°C), até atingirem constância de peso. A seguir, foram moídas em peneira com crivos de 1 mm e analisadas para a determinação dos nutrientes descritos anteriormente. A análise da concentração de  $\text{TiO}_2$  (dióxido de titânio) nas fezes foi realizada de acordo com metodologia proposta por Titgemeyer et al. (2001), utilizando um espectrofotômetro infravermelho modelo Evolution 300 (Thermo Fisher Scientific<sup>®</sup>, Massachusetts, Estados Unidos). Adiante, utilizou-se da recuperação de  $\text{TiO}_2$  nas fezes para avaliar a excreção fecal diária, a qual foi estimada, segundo Aroeira (1997), pela quantidade diária de indicador ingerido dividida pelo teor do indicador nas fezes (g/kg).

A ingestão de matéria seca (IMS); ingestão de proteína bruta (IPB); ingestão de extrato etéreo (IEE) e ingestão de fibra em detergente neutro (IFDN) foram calculadas pela diferença do material fornecido e das sobras. Já a digestibilidade da matéria seca (DMS); digestibilidade da proteína bruta (DPB); digestibilidade do extrato etéreo (DEE)

e digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) foram mensuradas por intermédio de equação citada anteriormente (Schneider e Flatt, 1975).

A produção de leite individual das vacas foi registrada diariamente durante todo o período experimental e calculou-se a média de produção para cada subperíodo, seguido de correção para 4,0% de gordura, pela equação descrita por Tyrrell e Reid (1965).

Para a análise da composição química e qualidade do leite, foram retiradas amostras de leite compostas (ordenha matutina e vespertina) de todos os animais, totalizando três amostras/animal/período no 21º dia de cada período. As amostras de leite foram acondicionadas em frascos plásticos, com conservante 2-bromo 2-nitropropano 1-3-diol (bromopol) e encaminhadas ao Laboratório do Programa de Análises do Rebanho Leiteiro (PARLPR) da Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa, localizado em Curitiba, Paraná, para análise de proteína, gordura e lactose através do analisador infravermelho Bentley-2000; contagem de células somáticas, pelo aparelho Somacount-500; e de ureia no leite, utilizando o analisador infravermelho.

Para verificar a viabilidade econômica da inclusão de okara nas rações, foram utilizados os preços pagos à FEI/UEM pelo quilograma de leite (R\$ 0,88) e os preços dos ingredientes utilizados na ração, tomados como referência dos cálculos de sites de comercialização de produtos agrícolas no Paraná, no mês de Dezembro de 2014: milho R\$ 0,38/kg; farelo de soja R\$ 1,03/kg; suplemento vitamínico mineral R\$ 2,26/kg; okara R\$ 0,32/kg de matéria seca (valor de comercialização da Cocamar, em Dezembro de 2014). O custo (R\$ 0,25/kgMS) da silagem de milho baseou-se no estudo da Fundação ABC, referente à safra 2014/15.

O custo médio das dietas foi calculado de acordo com a composição centesimal das dietas experimentais, para vacas em lactação, e o consumo médio de volumoso e concentrado das vacas para cada nível de adição de okara. A receita bruta foi calculada a partir do total de produção de leite das vacas e o preço pago por quilograma de leite. A margem bruta é a diferença entre a receita bruta e o custo médio da dieta. O índice de rentabilidade é obtido do quociente da margem bruta e custo médio da dieta (margem bruta/custo médio da dieta). O índice de rentabilidade indica a taxa de retorno do capital empregado. O ponto de equilíbrio mostra o volume exato de produção em que há retorno zero (margem bruta=custo médio da dieta). No presente estudo, a abordagem econômica levou em consideração somente os custos com a alimentação devido ao

escopo da pesquisa, não abrangendo os demais componentes de custo de produção. Portanto, trata-se da produção de leite necessária para se cobrir os custos com o concentrado e volumoso. No caso, infere-se apenas o ponto de equilíbrio parcial.

Os dados foram analisados utilizando-se o procedimento GLM do programa estatístico SAS 9.1 (2004). Após a análise de variância, os dados foram analisados por regressão para as diferentes relações linear ou quadrática ( $P < 0,05$ ).

O modelo estatístico adotado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + P_j + A_k + e_{ijk}$$

Em que,

$Y_{ijk}$  = variável dependente

$\mu$  = média geral

$T_i$  = efeito fixo de tratamento ( $i = 0; 10; 20; 30$ )

$P_j$  = efeito fixo do período ( $j = 1, 2, 3$  e  $4$ )

$A_k$  = efeito do animal dentro do quadrado ( $k = 1, 2, 3$  e  $4$ )

$e_{ijk}$  = erro aleatório do resíduo.

## Resultados e Discussão

As análises de composição química do coproduto de soja (okara) revelaram um teor de matéria seca de 89,65%, 7,51% de matéria mineral (cinzas), 31,18% de proteína bruta (PB), 8,41% de extrato etéreo (EE), 29,69% de fibra em detergente neutro (FDN) e 53,31% de carboidratos totais (CT). O teor de umidade da matéria natural do coproduto foi de 79,71%, similar ao relatado por Lescano e Tobinaga (2004) e Sengupta et al. (2012). A secagem utilizando metodologia de desidratação natural mostrou-se eficiente na conservação do valor nutricional do coproduto.

A porcentagem de proteína bruta encontrada é similar à reportada por Préstamo et al. (2007), os quais reportaram um teor de 31,2%, sendo inferior aos relatos de Surel e Couplet (2005); Bowles e Demiate (2006) e Mateos-Aparicio et al. (2010a), que apresentaram valores de 37,5; 37,0 e 33,4%, respectivamente. No entanto, o valor de PB do presente trabalho foi superior aos reportados por Redondo-Cuenca et al. (2008) (28,5%) e Rashad et al. (2011) (25,52%).

O teor de lipídeos foi similar ao apontado por Mateos-Aparicio et al. (2010a), que encontraram um valor de 8,5%. Préstamo et al. (2007); Redondo-Cuenca et al.

(2008) e Rashad et al. (2011) encontraram valores superiores (19,8; 9,8 e 12% respectivamente). O teor de cinzas foi maior que os valores reportados pelos autores supracitados. Em adição, a FDN se aproximou dos valores relatados por Villalba et al. (2011) (35,0%  $\pm$  9,5) e foi superior a demais relatos, como de 12,67% (Vargas, 2013) e 13,70%, relatado por Farhat et al. (1998).

A grande divergência na composição química do okara pode ser compreendida sabendo-se que o teor de cada nutriente pode variar em função do grão de soja, cuja composição depende do solo, clima e variedades de soja utilizada no processo de elaboração do extrato aquoso. Assim como pode haver variações na composição do okara dependentes da quantidade de água utilizada na extração do extrato aquoso de soja, temperatura de processamento, dentre outras condições no processo de produção. (O'Toole, 1999; Surel e Couplet, 2005).

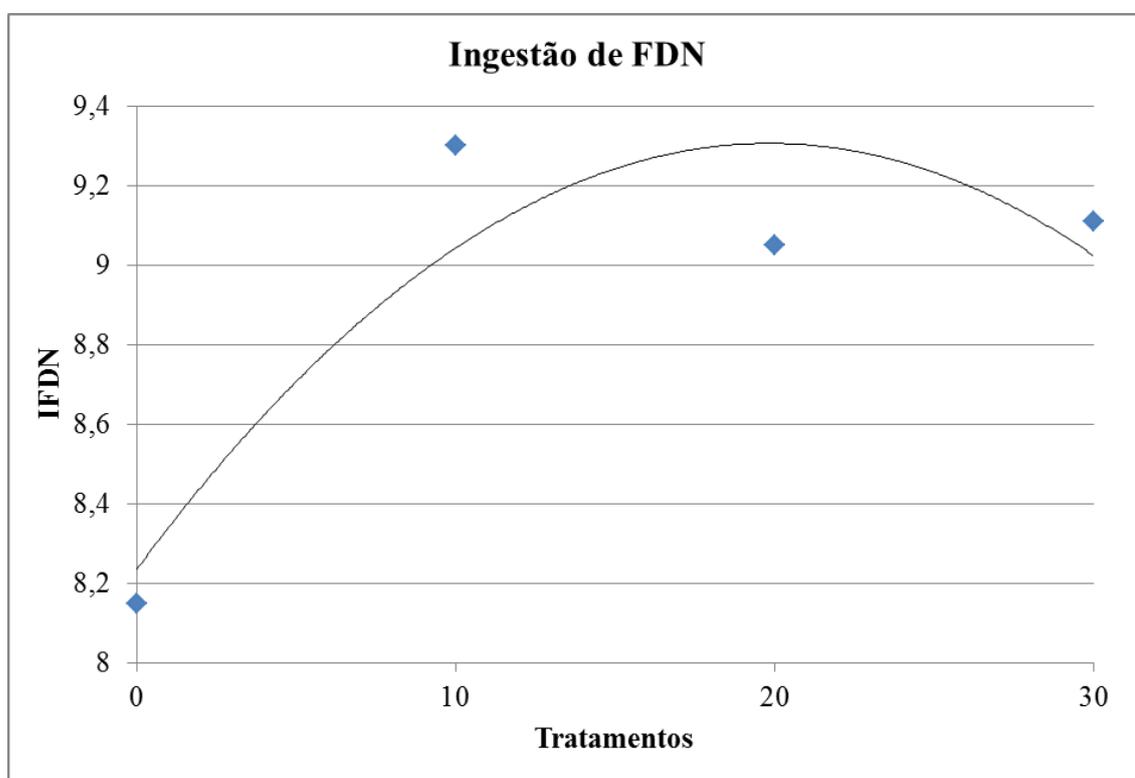
Tabela 3 – Ingestão e digestibilidade aparente dos nutrientes, com base na MS, de vacas lactantes alimentadas com diferentes níveis de inclusão de okara na dieta

Parâmetro	0	10	20	30	Probabilidade	
					Linear	Quadrática
Ingestão						
MS <sup>1</sup>	21,003	23,210	21,788	21,488	Ns	ns
MSPV <sup>2</sup>	3,3785	3,6345	3,4378	3,4373	Ns	ns
PB <sup>1</sup>	3,1285	3,5063	3,2318	3,1955	Ns	ns
EE <sup>1</sup>	0,62450	0,72600	0,70100	0,71525	Ns	ns
FDN <sup>1</sup>	8,1543 <sup>b</sup>	9,3048 <sup>a</sup>	9,0508 <sup>ab</sup>	9,1115 <sup>ab</sup>	Ns	0,0345
MS <sup>3</sup>	806,48	771,73	782,83	788,53	Ns	ns
PB <sup>3</sup>	782,63	749,13	751,80	767,45	Ns	ns
EE <sup>3</sup>	792,20	778,85	736,48	738,35	Ns	ns
FDN <sup>3</sup>	705,38	653,03	692,48	697,13	Ns	ns

MS: matéria seca; MSPV: matéria seca em porcentagem do peso vivo; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; ns: não significativo; 1: kg/dia; 2: %; 3: g/kg matéria seca; 0%;10%; 20%;30% de inclusão de okara no concentrado;

Houve efeito linear decrescente ( $P=0,0162$ ) para digestibilidade *in vitro* da matéria seca ( $y = -0,2382x + 91,823$ ). As médias observadas para os concentrados com diferentes níveis de inclusão de okara (0, 10, 20 e 30%) foram de 917,7; 891,9; 877,7 e 843,2; respectivamente.

Houve efeito quadrático ( $P=0,0345$ ) de ingestão de fibra em detergente neutro ( $y = -0,0027x^2 + 0,108x + 8,2355$ ), com ponto máximo de 9,3155 kg de ingestão diária de fibra em detergente neutro para o tratamento com 20% de inclusão de okara. Avaliando-se as médias apresentadas para cada tratamento, observa-se um aumento expressivo da IFDN no nível de inclusão de 10% de okara (Figura 2), o que pode ser atribuído ao alto consumo de matéria seca observado neste tratamento, sendo o maior valor observado comparativamente aos demais tratamentos, 10,5% superior ao tratamento sem inclusão de okara. O teor de FDN do okara é o principal fator de impacto nas observações deste parâmetro.

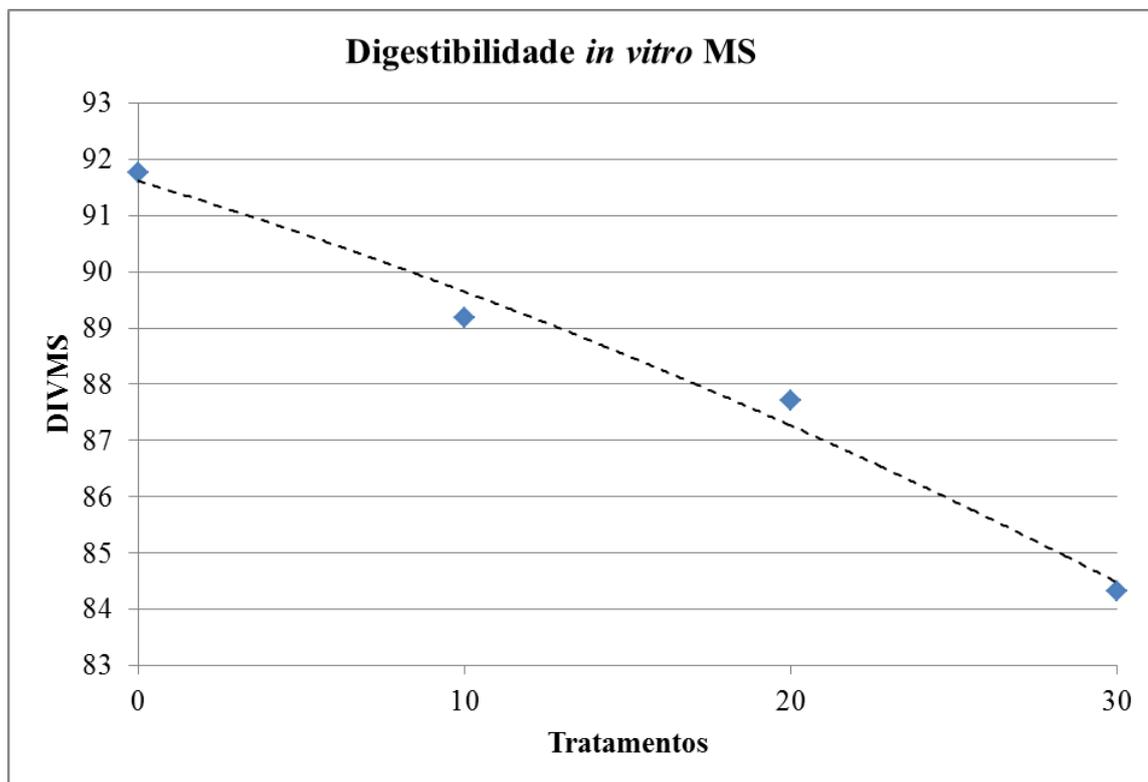


IFDN: Ingestão de fibra em detergente neutro (kg.dia<sup>-1</sup>); 0; 10; 20; 30% de inclusão de okara no concentrado.

Figura 2 – Ingestão de fibra em detergente neutro de vacas leiteiras alimentadas com diferentes níveis de inclusão de okara na dieta

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca dos diferentes níveis de inclusão de okara no concentrado foi significativamente superior ( $P<0,05$ ) no tratamento sem inclusão de okara comparativamente a todos os níveis de inclusão (Figura 3). De acordo com Da Silva et al. (2004), que também avaliaram coprodutos de soja, a diminuição de digestibilidade *in vitro* do alimento está possivelmente vinculada ao aumento no teor de

FDN dos concentrados com inclusão de okara de 10, 20 e 30% (18,11; 22,52 e 25,02% de FDN, respectivamente) comparativamente ao tratamento sem inclusão do coproduto (15,75% de FDN).



DIV/MS: Digestibilidade *in vitro* da matéria seca; MS: matéria seca; 0; 10; 20; 30% de inclusão de okara no concentrado.

Figura 3 – Digestibilidade *in vitro* da matéria seca de concentrados com diferentes níveis de inclusão de okara

A ingestão de matéria seca (kg/dia e porcentagem do peso vivo), ingestão de proteína bruta e de extrato etéreo, e os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, da proteína bruta, do extrato etéreo e da fibra em detergente neutro não apresentaram diferença ( $P > 0,05$ ) nos tratamentos (Tabela 3). Tais dados demonstram que não há impacto nutricional no consumo e na digestibilidade da maioria dos nutrientes, independentemente da inclusão de okara, em até 30% de okara na composição do concentrado.

As análises de qualidade do leite (Tabela 4) revelaram que o leite se encontrava dentro da normalidade, segundo a Instrução Normativa nº 62 (IN62), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA (Brasil, 2011) para todos os parâmetros avaliados (gordura, proteína, lactose, nitrogênio ureico do leite e contagem de células somáticas).

Tabela 4 – Produção e qualidade do leite de vacas leiteiras alimentadas com diferentes níveis de inclusão de okara na dieta

Parâmetro	0	10	20	30	Probabilidade	
					Linear	Quadrática
Produção	25,653	25,768	25,225	23,630	Ns	ns
Gordura	3,2663	3,0875	3,1463	2,8425	Ns	ns
Proteína	3,0650	3,0500	3,0512	2,9775	Ns	ns
Lactose	4,5725	4,6125	4,6937	4,6587	Ns	ns
Nul	14,935	18,043	15,353	16,348	Ns	ns
Ccs	71,50	148,25	58,63	146,25	Ns	ns

Produção (kg de leite/dia); Gordura (%); Proteína (%); Lactose (%); NUL: nitrogeniureico do leite (mg/dL); CCS: contagem de células somáticas ( $\times 1000$  células/ml); ns: não significativo; 0; 10; 20; 30% de inclusão de okara no concentrado.

A produção de leite e os parâmetros qualitativos citados anteriormente não apresentaram diferença ( $P > 0,05$ ) em relação aos níveis de inclusão de okara, o que revela resultados promissores à utilização do coproduto de soja na dieta de vacas leiteiras, uma vez que a qualidade do produto final não sofre interferência frente a uma dieta menos onerosa.

O nitrogênio ureico do leite (NUL) se apresentou ligeiramente superior ao nível de segurança preconizado, considerando que níveis acima de 14 mg/dL podem indicar um excedente proteico na dieta (Rajala-Schultz e Saville, 2003). A contagem de células somáticas (CCS) indicou um bom estado de saúde da glândula mamária dos animais, uma vez que, valores acima de 250.000 células somáticas/mL podem indicar acometimento de mastite nos animais (Andrews et al., 1983).

A lactose e a proteína foram os sólidos do leite que apresentaram menor variação entre os tratamentos. Entretanto, juntamente com a média da gordura do leite, não sofreu diferença em relação ao nível de adição de okara no concentrado.

A análise de viabilidade econômica (Tabelas 5 e 6) mostrou que, no período experimental, a margem bruta foi positiva em todos os tratamentos, sendo a mais elevada ao nível de 30% de inclusão de okara. O menor custo do concentrado se estabeleceu aos 30% de inclusão de okara, o que atribuiu o maior índice de rentabilidade e menor produção necessária para equivaler aos custos de produção, que neste estudo se refere aos gastos com o custo médio da ração, considerando o consumo

e o preço por quilograma do concentrado. O índice de rentabilidade indica os melhores resultados ao nível de 20 e 30% em relação ao tratamento sem inclusão de okara. O baixo índice do tratamento com 10% de inclusão do coproduto de soja está vinculado ao alto consumo observado neste tratamento, o que elevou o valor despendido com ração dos animais. O custo bruto por quilograma da ração foi decrescente conforme houve adição de okara na composição devido à menor utilização de ingredientes onerosos nas rações como farelo de soja e milho.

Tabela 5 – Análise econômica das dietas contendo níveis crescentes de inclusão de okara para vacas lactantes utilizando-se como base a produção de leite e o consumo de matéria seca

Parâmetro	0	10	20	30
Custo do concentrado (R\$/kg)	0,75	0,71	0,67	0,62
Custo médio da dieta (R\$/dia)	9,451	10,074	9,106	8,551
Margem Bruta (R\$/dia)	15,848	14,763	16,325	16,572
Ponto de Equilíbrio	10,740	11,447	10,348	9,717
Índice de rentabilidade	1,678	1,489	1,817	1,968

0; 10; 20; 30% de inclusão de okara no concentrado.

Tabela 6 - Análise econômica de dietas contendo níveis crescentes de inclusão de okara para vacas lactantes utilizando-se como base a produção de leite e o consumo de matéria seca (Tratamento sem inclusão de okara = 100,000)

Parâmetro	0	10	20	30
Custo do concentrado (R\$/kg)	100,000	94,666	89,333	82,666
Custo médio da dieta (R\$/dia)	100,000	106,592	96,349	90,477
Margem Bruta (R\$/dia)	100,000	93,154	103,010	104,568
Ponto de Equilíbrio	100,000	106,583	96,350	90,475
Índice de rentabilidade	100,000	88,736	108,284	117,282

0; 10; 20; 30% de inclusão de okara no concentrado

Avaliando a viabilidade econômica da inclusão de okara na dieta de vacas leiteiras durante o período experimental, observou-se que o custo do concentrado em todos os níveis de adição de okara é inferior ao sem inclusão de okara, sendo o menor custo (30% de inclusão de okara) 17,3% inferior ao concentrado sem okara. Já a

margem bruta de todos os níveis de inclusão, exceto do nível 10% de inclusão, ultrapassaram a margem da ração sem o coproduto de soja. O índice de rentabilidade foi melhor em todos os níveis de inclusão de okara quando comparado à ração sem okara, com exceção do nível de 10% de inclusão, que não apresentou vantagem com relação ao concentrado convencional (0% de okara). O ponto de equilíbrio do nível de 30% de inclusão de okara foi estabelecido como mais vantajoso. Este ponto de equilíbrio aponta que são necessários 9,71 litros de leite para pagamento dos gastos com a dieta, podendo-se concluir que o nível de 30% de inclusão de okara apresentou os melhores resultados econômicos, mostrando-se economicamente viável nesta fase.

### **Conclusão**

O coproduto de soja, okara seco, apresenta uma composição química de interesse na alimentação de vacas leiteiras. O coproduto pode ser incluído no concentrado de vacas leiteiras em lactação em até 30% (300g/kg de concentrado) da matéria natural, sem afetar o desempenho produtivo, a qualidade do leite, a digestibilidade dos nutrientes e com melhores índices econômicos, sendo economicamente viável.

## Referências

- ANDREWS, R.J.; KITCHEN, B.J.; KWEE, W.S. Relationship between individual cowsomatic cell count and the mastitis infectionstatus of the udder. **Australian Journal of Dairy Technology**, v.38, p.71-74, 1983.
- AROEIRA, L.J.M. Estimativas de consumo de gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, 1997, Lavras, MG. **Anais...**Lavras: Universidade Federal de Lavras, p.127-163, 1997.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - A.O.A.C. **Official Methods of Analysis**, 19 ed.,p.1219, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa nº 62, de 29 de dez. 2011. Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Cru Refrigerado, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Pasteurizado e o Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel. **Diário Oficial da União**, Brasília,p.13-20, 2011.
- BOWLES S.; DEMIATE, I. M. Caracterização físico-química de okara e aplicação em pães do tipo francês. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, v.26, p.652-659, 2006.
- DA SILVA, D. C.; KAZAMA, R.; FAUSTINO, J. O.; ZAMBOM, M. A.; DOS SANTOS, G. T.; BRANCO, A. F. Digestibilidade *in vitro* e degradabilidade *in situ* da casca do grão de soja, resíduo de soja e casca de algodão.**Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.26, p.501-506, 2004.
- DE CARVALHO, D. M.; BARCELLOS, J. O. J. Orientação para o mercado no elo da produção de leite: como lidar com a assimetria de informação. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v.15, 2013.
- FUNDAÇÃO ABC.Custos de produção de forrageiras, safra 2014/2015.Disponível em: <<http://www.fundacaoabc.org.br/forragicultura/img/custos.pdf>>. Acesso: Março, 2015.
- HOLDEN, L. A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v.82,p.1791-1794, 1999.
- MATEOS-APARICIO, I.; MATEOS-PEINADO, C.; JIMÉNEZ-ESCRIG, A.; RUPÉREZ, P. Multifunctional antioxidant activity of polysaccharide fractions from the soybean byproduct okara.**Carbohydrate Polymers**, v.82, p.245–250, 2010.

- MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of Association of Official Agricultural Chemists International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- MUROYAMA, K.; ATSUMI, R.; ANDOH, A. Effect of pretreatment on lactic acid fermentation of bean curd refuse with simultaneous saccharification. **Studies in Surface Science and Catalysis**, v.159, p.133–136, 2006.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**.7.ed. Washington: National Academic Press, p.381, 2001.
- PRÉSTAMO, G.; RUPÉREZ, P.; ESPINOSA-MARTOS, I.; VILLANUEVA, M. J.; LASUNCIÓN, M. A. The effects of okara on rat growth, cecal fermentation, and serum lipids. **European Food Research and Technology**, v.225, p.925–928, 2007.
- RAJALA-SCHULTZ, P.J.; SAVILLE, W.J.A. Sources of variation in milk urea nitrogen in Ohio dairy herds. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.1653-1661, 2003.
- RASHAD, M. M.; MAHMOUD, A. E.; ABDOU, H. M.; NOOMAN, M. U. Improvement of nutritional quality and antioxidant activities of yeast fermented soybean curd residue. **African Journal of Biotechnology**, v.10, p.5504–5513, 2011.
- REDONDO-CUENCA, A.; VILLANUEVA-SUÁREZ, M. J.; MATEOS- APARICIO, I. Soybean seeds and its by-product okara as sources of dietary fibre. Measurement by AOAC and Englyst methods. **Food Chemistry**, v.108, p.1099–1105, 2008.
- SAS.SAS/STAT<sup>®</sup> User's Guide, Version 9.1.8 ed. Cary, North Carolina: SAS Institute Inc., 2004.
- SCHNEIDER, B.H.; FLATT, W.P. **The evaluation of feeds through digestibility experiments**. Athens: University of Georgia Press, p.423, 1975.
- SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P.J. FOX, D. G; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.
- SUREL, O.; COUPLÉ, B. Influence of the dehydration process on active compounds of okara during its fractionation. **Journal of Science Food Agriculture**, v.85, p.1343-1349, 2005.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, v.18, p.104-111, 1963.
- TITGEMEYER, E.C.; ARMENDARIZ, C.K.; BINDEL, D.J. et al. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1059-1063, 2001.

TYRRELL, H. F.; REID, J. T. Prediction of the Energy Value of Cow's Milk<sup>1, 2</sup>. **Journal of Dairy Science**, v.48, p.1215-1223, 1965.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.

#### IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eficiência de produção na cadeia produtiva do leite está altamente ligada à nutrição animal, uma vez que mais da metade dos custos está vinculado à alimentação dos animais. Dentro desta, a fração proteica da dieta geralmente ocupa a posição de destaque nos gastos, por ser constituída pelos ingredientes mais onerosos. Assim, a utilização de coprodutos com alto teor de proteína bruta na composição, como o okara, se apresenta como uma boa estratégia para reduzir custos de produção, bem como amenizar impactos ambientais, que podem ser ocasionados pelo descarte inapropriado destes resíduos.

Na fase de lactação, o okara pode ser incluído no concentrado em até 30%, sem afetar o desempenho produtivo e a qualidade do leite, bem como se apresenta economicamente viável.

A utilização do okara na alimentação de vacas leiteiras, como ingrediente na formulação do concentrado, diminui os custos de produção e reduz o impacto no meio ambiente. Assim, mais trabalhos voltados a avaliar o potencial de inclusão do okara na dieta de vacas leiteiras devem ser realizados.