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

Lúcia de Fátima Araújo1, Emerson Moreira de Aguiar1, Robson Rogério Pessoa Coelho1, Rioze Castro Luciano2, Raimundo Bernadino Filho3, Lucivânia A. de O. Navarro3

1. Professores da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias–EAJ-UFRN

2. Bacharel em Zootecnia da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias–EAJ-UFRN

3. Técnicos em Laboratório da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias–EAJ-UFRN

RESUMO: O aumento da população mundial e, consequentemente, a crescente demanda por alimentos, gera grande quantidade de resíduos agroindustriais, como a casca de mandioca (*Manihot esculenta Crantz),* onde os resíduos sólidos são descartados nos campo causando poluição no meio ambiente. 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 em meio da fermentação semissólida, promoveu o enriquecimento proteico de até 11,4%. Concluiu-se que este resíduo após a bioconversão a baixo custo, possuem as qualidades nutritivas similares ou maiores que o milho, utilizado em grande escala para suprirem a grande demanda por alimento para humanos e animais. Obteve-se com a bioconversão da casca de mandioca um bioproduto de alto valor agregado como alimento alternativo viável para substituir o milho na alimentação animal principalmente em regiões onde há situações graves de desnutrição que influencia negativamente a atividade pecuária no período crítico do ano.

**Palavras chaves**: proteina unicelular, alimentação alternativa, fermentação semissólida, levedura.

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

ABSTRAT: The increase in the world population, and consequently the growing demand for food, generates a large amount of agro-industrial waste, such as manioc bark (Manihot esculenta Crantz), where solid waste is disposed of in the field causing pollution in the environment. The objective of this work was to promote the protein bioconversion of yeast from manioc by yeast Saccharomyces cerevisiae by means of the semi-solid fermentation, evaluating the nutritional enrichment for use in the diet of animals in a period of food shortage in the various regions of Brazil. The bioconversion of the manioc peel in the middle of semi-solid fermentation promoted the enrichment protein content of up to 11.4%. It was concluded that this residue after the low-cost bioconversion, have the nutrient qualities similar to or greater than maize, used on a large scale to supply the great demand for food for humans and animals. The bioconversion of bark of manioc produced a high value-added byproduct as a viable alternative food to replace maize in animal feed mainly in regions where there are severe malnutrition that negatively influences livestock activity during the critical period of the year.

**Key words:** unicellular protein, alternative food, semi solid fermentation, yeast

**INTRODUÇÃO**

A mandioca pertence à classe das Dicotiledôneas, à família das Euforbiáceas, ao gênero *Manihot*, sendo a espécie *Manihot esculenta* Crantz uma planta tropical cultivada amplamente em várias regiões do mundo, sob condições de altas temperaturas e precipitação acima de 500 mm, possuindo uma variabilidade genética ainda pouco conhecida, no entanto, já foram catalogadas no Brasil, mais de 4 mil variedades de mandioca, e estas são mantidas em coleções e bancos de germoplasma de várias instituições de pesquisa. Para a indústria de amido, as variedades devem apresentar altos teores de amido nas raízes, polpa branca, córtex e película clara, ausência de cintas nas raízes, destaque fácil da película, raízes grossas e bem conformadas.

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, onde 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 tem apresentado intensa expansão nos últimos anos devido a 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 social, econômica e ambiental (MORALES et al., 2012).

Na região Nordestina em condições normais de clima, a produção de mandioca corresponde normalmente 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 de diversas culinárias, como 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 micro-organismo, 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 colaborar com a atenuação de 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 micro-organismo *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.

**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 química-bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal da mesma unidade.

Os substratos utilizados para o enriquecimento nutricional foi da casca de mandioca, resíduo do processamento de farinha de mandioca doada das casas de farinha do Município de Apodi-Rn. O micro-organismo utilizado para o processo fermentativo foi à 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 e como fonte 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 fermentativos 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 micro-organismo (2%) após estudo preliminar da cinética do crescimento microbiano realizado para otimização da porcentagem do inóculo em relação a quantidade do substrato (500g) em período de fermentação também estabelecido no estudo preliminar otimizado em 24 horas para maior percentual de proteina sintetizada no processo. Nos tratamentos 3 e 4 adicionou-se aos substratos uma fonte de nitrogênio não proteico (ureia) para acelerar o crescimento do micro-organismo consequentemente aumentando o teor proteico do produto final.

Os biorreatores utilizados foram bandejas retangulares de alumínio onde 500g dos substratos na forma *in natura* e processadas eram distribuídos em camada de 2 cm e expostas 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 55 a 650C, 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 a ter sido realizada a amostra seca ao ar, foi feita moagem final, nessa etapa, 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 um pouco de água aquecida a uma temperatura de 650C. 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 0 C por um período de 4 horas, obtendo assim *pellets* de forma consistente, de alto valor agregado e adequado para o consumo dos animais e posterior armazenamento.

As análises químicas 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 ºC 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 à secagem da amostra, em estufa a 1050 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). 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) x F x N x 0,014 x 100/ASA (g), na qual: FC= 1,0390 E NR= 0,10309 %PB= %NT x 6,25.

Para a determinação da fibra em detergente neutro (FDN), a amostra foi tratada com detergente neutro e amilase 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 1050 C e pesado. Conhecendo o peso final do resíduo, esse foi incinerado a 5500C. 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 feita 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 5500C. 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 5500C, 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 (2001). Foi usado o seguinte cálculo para se obter o (CHOT): CHOT (%)= 100 - (%PB + %EE + %cinzas).

A análise estatística para a avaliação da diferença significativa entre as amostras foi realizada pela comparação dos resultados antes e após a fermentação do material com posterior aplicação do Teste-t pelo programa Sigma Plot 12.0. Para avaliar se existe diferença significativa entre as amostras utilizou-se o valor de P com nível de significância α= 0,05. As diferenças significativas foram entendidas para P < 0,05.

**RESULTADOS E DISCUSÃO**

**Figura 1**. Médias das análises químico-bromatológicas da casa de mandioca antes e após enriquecimento nutricional

U: umidade; MS: matéria seca; MM: matéria mineral; MO: matéria orgânica; PB: proteina bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; HEM: hemicelulose; 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, onde ocorreu a biotransformação das amostras. A importância da água no sistema provém do fato de que as células vivas 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 foram acima de 2, 62%, foram encontrados nos experimentos, os valores obtidos estão apresentados na Figura 1.

Considerando que no início do experimento a umidade foi ajustada para 9,3%, todas as amostras após a biotransformação apresentaram diminuição do significativo no teor de umidade, este incremento pode ser relacionado à saída da umidade do ar no substrato devido a presença do micro-organismo, que utiliza a água presente no meio para promover formação da biomassa.

**Matéria seca**

A comparação entre os teores médios da matéria seca, durante o curso das fermentações com a levedura, no substrato com e sem adição de ureia, está na Tabela 1. Pode-se observar maior concentração da matéria seca na 24 horas de fermentação tanto no tratamento sendo inoculado apenas com a levedura assim como os tratamentos com e sem adição de ureia, sendo que, o efeito da inoculação do micro-organismo foi significativo em todos os experimentos. Provavelmente este fato, deve-se ao aumento da produção unicelular adquirido pelo micro-organismo. Quando a ureia foi omitida, para a fermentação com a levedura, a concentração de matéria seca foi de 95,25%. O teor máximo obtido para concentração de matéria seca foi quando adicionou 1% de ureia, correspondente a 97,34% este fato deve ter ocorrido provavelmente pela influência do nitrogênio não proteico acelerar o crescimento do micro-organismo. Quando no T4 acrescentou o nível de ureia em 100% em relação ao T3 ocorreu um decréscimo na concentração da matéria seca, isto deve ao fato da alta propriedade higroscópica da ureia, ocorrendo um declínio ainda maior no tratamento T 5  ao adicionar nível da ureia de 3%. Daí a vantagem da inoculação de micro-organismo para obtenção de um melhor enriquecimento nutricional em substratos gerados pelos resíduos agroindustriais em relação ao utilizar somente a ureia.

**Matéria mineral**

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 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 papeis no metabolismo fermentativo das células deste micro-organismo. Os teores de fósforo, magnésio e potássio, interferem no crescimento de micro-organismos (BRITES 2001). A levedura da espécie *Saccharomyces cerevisiae* apresenta em sua composição química de 4,36 a 5,18% de material mineral. (BUTOLO, 2001). 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 a medida que iria adicionando a ureia. Este fato dever ter ocorrido por que 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**

# Na Figura 1, pode-se visualizar o comportamento para o teor proteico nas fermentações, no substrato (casca de mandioca) na forma *in natura* e inoculado com 2% de levedura sem e adicionado aos níveis de 1, 2 e 3% de ureia. Para as fermentações dos substratos quando estes são inoculados com a levedura sem e com adição de ureia, observou-se um rápido aumento do teor proteico nas 24 horas de fermentação utilizando a levedura que variou de 3,2 a 10,80%. Podemos observar que o teor proteico é 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).

# Embora, 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. O valor de proteina bruta equivalente a 10, 80% é similar ou igual ao teor de proteina bruta existente na composição química do milho de aproximadamente 10% na base da matéria seca.

# Fibra em detergente neutro

# As comparações entre os teores de fibra em detergente neutro (FDN), durante o curso das fermentações com a levedura, no substrato (casca de mandioca) com e sem adição de ureia, estão apresentados na Figura na 1. Pode-se observar que houve um declínio bem significativo do valor de FDN do substrato fermentado (10,82%; 12,49%; 13,71% e 14,9%) em relação ao valor na forma do *in natura* (22,65%). Estes valores estão abaixo do valor mínimo recomendado pela NRC (2001) igual a 28%. O teor de FDN da casca de mandioca após o processamento de enriquecimento nutricional na ausência e presença da ureia tendeu a um declínio bem acentuado em comparação com este mesmo nutriente na forma *in natura,* ou seja, à medida que se utilizou 2% de levedura e levou a adição da ureia nas concentrações 0; 1; 2 e 3% no substrato em estudo, o teor de proteína bruta aumentou e consequentemente o teor de FDN diminuiu. Verifica-se que a concentração inicial e final do inóculo juntamente com a ureia influenciou negativamente sobre a resposta em estudo. Este fato se deve ao consumo de carboidratos não fibrosos pelo micro-organismo para síntese de proteinas.

# Fibra em detergente ácido

Na Figura 1, pode-se verificar que o perfil dos teores de FDA foi idêntico ao perfil de FND, ou seja, a medida que aumentava os teores de proteina bruta diminuía os valores do ingrediente em estudo. O valor de FDA encontrado para a casca de mandioca na forma *in natura* foi de 14,33% havendo um aumento insignificativo quando se adicionou 3% de ureia (14,52%), mesmo assim valor que não está de acordo com as recomendações do NRC (1989), quando afirma que deve ser no mínimo 21% quando o alimento for oferecido aos ruminantes. Marques et al., (2000) encontrou valor superior correspondente a 20,04% trabalhando com a casca de mandioca para desempenho animal em pequenos ruminantes. Nas condições deste trabalho os valores de FDA encontrados para todos os tratamentos processados com a levedura e /ou ureia foram menores que o recomendado pela NRC (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.

**Carboidratos totais**

De acordo com os resultados, na Figura 1 mostra que o resíduo da mandioca (casca) apresenta grande concentração de carboidratos totais, a maior concentração encontrada foi de 91,12 % no tratamento contendo apenas 2% do micro-organismo, seguida do tratamento contendo 2% de levedura e adição de 2% de ureia (85,01%), tratamento com 2% de levedura e 3% de ureia (81,11%) e o menor valor apresenta o tratamento na forma *in natura* (71,92%).

Deve-se ressaltar que neste caso, por se tratar da técnica de fermentação em estado sólido, não foi possível separar o micro-organismo do substrato, portanto os dados de carboidratos totais obtidos das amostras teste, não se referem apenas à quantidade de carboidratos provenientes do substrato e sim da matéria orgânica do produto final (resíduo fermentado), justificando assim, os altos teores de COT determinados nas amostras após a biotransformação.

Os resultados também indicam que os carboidratos totais encontrados no tratamento contendo apenas 2% do micro-organismo (91,12%), quando comparado aos teores de COT da amostra antes e após a fermentação, 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 e sem adição de ureia.

C**arboidratos não fibrosos**

O teor de carboidratos solúveis (CNF) da casca da mandioca com 2% de levedura apresentou 81,29 % deste nutriente, conteúdo menor que o apresentado na forma *in natura* (92,39%). No entanto, os demais tratamentos contendo a mesma porcentagem de levedura e adição de ureia em níveis de 1,0; 2,0 e 3% obtiveram valores de 76,49%; 71,31%; e 66,14%, respectivamente de CNF. Este fato deve-se ao consumo de carboidratos solúveis pelos micro-organismos para síntese de proteínas.

A redução gradativa da fração de carboidratos não fibrosos totais existentes no resíduo da mandioca (casca da mandioca) atribui á facilidade da degradação dos carboidratos contidos nos substratos que podem ser metabolizados como fonte de energia para reações de biossíntese da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, sendo também dependente da concentração deste no substrato.

**Lignina e Celulose**

A lignina e a celulose apresentaram um declínio da forma *in natura* da casca da mandioca (7,9%) o que pode observar na Figura 1 para casca de mandioca enriquecida com apenas com 2% de levedura (5,05%). O que já era de se esperar uma vez que as ligninas não estão presentes em vegetais primitivos como fungos, algas e liquens não lignificados tratando-se do crescimento do micro-organismo e sobre o substrato deve levar em consideração que a mandioca e seus subprodutos são ricos em amido, porém pobres em fibras.

**CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resíduos da mandioca são eficientes para produção de biomassa, e que a bioconversão dos mesmos, por meio da fermentação, promoveu o enriquecimento proteico de até 10,8% no substrato, valor este semelhante aos encontrados no milho, além de aumentar a concentração de matéria seca, os teores de matéria mineral ou cinzas, carboidratos totais, e diminuir o teor de umidade, de fibra em detergente neutro, detergente ácido, celulose, carboidratos não fibrosos. A casca das raízes da mandioca apresentou boas características fermentativas e boa composição bromatológica, principalmente na redução dos constituintes indigestíveis, inferindo também em melhor degradabilidade do alimento o que justifica o aproveitamento desse resíduo para alimentação animal.

Os dados estatísticos mostram que a utilização do micro-organismo com e sem adição de ureia contribuiu para o processo de biotransformação, evidenciando assim, que para a biotransformação da casca de mandioca, tornando-a uma técnica simples e de baixo custo. Concluiu-se que este resíduo, após a bioconversão e a peletização a baixo custo, possuem as qualidades necessárias para substituír o milho na alimentação de ruminantes.

**REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – 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.

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.

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

FERREIRA, G.D. G; OLIVEIRA, R.L. C; MAGALHÃES, A.L. R; BRITO E.L. Valor Nutritivo de Co-produtos da Mandioca. Rev. Bras. Saúde Prod. An., v.8, n.4, p. 364-374, out/dez, 2007

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. 105p. 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. Rev. Bras. Zootec. vol.29 n.5 Viçosa, MG.  Sept./Oct. 2000

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.

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, 77p. 2014.

NATIONAL RESEARCH COUNNCIL – Nutrient requeriments of dary catle, Seventh Revised Edtion, National Academy Press. Washington, D.C., 381p. 2001.

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](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2016/mandioca_2015_16.pdf.%20Acesso%2012/09/2016)

SILVA, G. M. B. M1. ; ARAÚJO, I.T.; 1 , Francisco Elielton Silva Morais1, TINOCO FILHO, H.S.;1 ARAÚJO, L. F.; 2 ; OLIVEIRA, L.A3.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. Disponível em: <http://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/16666>. Acesso em 06/11/2016.