

ENRIQUECIMENTO NUTRICIONAL DA CASCA DA MANDIOCA (*Manihot esculenta*, Crantz) POR PROCESSO BIOTECNOLÓGICO DESTINADO À ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Lúcia de Fátima Araújo¹; Emerson Moreira de Aguiar¹; Robson Rogério Pessoa Coelho¹; Rioze Castro Luciano²; Raimundo Bernadino Filho³; Lucivânia Assis de Oliveira Navarro³

1 Professores da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias-EAJ-UFRN. E-mail: luciazootec@yahoo.com.br; emersonaguiar@ufrnet.br; robcoe@bol.com.br;

2 Bacharel em Zootecnia da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias-EAJ-UFRN. E-mail: rioze@hotmail.com

3 Técnicos em Laboratório da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias-EAJ-UFRN. E-mail: raimundomailson@hotmail.com; lucivania_nf@hotmail.com

1 RESUMO

O aumento da população mundial e, conseqüentemente, a crescente demanda por alimentos, gera grande quantidade de resíduos agroindustriais, como a casca de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). O objetivo deste trabalho foi promover a bioconversão proteica da casca da mandioca pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* por meio da fermentação semissólida avaliando o efeito do enriquecimento nutricional na dieta dos animais em período de escassez de alimentos nas várias regiões do Brasil. A bioconversão da casca da mandioca por meio da fermentação semissólida, promoveu o enriquecimento proteico de até 10,2%. Obteve-se, com a bioconversão da casca de mandioca, um bioproduto de alto valor agregado podendo ser um alimento alternativo na alimentação animal principalmente em regiões onde há situações graves de desnutrição, o que influencia negativamente a atividade pecuária em períodos críticos do ano.

Palavras-chave: proteína unicelular, alimentação alternativa, fermentação semissólida, levedura.

NUTRITIONAL ENRICHMENT OF MANIOC PEEL (*Manihot esculenta*, Crantz) BY BIOTECHNOLOGICAL PROCESS INTENDED FOR ANIMAL FEEDING

2 ABSTRACT

The increase in the world population, and consequently the growing demand for food, generates a large amount of agro-industrial waste, such as manioc peel (*Manihot esculenta*

Crantz). The objective of this work is to promote the protein bioconversion of manioc peel by yeast *Saccharomyces cerevisiae* through semi-solid fermentation, evaluating the effect of nutritional enrichment on the diet of animals in the period of food shortage in different regions of Brazil. The bioconversion of the manioc peel through semi-solid fermentation promoted the protein enrichment up to 10,2%. A bioconversion of manioc peel was achieved with a high value-added bioproduct, which could be an alternative feed in animal feed mainly in regions where there are severe malnutrition, which negatively influences livestock production during critical periods of the year.

Keywords: unicellular protein, alternative food, semisolid fermentation, yeast.

3 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) é uma planta tropical cultivada amplamente em várias regiões do mundo, sob condições de altas temperaturas e precipitação acima de 500 mm, possuindo grande variabilidade genética.

Ferreira et al. (2007) afirmam que na alimentação animal a mandioca pode ser fornecida sob as mais variadas formas: raízes frescas, raspas, restos culturais (haste e folhas) e subprodutos sólidos da industrialização (cascas, entrecascas, descarte e farelos).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), no ano passado, a oferta nacional de mandioca no Brasil aumentou 7,5%, enquanto o processamento de fécula cresceu 36%. As indústrias de fécula receberam 2,3 milhões de toneladas de matéria-prima, 19,7% acima de 2013. O IBGE prevê novo aumento de produção, em 2016, para 24,2 milhões de toneladas. Desse total 33,9% são utilizados na alimentação humana, 50,2% na alimentação animal, 5,7% para outros fins; 0,2% foi destinado à exportação e 10% estimados como perdas. Neste sentido, um dos maiores desafios da sociedade contemporânea é a busca por uma gestão adequada dos resíduos sólidos, uma vez que o crescimento populacional e os modernos padrões de consumo cada vez mais acentuados induzem os sistemas agropecuários e agroindustriais a aumentarem a sua produção. Os rendimentos têm apresentado intensa expansão nos últimos anos devido à diversidade das atividades agrícolas, avanços tecnológicos, desenvolvimento de novos produtos e melhoria da qualidade nas diversas vertentes do setor. Como consequência do aumento da produtividade grande quantidades de resíduos são geradas e, quando disponibilizados inadequadamente, podem acarretar danos ao meio ambiente, criando problemas de amplas proporções de ordem socio-econômico-ambientais (MORALES, 2012).

Na região Nordeste em condições normais de clima, a produção de mandioca corresponde a 35% da produção nacional. Esta produção se destina basicamente ao

consumo humano, através de farinha e de polvilho azedo ou goma que entra na composição do pão-de-queijo e tapioca. Entre os principais estados produtores destacam-se a Bahia, o Maranhão e o Ceará, com produção que alcança em média de 70% da Região Semiárida do Nordeste (SEDAE, 2013).

Silva et al. (2014) trabalhando com o processo de enriquecimento proteico da crueira com a levedura *Saccharomyces cerevisiae* em fermentação semissólida na ausência e presença de uma fonte proteica não nitrogenada (ureia) para agilizar o crescimento do microrganismo, concluíram que houve elevada eficiência da bioconversão dos processos, transformando o resíduo da mandioca (crueira) em bioprodutos (*pellets*) de alto valor agregado similar ou maior aos concentrados convencionais, podendo ser utilizado como alternativa alimentar para os ruminantes, na época de escassez de alimentos na região semiárida do Nordeste.

Segundo Miranda (2014), a utilização de resíduos agroindustriais em bioprocessos possibilita sua utilização como substratos alternativos, além de atenuar problemas de poluição que sua disposição poderia causar. Com o advento das inovações biotecnológicas, novas perspectivas foram visualizadas para a sua utilização, principalmente na área de tecnologia enzimática e fermentação para obtenção de bioprodutos.

O objetivo do trabalho foi promover a biotransformação do resíduo da mandioca (casca da mandioca) a partir da fermentação em estado semissólido promovida pelo microrganismo *Saccharomyces cerevisiae* visando o enriquecimento nutricional para obtenção de um alimento alternativo de alto valor agregado que venha substituir o milho nas dietas dos animais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados na Unidade de Beneficiamento e Processamento de Frutas da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias UAECA–EAJ-UFRN e as análises químico-bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal da mesma unidade.

O substrato utilizado para o enriquecimento nutricional foi a casca de mandioca, resíduo do processamento de farinha de mandioca doada pelas casas de farinha do Município de Apodi-RN. O microrganismo utilizado para o processo fermentativo foi a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, fermento biológico, seco instantâneo da marca Instant Success contendo em sua composição química teor proteico de aproximadamente 67%, doado pela Unidade de Panificação da UAECA/EAJ/UFRN. Como fonte de nitrogênio não proteico usou-se a ureia pecuária adquirida no estábulo da mesma unidade. O melaço utilizado como aglutinante foi adquirido no comércio de Campina Grande, PB.

Para avaliar a biotransformação da casca de mandioca, promoveram-se quatro ensaios nas mesmas condições de fermentação (fermentação semissólida por 24 horas), denominados de T₁ -Substrato (casca de mandioca) na forma *in natura*; T₂- Substrato + 2% de levedura; T₃ - Substrato + 2% de levedura + 1% de ureia; T₄ -Substrato + 2% de levedura + 2% de ureia, T₅ - Substrato + 2% de levedura + 3% de ureia. Em todos os tratamentos foram inoculados a mesma concentração do microrganismo (2%) após estudo preliminar da cinética do crescimento microbiano realizado para otimização da porcentagem do inóculo em relação à quantidade do substrato (500g) em período de fermentação também estabelecido no estudo preliminar otimizado em 24 horas para maior percentual de proteína sintetizada no processo. Nos tratamentos T₃ e T₄ adicionou-se aos substratos uma fonte de nitrogênio não proteico (ureia) para acelerar o crescimento do microrganismo, e consequentemente aumentando o teor proteico do produto final.

Os biorreatores utilizados foram bandejas retangulares de alumínio, nas quais 500g dos substratos na forma *in natura* e processada eram distribuídos em camadas de 2 cm e os recipientes expostos em bancadas da Unidade de Beneficiamento e Processamento de Frutas em temperatura ambiente.

Os experimentos foram realizados em triplicata, num período de 24 horas de fermentação semissólida em temperatura ambiente. Em seguida os biorreatores foram colocados em estufa com ventilação de ar forçado em temperatura variando entre 55 a 65°C, por um período de 72 horas. O ideal que neste período os substratos fossem colocados em secador solar para atender as condições reais do meio rural, mas como o experimento foi desenvolvido em período chuvoso, foi necessário utilizar a estufa na variação da temperatura e período explicitados acima. Logo após, as amostras foram moídas até obter um pó bem fino, utilizando-se um moinho de facas ou ciclone com peneiras de 1 mm.

Para o processo de peletização artesanal, inicialmente, o farelo da casca de mandioca correspondente a cada tratamento foi umidificado com melaço e água aquecida a uma temperatura de 65°C. Em seguida era passado em um moinho de moer carne com furos medianos dando forma aos *pellets*. Após este processo foram colocados em estufa a 105°C por um período de 4 horas, obtendo assim *pellets*.

As análises químico-bromatológicas das amostras dos tratamentos estudados foram realizadas no Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal do Curso de Zootecnia no Campus Central da UFRN em Natal-RN.

Houve a necessidade de fazer uma secagem prévia, ou seja, amostra seca ao ar (ASA), pois os resíduos apresentaram teores acima de 15% de umidade, as amostras precisaram ser secas em estufa com circulação de ar forçada a uma temperatura entre 55 a 60°C por 72h.

Logo após a ter sido realizada a amostra seca ao ar, foi feita moagem final. Nessa etapa, as amostras foram trituradas até obter um pó bem fino, usando-se moinho de facas ou ciclone com peneiras de 1 mm.

O conteúdo da matéria seca (MS) foi determinado gravimetricamente procedendo a secagem da amostra, em estufa a 105°C até o peso constante de acordo com Silva (2002). Em seguida foi pesado novamente em balança analítica com precisão de 0,0001 g, em amostras triplicadas para corrigir eventuais erros, o material obtido é chamado de amostra seca em estufa (ASE) ou secagem definitiva.

O teor de proteína bruta foi determinado pela quantificação de nitrogênio total da amostra, utilizando-se o micro destilador Kjeldhal de acordo com o método descrito pela Association of Official Analytical Chemises (AOAC, 2005). O teor de nitrogênio foi convertido em teor de proteína multiplicando-se o valor encontrado pelo fator 6,25.

O cálculo usado para determinação da proteína foi o seguinte: $\%NT = (Va-Vb) \times F \times N \times 0,014 \times 100/ASA$ (g), no qual: FC= 1,0390 E NR= 0,10309 $\%PB = \%NT \times 6,25$.

Para a determinação da fibra em detergente neutro (FDN), a amostra foi tratada com detergente neutro e amilase (alfa- *amylase from Bacillus licheniformis*) da marca SIGMA para a separação das fibras insolúveis no meio. Essas fibras constituem basicamente de celulose, hemicelulose, lignina e proteína lignificada. A amilase foi utilizada para realizar a hidrólise do amido e impedir a sua gelatinização. Em seguida, o precipitado foi secado em estufa á 105°C e pesado. Conhecendo o peso final do resíduo, esse foi incinerado a 550°C. A incineração destruiu todo material fibroso, permanecendo apenas o resíduo mineral. O teor de fibra detergente neutro na amostra foi obtido pela diferença dos pesos do cadinho, antes e após a incineração, de acordo com o método da AOAC (2005).

Na determinação da fibra em detergente ácido (FDA), utilizou-se um detergente ácido específico, para solubilizar o conteúdo celular, e a hemicelulose. Além da maior parte da proteína insolúvel. Obteve-se um resíduo insolúvel no detergente ácido, denominado Fibra em detergente ácido, constituído, em sua quase totalidade de lignina e celulose, de acordo com o método da AOAC (2005).

A determinação da lignina (LIG) foi realizada a partir da fibra em detergente ácido (celulose, lignina, mineral e sílica). A lignina foi hidrolisada com ácido sulfúrico (72%), deixando no cadinho apenas celulose e minerais insolúveis. Conhecendo o peso final do resíduo, este foi incinerado a 550°C. A incineração destruiu todo o material fibroso, permanecendo apenas o resíduo mineral. O teor de lignina na amostra foi dado pela diferença dos pesos do cadinho, antes e após a incineração, de acordo com metodologia da AOAC (2005).

A determinação do teor de cinzas (MM) das amostras dos resíduos de abacaxi foi feita por incineração em forno mufla á temperatura de 550°C, até a obtenção de cinzas claras, de acordo com procedimentos da AOAC (2005).

O teor de carboidratos totais (CHOT) foi obtido pela diferença entre o total da amostra (100%) e os teores de proteína, lipídio, umidade e cinzas, de acordo com a metodologia descrita por Sniffen et al. (1992). Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados pela diferença entre CHOT e FDN, segundo Hall (2003). Foi usado o seguinte cálculo para obter o (CHOT): $CHOT (\%) = 100 - (\%PB + \%EE + \%cinzas)$.

A análise estatística para a avaliação da diferença significativa entre os tratamentos foi realizada pela comparação das médias dos resultados antes e após a fermentação do material. Os dados analisados segundo o delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e três repetições, obtendo-se dezoito parcelas, sendo que cada parcela foi constituída de por um alimento. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5,0 de probabilidade, utilizando o Programa Estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos experimentais foram compostos por resíduos de mandioca (casca) na forma *in natura* (testemunha) e os outros tratamentos foram inoculados com 2% de levedura adicionada a diferentes níveis de ureia como pode ser observado na Tabela 1.

TABELA 1. Composição químico-bromatológica dos pellets da casca de mandioca na forma *in natura* e processada.

TRATAMENTOS	VARIÁVEIS *									
	UMD	MS	MM	PB	FDN	FDA	COT	CNF	LIG	CEL
Substrato <i>in natura</i>	4,73c	95,25b	1,99e	1,59e	42,95a	28,76a	91,75a	81,29b	9,38a	10,01a
Substrato + 2% de lev.	11,11a	88,89d	4,83d	3,20d	14,96b	14,52b	71,92e	92,39a	7,91b	5,36b
Substrato +2% de lev. + 1% de ureia	2,62e	97,34a	6,23c	7,05c	13,71c	11,98c	78,10d	76,49c	6,91c	5,02c
Substrato +2% de lev. +2% de ureia	4,25d	95,74b	7,01b	9,12b	12,49d	9,77d	85,01b	71,31d	5,05d	4,71d
Substrato + 2% de lev. + 3% de ureia	6,08b	92,45c	7,74a	10,19a	10,82e	9,47e	81,11c	66,14e	4,51e	0,11e
Coeficiente de variação (CV)	0,31	0,55	0,99	1,14	0,18	0,27	0,37	0,02	0,21	0,6

Substrato= Casca de mandioca*Porcentagem em matéria seca. **a, b, c, d,e**=Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey. **UMD**: umidade; **MS**: matéria seca; **MM**: matéria mineral; **PB**: proteína bruta; **FDN**: fibra em detergente neutro; **FDA**: fibra em detergente ácido; **COT**: carboidratos totais; **CNF**: carboidratos não fibrosos; **LIG**: lignina; **CEL**: celulose.

Umidade

A umidade é um fator que está intimamente ligado ao processo de fermentação em estado sólido, no qual ocorreu a biotransformação das amostras. A importância da água no

sistema provém do fato de que as células necessitam de alta umidade para sobrevivência. A água é importante não só para a sobrevivência, mas para a biossíntese de novas células durante a fermentação (LAURENTINO, 2007). Teores de umidade acima de 2,62%, foram encontrados nos experimentos, pode se observar na Tabela 1, que os teores de umidade diferiram significativamente entre si ($P < 0,05$). Considerando que no início do experimento a umidade foi ajustada para 9,3%, as amostras após a biotransformação apresentaram diminuição no teor de umidade, exceto os tratamentos dois e cinco; esta redução pode ser relacionada à saída da umidade do ar no substrato devido à presença do microrganismo, que utiliza a água presente no meio para promover formação da biomassa. O valor aproximado de umidade (10,8%) foi encontrado por Marques et al. (2000) em avaliação a casca de mandioca para substituição do milho no desempenho de novilhas confinadas. Valores bem maiores mostrando poucas variações (68,88% a 70,56%) foram encontrados por (SANTANA et al., 2014).

Matéria seca

Pode-se observar na Tabela 1 que houve semelhança dos teores de matéria seca ($P > 0,05$) do tratamento um (95,25%) com o tratamento quatro (95,74%) enquanto os demais tratamentos diferiram significativamente entre si ($P < 0,05$). A maior concentração da matéria seca ocorreu no tratamento três (97,34%), à medida que foi aumentando os níveis de ureia foi diminuindo a concentração da matéria seca. Este fato deve ter ocorrido devido ao alto poder higroscópico da ureia, embora o efeito da inoculação com o microrganismo tenha sido significativo em todos os experimentos. Provavelmente, motivo pelo qual o aumento da produção unicelular foi adquirido pelo crescimento do microrganismo. Daí a vantagem da inoculação de microrganismo para obtenção de um melhor enriquecimento nutricional em substratos gerados pelos resíduos agroindustriais em relação ao utilizar somente a ureia. O resultado do teor de matéria seca para casca de mandioca na forma *in natura* encontrada neste trabalho foi maior do que os encontrados por (MENEZES et al., 2004; MARQUES et al., 2000) de 80,50% e 89,2%, respectivamente para a substituição do milho pela casca de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) em rações completas para caprinos e bovinos.

Matéria mineral

Em relação aos teores de material mineral foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as médias, expressas em todos os tratamentos. De acordo com Marques et al. (2000), foi encontrado o teor de 2,2% de matéria mineral na casca de mandioca *in natura* valor aproximado ao encontrado neste trabalho (1,99%). Menezes et al. (2004) encontraram

para o milho valor de matéria mineral de 1,91% de matéria mineral, demonstrando valor compatível com o encontrado para casca de mandioca nas condições deste trabalho .

Pode-se verificar que para todas as fermentações ocorreu aumento significativo da matéria mineral no período de 24 horas, atingindo o valor máximo de 7,74%, quando adicionou o maior nível de ureia (3%). Corroborando com Sousa (2012), ao analisar o desempenho fermentativo da levedura *Saccharomyces cerevisiae* em resposta a composição mineral do meio, afirma que esses resultados sugerem que de fato os minerais desempenham importantes papéis no metabolismo fermentativo das células deste microrganismo. Os teores de fósforo, magnésio e potássio, interferem no crescimento de microrganismos (BRITES, 2001). A levedura da espécie *Saccharomyces cerevisiae* apresenta em sua composição química de 4,36 % a 5,18% de material mineral (BUTOLO, 1996). No entanto, o substrato advindo da casca da mandioca enriquecido com a levedura obteve aproximadamente 110% de aumento do teor de matéria mineral no bioproduto enriquecido em relação ao mesmo resíduo na forma *in natura* apenas com a levedura e aumentando este teor à medida que iria adicionando a ureia. Este fato dever ter ocorrido porque determinados minerais como nitrogênio na forma de ureia, magnésio e manganês são mais significativos para o aumento do rendimento em biomassa do que os outros minerais.

Proteína bruta

Para os teores médios de proteína bruta foram observados diferenças significativas ($P < 0,05$) entre si. Pode-se visualizar na Tabela 1o aumento gradativo dos teores proteicos nas fermentações dos substratos (casca de mandioca) na forma *in natura* e processada com 2% de levedura e/ou adicionada aos diferentes níveis (0, 1, 2 e 3%) de ureia que houve uma variação deste nutriente de 1,59% a 10,19%, respectivamente. Observa-se ainda que o teor proteico seja inversamente proporcional aos teores de carboidratos não fibrosos, assim como os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácidos (FDA), pois quando o metabolismo glicídico diminui a esporulação é favorecida, sendo que os esporos apresentam constituição bioquímica diferente das formas vegetativas das quais são derivados (DAUBRESS et. al., 1987).

O maior teor proteico verificado no curso das fermentações foi quando se utilizou 3% de ureia consequentemente aumentando os custos de produção da ração, mas com garantia de um produto de melhor qualidade, pela redução da contaminação bacteriana no material fermentado. Obteve-se o maior valor de proteína bruta equivalente a 10,19%, similar ou igual ao teor de proteína bruta existente na composição química do milho de aproximadamente 10% na base da matéria seca. Marques et al. (2000) encontraram para a

casca de mandioca e o milho os valores de 3,7% e 10,8%, respectivamente, afirmando através de resultados obtidos em experimentos com bovinos confinados, que a casca de mandioca pode ser utilizada em substituição ao milho. Já Menezes et al. (2004) substituindo o milho por casca de mandioca em ração completa para caprinos obtiveram os valores proteicos de 9,93% e 4,55%, respectivamente. Estes autores ainda fizeram a análise econômica das rações experimentais, mostrando que não houve prejuízo ao utilizar até 33% de substituição do milho pela casca de mandioca na ração para caprinos em crescimento destinados à reprodução.

Fibra em detergente neutro

Pode-se observar na Tabela 1 que houve um declínio ($P > 0,05$) bem significativo do valor de FDN do substrato fermentado (14,96%; 12,49%; 13,71% e 14,9%) em relação ao valor na forma do *in natura* (42,95%). Estes valores diferiram entre si ($P < 0,05$) e estão abaixo do valor mínimo recomendado pela NRC (2001) igual a 28%. O teor de proteína bruta aumentou e conseqüentemente o teor de FDN diminuiu, ou seja, há um efeito inversamente proporcional com o processo de bioconversão do substrato em estudo com o crescimento da levedura. Este fato se deve ao consumo de carboidratos não fibrosos pelo microrganismo para síntese de proteínas. Menezes et al. (2004) obtiveram valor de FDN para a casca de mandioca na forma *in natura* de 42,99%, valor similar ao encontrado neste trabalho, valores acima do recomendado pela NRC(2001), enquanto que para o milho encontraram valor para este nutriente de apenas 19,88%. Os valores encontrados nas condições destes dois trabalhos estão com níveis acima dos recomendados pela NRC (2001), no entanto, Mattos (2002), alimentando vacas mestiças em lactação, com palma forrageira associada a diferentes volumosos com níveis acima do recomendado, não verificou alteração no teor de gordura do leite. Marques et al. (2000) encontraram valores de FDN para a casca de mandioca na forma *in natura* e milho (28,6% e 12,1%), respectivamente.

Fibra em detergente ácido

Na Tabela 1, verifica-se que o perfil dos teores de FDA foi idêntico ao perfil dos valores encontrados para FND, ou seja, à medida que aumentavam os teores de proteína bruta diminuíamos valores deste nutriente. Ocorreu uma redução bem acentuada de todos os tratamentos enriquecidos com o microrganismo em relação ao substrato na forma *in natura*. Os valores de FDA dos tratamentos diferiram entre si ($P < 0,05$), conforme aconteceu com os valores de FDN. O valor de FDA encontrado para a casca de mandioca na forma *in natura* foi de 28,76%, valor acima do recomendado pelo NRC (2001) que deve ser no

mínimo de 21% quando o alimento for fornecido aos animais ruminantes. Os demais tratamentos tiveram reduções gradativas para os teores de FDA na ausência e presença da ureia (14,52%; 11,98%; 9,77%; 9,47%), respectivamente. Valores abaixo do valor recomendado pelo RNC (2001). Portanto, houve uma influência negativa do enriquecimento nutricional em relação ao teor de FDA pelo mesmo motivo que influenciou o teor de FDN como justificado anteriormente.

Menezes et al. (2004) encontraram valor para FDA na casca de mandioca e milho (28,70% e 2,98%), respectivamente, para ser utilizado em dietas para desempenho animal em pequenos ruminantes. Marques et al. (2000) encontraram valores de FDA para casca de mandioca e milho (20,4% e 4,1%), respectivamente ao desenvolver experimento com bovinos em confinamento substituindo o milho por casca de mandioca.

Carboidratos totais

Para os teores médios de carboidratos totais foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre si. Obteve-se o maior teor de carboidratos totais para o tratamento controle (91,75%) em relação aos demais tratamentos (71,92%; 78,10%; 85,01%; 81,11%). Verificou-se que o tratamento enriquecido com apenas 2% do microrganismo (71,92%), quando comparado aos teores de COT dos tratamentos enriquecidos com levedura em diferentes níveis de ureia, pode-se dizer que a composição da matéria orgânica presente na casca da mandioca é mais acessível ao fungo em relação aos outros tratamentos com adição de uma fonte de nitrogênio não proteica (ureia). Portanto, foi muito positivo o resultado da oscilação encontrada nos teores de carboidratos totais no produto fermentado, o que sugere uma instabilidade entre o consumo e a produção de carboidratos durante o processo, uma vez que o microrganismo utiliza os carboidratos para a síntese de proteína (ARAÚJO, 2004). A casca de mandioca na forma *in natura* analisada nas condições deste trabalho apresentou teor de carboidratos totais igual a 91,75%, valor menor (86,21%) foi encontrado por Ferreira et al. (2007).

Carboidratos não fibrosos

Na Tabela 1 constam os dados relativos aos teores de carboidratos não fibrosos da casca de mandioca na forma *in natura* e processada onde podem ser observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as médias deste nutriente.

O teor de carboidratos solúveis (CNF) da casca da mandioca na forma *in natura* (81,29%). No entanto, os demais tratamentos contendo 2% de levedura em níveis distintos de ureia (0; 1,0; 2,0; 3,0) obtiveram valores de, 92,39%; 76,49%; 71,31%; e 66,14%, respectivamente de CNF. A redução gradativa da fração de carboidratos não fibrosos no

fermentado quando adicionada a níveis crescentes de ureia atribui á facilidade da degradação dos carboidratos contidos nos substratos que podem ser metabolizados como fonte de energia para reações de biossíntese proteica da levedura.

Lignina e Celulose

Foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as médias de lignina e celulose, expressas nos tratamentos contendo a casca de mandioca na forma *in natura* e processada em níveis distintos de ureia (0; 1,0; 2,0; 3,0). Houve um declínio dos dois nutrientes nos tratamentos processados em relação ao tratamento controle. O que já era de se esperar uma vez que as ligninas não estão presentes em vegetais primitivos como fungos, algas e líquens não lignificados tratando-se do crescimento do microrganismo e sobre o substrato deve levar em consideração que a raspa de mandioca e seus produtos subprodutos são ricos em amido, porém pobres em fibras.

6 CONCLUSÃO

Os dados estatísticos mostram que a utilização do microrganismo com e sem adição de ureia contribuiu para o processo de biotransformação da casca de mandioca, tornando-a uma técnica simples e de baixo custo. Conclui-se ainda que este resíduo, após a bioconversão e a peletização a baixo custo, possui as qualidades necessárias para substituir o milho na alimentação de ruminantes.

7 REFERÊNCIAS

A.O.A.C. **ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS** - Official methods of analysis. 18 ed. Arlington; 2005.

ARAÚJO, L. F. **Enriquecimento Proteico do Mandacaru sem Espinhos (Cereus jamacaru PD) e Palma Forrageira (Opuntia fícus indicus Mill) por Fermentação Semissólida**. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 197f. 2004.

BRITES L. M. Recuperação da Amiloglicosidase de *Aspergillus niger* produzido em Estado Sólido utilizando Resina de Troca Iônica DE AE-Celulose. SP. In: COBEQ. Águas de São Pedro, **Anais...** Meio Eletrônico, 2001.

BUTOLO, J. E. **Uso da Biomassa de Levedura em Alimentação Animal: Propriedades, custo relativo e outras formas de nutrientes**. In: ITAL. Instituto Tecnológico de Alimentos.

Produção de Biomassa de Levedura: Utilização em Alimentação Animal. Workshop. Campinas - SP, p. 70-89, 1996.

DAUBRESSE, P.; INTIBASHIRWA, S.; GHEYSEN, A. & MEYER. A Process for Protein Engineering of Cassava by Solid Substrate Fermentation in Rural Conditions. **Biotechnology and Bioengineering**, v. 29, p. 962-968, 1987.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>. Acesso em nov.2017.

FERREIRA, G. D. G; OLIVEIRA, R. L. C; MAGALHÃES, A. L. R; BRITO E. L. Valor Nutritivo de Coprodutos da Mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 8, n. 4, p. 364-374, 2007.

HALL, M. B. Challenges with no fiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 12, p. 3226-3232, 2003.

IBGE. **Estatística da Produção Agrícola janeiro de 2016**. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_201601.pdf. Acesso em 29/10/2016.

LAURENTINO, C. L. **Transferência de calor em leitos fixos com aplicação em reatores de fermentação em estado sólido**. (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual Paulista – UNESP, São José do Rio Preto, 105f. 2007.

MARQUES, J. A.; PRADO, I. N.; ZEOLA, L. M.; ALCADE, C. R.; NASCIMENTO, W. G. Avaliação da Mandioca e Seus Resíduos Industriais em Substituição ao Milho no Desempenho de Novilhas Confinadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 5, p. 1528-1536, 2000.

MATTOS, L. M. E. **Associação da palma forrageira (*Opuntia ficus- indica* Mill) com diferentes fontes de fibra na alimentação de vacas mestiças em lactação**. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco. 52f. 2002.

MENEZES, M. P. C.; RIBEIRO, M. N.; COSTA, R. G.; MEDEIROS, A. N. Substituição do Milho pela Casca de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em Rações Completas para Caprinos: Consumo, Digestibilidade de Nutrientes e Ganho de Peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 729-737, 2004.

MIRANDA, J. C. **Bioconversão Energética da Folha e Bagaço de Mandioca pelo Fungo *Rhizopus oligosporus* para Obtenção de Alimento Funcional.** (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, São Paulo, 77f. 2014.

MORALES, E. M. **Viabilidade de obtenção de alimento funcional a base de farinha de mesocarpo de babaçu (*orbignya* sp.) e folhas de mandioca (*Manihot esculenta*) mediante fermentação por *Rhizopus microsporus* var. *Oligosporus*.** (Dissertação de Mestrado) Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo. 69f. 2012.

NATIONAL RESEARCH COUNNCIL. **Nutrient Requeriments of Dary Cattle**, Seventh Revised Edition, National Academy Press. Washington, D.C., 381p. 2001.

SANTANA, T. P.; SOBRAL, A. J. S.; SOUZA, E. Y. B.; MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H. A.; CASTRO FILHO, E. S.; OLIVEIRA, D. S.; **Caracterização Bromatológica de Casca de Mandioca para Utilização na Alimentação Animal.** IN: IV Seminário de Iniciação Científica e Pós-Graduação da Embrapa Tabuleiros Costeiros 272.4., Aracaju, 2014. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2014.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO- SEDAE-DEPARTAMENT DE ECONOMIA. (2013). Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2016/mandioca_2015_16.pdf. Acesso 12/09/2016.

SILVA, G. M. B. M.; ARAÚJO, I. T.; MORAIS, F. E. S.; TINOCO FILHO, H. S.; ARAÚJO, L. F.; OLIVEIRA, L. A. **Enriquecimento proteico do resíduo da mandioca para alimentação de ruminantes.** In: XXIV. CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIÊNTIFICA E TECNOLÓGICA (CIC-CIT). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2014.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating eattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3562-3577, 1998.

SOUZA. R. B. **Análise do desempenho fermentativo da levedura *Saccharomyces cerevisiae* em resposta a composição mineral do meio.** 2012. 66f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/16666>. Acesso em 06/11/2016.