



**RENDIMENTO DE CULTIVARES DE MILHO
EM GRITS PARA PRODUÇÃO DE SNACKS**

ROGÉRIO AMARO GONÇALVES

2001

ROGÉRIO AMARO GONÇALVES

**RENDIMENTO DE CULTIVARES DE MILHO EM *GRITS* PARA
PRODUÇÃO DE *SNACKS***

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do Curso de Pós-
Graduação em Ciência dos Alimentos para
obtenção do título de "Doutor".

Orientador:
Dr. Jamilton Pereira dos Santos

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2001

**Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da
Biblioteca Central da UFLA**

Gonçalves, Rogério Amaro.

**Rendimento em grits para produção de snacks / Rogério
Amaro Gonçalves. – Lavras: UFLA, 2001. 55p.: il.**

Orientador: Jamilton Pereira dos Santos.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

**1. Milho. 2. Moagem. 3.Processamento. 4. Extrusão. 5.
Expandidos. 6. Variedades. 7. Snacks.**

I Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.725

-664.6

ROGÉRIO AMARO GONÇALVES

**RENDIMENTO DE CULTIVARES DE MILHO EM GRITS PARA
PRODUÇÃO DE SNACKS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do Curso de Pós-
Graduação em Ciência dos Alimentos para
obtenção do título de "Doutor".


APROVADA em 12 de novembro de 2001

Profa. Dra. Rosemary G. F. A. Pereira UFLA

Prof. Dr. Luís Carlos de Oliveira Lima ... UFLA

Profa. Dra. Celeste Maria Patto de Abreu UFLA

Profa. Dra. Joelma Pereira .. UFLA


Dr. Jamilton Pereira dos Santos
Embrapa Milho e Sorgo
(Orientador)

**LAVRAS - MINAS GERAIS
BRASIL**

A Deus, criador de todas as coisas.

À minha esposa, Ana Maria.

Aos meus filhos, Ivan e Igor.

À minha mãe, Anna.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de realização do curso.

À Embrapa Milho e Sorgo e à Embrapa Agroindústria de Alimentos, pela concessão da matéria-prima e infra-estrutura para realização deste trabalho.

À CAPES, pelo suporte financeiro.

Ao Dr. Jamilton Pereira dos Santos, pela amizade e orientação.

À Profa. Dra. Rosemary G. F. A. Pereira, pela confiança, respeito e co-orientação.

Ao Dr. José Luiz Ramirez Ascheri, pela gentileza, co-orientação, auxílio e sugestões.

À Profa. Dra. Joelma Pereira, à Prof. Dra. Celeste Maria Patto de Abreu e ao Prof Luís Carlos de Oliveira Lima, pela disponibilidade em participar do comitê de orientação.

Aos amigos do CTAA, Ricardo Euzébio, Francisco Oliveira, Renata, Paulo, Luís Carlos, Jorge, Neide, Murilo, Rogério Germani, Adriana, Otniel, Rosemar e do CNPMS, José da Silva, Adilson, Mauro Paulinelli, Regina Campolina, Luciano Cordoval, João Bernardo, Cornélio, Darli Braga e Dona Marta pelo convívio, auxílio e amizade.

Aos amigos do Alojamento de Pós-Graduação da UFRRJ, Paulinho, Edson, Pedrão, Rodolfo, Júnior, pela amizade e convívio.

Aos amigos João Tomaz e Arlan, pelo apoio logístico amizade e carinho.

Aos colegas e amigos do DCA Pedro Henrique, Celso Moura, Sandra Maria, Luís Carlos, Paulo Roberto, Roberto (Beto), Nísia, Alberto, Simone Fernandes, Marta, Creusa, Ivana, Sandra Lacerda e Constantina pelo convívio e amizade.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Composição centesimal.....	3
2.2 Micotoxinas.....	3
2.3 Moagem de milho a seco.....	4
2.4 Tamisação.....	5
2.5 Extrusão termoplástica.....	5
2.6 Funções da extrusão termoplástica.....	5
2.7 Aspectos básicos da extrusão.....	7
2.8 Descrição geral do processo de extrusão.....	8
2.9 Características do amido.....	9
2.10 Modificações do amido no processo de extrusão-coocção.....	10
2.11 Características de extrusão e do produto.....	13
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
3.1 As cultivares de milho.....	17
3.2 O processamento de milho.....	18
3.3 Delineamento experimental.....	20
3.4 Análises físicas, químicas e reológicas.....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1 Análises químicas dos grãos.....	22

4.1.1 Proteína.....	22
4.1.2 Cinzas.....	22
4.1.3 Extrato etéreo.....	23
4.1.4 Carboidratos.....	23
4.2 Degerminação.....	24
4.3 Tamisação.....	25
4.4 Análises químicas dos grits.....	27
4.4.1 Proteína.....	27
4.4.2 Cinzas.....	28
4.4.3 Extrato etéreo.....	28
4.4.4 Carboidratos.....	28
4.5 Análises químicas dos <i>snacks</i>	30
4.5.1 Proteína.....	30
4.5.2 Cinzas.....	30
4.5.3 Extrato etéreo.....	31
4.5.4 Carboidratos.....	32
4.6 Índice de expansão.....	32
4.7 Índice de solubilidade em água (ISA).....	33
4.8 Índice de absorção de água (IAA).....	35
4.9 Viscosidade.....	36
4.10 Micotoxinas.....	45
5 CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
ANEXO.....	53

RESUMO

GONÇALVES, Rogério Amaro. *Rendimento de cultivares de milho em grãos para produção de snacks*. Lavras: UFLA, 2001. 55p. (Tese – Doutorado em Ciência dos Alimentos)*.

O milho é uma das principais matéria-prima para a indústria de alimentos. A indústria de expandidos (*snacks*) utiliza uma fração do endosperma, chamada *grits* para fabricá-los. O objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento de moagem a seco e produção de *snacks* de dezesseis cultivares de milho. Os grãos de milho das dezesseis cultivares avaliadas tiveram a umidade padronizada para 12% e conduzidas a um processo de limpeza, moagem e tamisação em peneiras de 14, 20, 25 e 30 mesh por 10 minutos. O material retido na peneira de 20 mesh foi extrusado em extrusora de duas roscas Brabender, modelo 20DN, com temperatura da zona 4 de 160°C e rotação das parafusos 160rpm. Foram realizadas análises químicas e de micotoxinas dos grãos e *grits* das dezesseis cultivares. Os *snacks* das dezesseis cultivares foram submetidos a análises de composição centesimal, reológicas, de índice de solubilidade de água (ISA), índice de absorção de água (IAA), índice de expansão. As cultivares BR-106, BRS-2114, BR-3123, Bozeme amarelo, BRS-3101, BR-206, HD-951128, BRS-4150 e BR-205 tiveram melhor rendimento de endosperma. As cultivares BR-3123, BRS-3101 e BR-106 tornaram-se as mais indicadas para a obtenção de *grits* peneira de 20 mesh. Para a finalidade de extrusão e fabricação de *snacks*, as cultivares BR-3133, HT-971011, HD-951128, HT-7105-3, HS-TR-3, BRS-3060, BRS-4150, BRS-3150, BR-206, Bozeme Amarelo, BR-205. BRS-3101 apresentaram melhores características devido ao seu alto índice de expansão. Para a obtenção de amido solúvel a cultivar BR-106 seria a mais recomendada devido ao alto ISA, baixo IAA e baixa viscosidade. O *snacks* das cultivares HD-951128, HT-971011, Bozeme Amarelo e BRS-2114 são adequados para serem utilizadas pela indústria de bebidas como agente espessante, em virtude de seus altos valores de viscosidade. A cultivar BR-3123, apesar do seu alto teor de carboidratos e baixo teor de proteínas, não é recomendada para elaboração de *snacks* devido ao seu alto teor de cinzas e baixo índice de expansão. A cultivar D-1000 não se qualifica à produção de *snacks* e amido solúvel em virtude dos valores abaixo do desejável registrados no índice de expansão, viscosidade, ISA e IAA.

*Comite orientador: Jamilton Pereira dos Santos (orientador) – Embrapa Milho e Sorgo, Rosemary G. F. A. Pereira – UFLA, Luis Carlos de Oliveira Lima – UFLA, Celeste Maria Palto de Abreu – UFLA, Joelma Pereira – UFLA.

ABSTRACT

GONÇALVES, Rogério Amaro. Yield maize genotypes in *grits* for to production *snacks* Lavras: UFLA, 2001. 55p. (Thesis - Doctorate in Food Science)*.

Maize is one of the major source of energetic and nutritious ingredient for the food industry. The snack industry use a endosperm fraction, called *grits* for a manufacturing its products. The objective of this research was to evaluate the dry-milling yield and the snack quality production of different experimental maize genotypes. Fourteen genotypes came from the breeding program of Embrapa Corn and Sorghum Research Center and two came from commercial companies. The grain moisture content of all cultivars were equilibrated at 12% and dust was removed in a gravimetric board, before processing. Grain samples of each type was placed in a blade degermer at 600 rpm rotation speed for 10 minutes. The endosperm portion, after degermination, was transferred to a mill roll. Following the milling process grounded material was sifted in 14, 20, 25 and 30 mesh sifters for 10 minutes. Grits retained in a 20 mesh sifter was extruded in a Brabender Type 20DN twin screw extruder with zone 4 temperature of the 160°C and screws rotations of the 160 rpm. Micotoxins and chemistry analysis were performed in grain samples of the 16 maize cultivars. *Snacks* prepared from all genotypes were submitted to rheological analysis. Also the quality parameters like: water solubility index, water absorption index, expansion index, were taken from *snacks* made out of each genotype. The BR-106, BRS-2114, BR-3123, Bozeme Amarelo, BRS-3101, BR-206, HD-951128, BRS-4150 e BR-205 showed higher endosperm yield. The hybrids BR-3123, BRS-3101 and the variety BR-106 showed better characteristics for a grits production in the 20 mesh sifter. *Snacks* made out of BR-3133, HT-971011, HD-951128, HT-7105-3, HS-TR-3, BRS-3060, BRS-4150, BRS-3150, BR-206, Bozeme amarelo, BR-205, BRS-3101 had a better quality characteristic due to the higher expansion index. The BR-106 showed higher potential to be used in the soluble starch industry due to its high expansion index, to the high water solubility index, the low water absorption index and the low viscosity. *Snacks* made out of grits from HD-951128, HT971011, Bozeme amarelo e BRS-2114 can be indicated as additive to the increase viscosity. The hybrid BR-3123 should not be indicated to the snack industry because of its undesirable high ash content and low expansion index. The commercial hybrid D-1000 did not qualify to snack and soluble starch production due to its low expansion index, low viscosity index, low water solubility index and low water absorption index.

*Guidance Committee: Jamilton Pereira dos Santos (Major Professor) - Embrapa Milho e Sorgo. Rosemary G. F. A. Pereira - UFLA, Luis Carlos de Oliveira Lima - UFLA, Celeste Maria Patto de Abreu - UFLA, Joelma Pereira - UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A transformação do milho em diversos derivados possibilita o uso deste cereal como uma excelente fonte de matéria-prima para a indústria de alimentos. Do milho obtêm-se aproximadamente noventa derivados diferentes. Entre eles os principais são *grits*, fubá, canjica, óleo, amido, amilose, amilopectina, zeína e fibras. Uma das principais aplicações do milho na indústria de alimentos é o uso do grão degerminado e moído para a produção de "fast food" em forma de alimento extrudado conhecidos como "*snacks*". O grão degerminado e moído, que neste trabalho será denominado "*grits*" de milho, apresenta em sua composição em torno de 90% de amido. Esta é uma importante fonte de matéria-prima para a indústria de alimentos, bebidas e em extrusão termoplástica. A avaliação do rendimento de moagem do milho após a degerminação é um parâmetro importante para a indústria de alimentos e para o processo de seleção de cultivares realizado pelos melhoristas.

O processo de cozimento por extrusão é uma técnica amplamente utilizada na produção de *snacks*, "*corn flakes*", cereais matinais, massas alimentícias, proteínas texturizadas, bebidas instantâneas, análogos de carne, farinhas pré-gelatinizadas, massas pré-cozidas e alimentos para animais. Ao longo do processo de extrusão ocorrem diversas alterações bioquímicas, físico-químicas e estruturais na matéria-prima que está sendo processada. Algumas destas alterações melhoram as propriedades funcionais e nutricionais do produto final. A extrusão termoplástica aumenta a digestibilidade do amido devido ao processo de gelatinização. Como a extrusão termoplástica é um processo HTST (alta temperatura em curto tempo), compostos voláteis são liberados, ocorrendo também a degradação.

O expandido ou *snack* é um produto obtido por extrusão termoplástica,

pela expansão direta do *grits* de milho ou por fritura de uma massa cozida e seca obtida de *grits* ou fubá de milho.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento em moagem a seco para a produção de *snacks* de dezesseis cultivares de milho, por meio de avaliações das alterações físicas, químicas, físico-químicas e reológicas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Composição centesimal

A composição centesimal, ou seja, teor de proteína, cinzas, extrato etéreo e carboidratos dos grãos de milho, *grits* e *snacks* é um parâmetro importante para a indústria de moagem a seco (Alexander, 1973). A composição centesimal média de grãos de milho é de 9,5% de proteína, 71,7% de carboidratos, 4,3% de gordura e 1,4% de cinzas. A composição centesimal média dos *grits* é de 8,74% de proteína, 88,9% de carboidratos, 0,88% de gordura e 0,43% de cinzas. A composição centesimal média de *snacks* é de 6,3% de proteína, 53% de carboidratos, 1,41% de gordura e 1,9% de cinzas Watson & Ramstad, (1994). Milhos com altos teores de lisina são deficientes em endosperma córneo, resultando em um menor rendimento na indústria de moagem a seco Brekke et al. (1971)

2.2 Micotoxinas

Fungos produzem metabólitos secundários durante o crescimento em um substrato. Alguns destes compostos são tóxicos, tais como aflatoxina, fumonisina e ocratoxina. Young & Fulcher (1984) listaram quinze espécies de fungos que produzem substâncias tóxicas para seres humanos. Helssetine (1979) listou 22 doenças micotóxicas conhecidas que podem ser causadas por metabólitos fúngicos. O número de micotoxinas identificadas tem aumentado a cada ano, porém, poucas são de importância econômica para o milho. As aflatoxinas produzidas por *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus* são de grande importância devido ao seu caráter carcinogênico. No Brasil, as análises de micotoxinas são regulamentadas pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento, através da Portaria nº49 de 3 de setembro de 1999.

2.3 Moagem de milho a seco

Há vários processos de moagem a seco. Os principais são o processo Bell e o processo Buhler-Miag Watson & Ramstad (1987). No sistema Bell, a matéria-prima é padronizada para um teor de umidade de 12%, em seguida, passa através de um magneto para a remoção de partículas metálicas. Posteriormente, passa por um sistema de aspiração para a retirada de partículas leves. A última etapa da limpeza é a passagem através de uma mesa de gravidade. Encerrada a limpeza, o milho é conduzido a um degerminador onde é removido o germe, restando apenas o endosperma que é chamado de *grits*. A partir desta etapa, o *grits* passa através diversos cilindros de moagem onde são produzidos materiais de diversas granulações para diferentes fins industriais.

O condicionamento do milho com diferentes teores de umidade permite diferentes rendimentos das frações do milho, devendo ser avaliada a relação custo benefício e qual a fração do milho desejada Brekke (1966). Baixo teor de cinzas em grãos de milho resulta em alto rendimento de moagem, produzindo uma fração de semolina com baixo teor de lipídio Mestres et al. (1991). Brekke (1967) verificou que o pré-condicionamento com 15% de umidade, por um período de 20 horas, aumenta o rendimento das diversas frações de *grits* quando se utiliza um degerminador Bell.

Milhos com altos teores de lisina produzem baixo rendimento nas frações de *grits* quando moídos a seco, devido a deficiência destes grãos em endosperma córneo Brekke et al. (1971). Milhos tratados com diferentes processos de aplicação de dióxido de enxofre apresentaram menor rendimento de produtos primários na moagem a seco Peplinsky et al. (1984). Avaliações do rendimento de moagem, tendo-se o milho acondicionado com teores de umidade mais baixo e em menores tempos de condicionamento, indicaram a ocorrência de *grits* com baixo teor de lipídios, Peplinskiet al. (1984).

A densidade do grão de milho está positivamente correlacionada com o

rendimento das diversas frações de *grits* em processos de moagem via seca Wu & Bergquist, (1991).

2.4 Tamisação

A tamisação consiste na separação das diferentes frações do endosperma através de um sistema de peneiras com agitação e ventilação por um tempo fixo. Este processo garante diferentes frações de *grits* isentos de película. Para a indústria de *snacks* é desejável que o *grits* possua a dimensão de 20 mesh.

2.5 Extrusão termoplástica

A extrusão termoplástica é a operação que consiste em modelar um material plástico, forçando-o através de uma matriz. O termo termoplástico caracteriza um material capaz fundir quando aquecido e solidificar novamente quando resfriado (Lusas & Riaz, 1994). A extrusão-coção (termoplástica) é definida como o processo pelo qual materiais amiláceos e/ou proteináceos umedecidos, expansíveis, são plasticizados e cozidos em um tubo, pela combinação de umidade, pressão, temperatura e cisalhamento mecânico (Smith, 1976). Esta combinação de fatores permite a gelatinização do amido, desnaturação de proteínas e reestruturação do material. Geralmente, uma expansão exotérmica ocorre e o extrudado é formatado, passando através de uma matriz Hauck, (1980).

2.6 Funções da extrusão termoplástica

Segundo Lusas & Riaz (1994), as principais funções desse sistema são:

- a) homogeneização e reestruturação dos ingredientes pouco atrativos em ingredientes com texturas e formas mais aceitáveis;
- b) aquecimento e cozimento de ingredientes para promover a digestibilidade do amido, desativação de fatores tóxicos ou antinutricionais

(inibidores de tripsina na soja);

c) obtenção de produtos com textura variada, incluindo proteínas de soja texturizada e rações mais macias devido à maior umidade;

d) mistura e união (aglomeração, compactação) de ingredientes;

e) controle da densidade do produto, como na preparação de rações de peixe que não afundam ou flutuam;

f) processamento contínuo nas muitas linhas de extrusão. Hauck & Huber (1989) opinam que esta função é a vantagem mais significativa. Pós-secos podem ser pré-misturados e introduzidos continuamente, de uma maneira uniforme. Isto resulta na utilização de menor quantidade de material no processo. Além disso, a capacidade para controlar a qualidade é maximizada porque o produto de pobre qualidade é reconhecido imediatamente. A ação corretiva é tomada facilmente e o processo é restabelecido;

g) desativação de aflatoxina em farinhas de amendoim e destruição de compostos alergênicos em vários tipos de sementes;

h) redução de umidade;

i) redução de energia, mão-de-obra e outros custos de processamento pela automatização;

j) além destas funções, os extrusores são capazes de realizar transporte, secagem, aeração e degaseificação Schuler (1986).

Likimani et al. (1990) concluíram que a destruição de esporos bacterianos em um extrusor é influenciada pela temperatura e a umidade do produto. A extrusão-cocção é utilizada como um processo de esterilização microbiana, sendo benéfico especialmente para produtos reidratados antes do consumo, tais como alimentos infantis e bebidas reconstituídas. Harper (1978) cita que o processo de extrusão permite a desnaturação de enzimas causadoras de rancidez.

Uma das características mais importantes do processo de extrusão é a

sua versatilidade. Ele permite o uso de diversos parâmetros e controle no processo, o qual permite o emprego de uma ampla gama de matérias-primas para produzir uma série de produtos utilizando-se uma máquina, mudando apenas as configurações dos vários constituintes das seções do extrusor. Como resultado, as formulações podem ser alteradas e os produtos são freqüentemente melhorados.

2.7 Aspectos básicos da extrusão

Por anos, a extrusão-cocção tem fornecido os meios necessários para a elaboração de novos produtos. O processo de extrusão tornou-se o procedimento padrão na maior parte das companhias de "snack food" no mundo inteiro. Uma vantagem da extrusão é sua capacidade de produzir uma série de produtos, com tempo mínimo de processamento, utilizando matérias-primas econômicas Sunderland (1996).

Os consumidores, atualmente, exigem variedade de alimentos com qualidade, sabor e flexibilidade no preparo. O processo de extrusão permite a manufatura de uma variedade de produtos que têm revolucionado o mercado. Os métodos convencionais no preparo de cereais matinais do tipo RTE (ready to eat), *snacks*, amidos e farinhas pré-gelatinizadas e rações para animais foram substituídos pelo processo de extrusão. Esta tecnologia também está sendo utilizada na obtenção de produtos, tais como proteínas vegetais texturizadas, bebidas instantâneas em pó, alimentos à base de cereais enriquecidos com proteínas, sopas instantâneas, alimentos infantis, talharim e pasta, biscoitos, goma de mascar, amidos modificados para finalidades industriais, alimentos para aquicultura, entre outros Hauck (1980); Linko et al. (1981); Schuler, (1986); Smith, (1979).

A produção de *snacks* desenvolveu-se a partir do uso de apenas grãos inteiros de cereais. Entretanto, a indústria passou por uma revolução com a

utilização de grits, farinhas e/ou amidos e que podem ser combinados com outros ingredientes menores, incluindo proteínas, vitaminas, minerais, fibra, sal, açúcares, emulsificantes, lipídios e modificadores de pH, mudando as propriedades químicas, físicas e nutricionais do produto Ascheri (1994); Hsieh et al. (1990); Linko et al. (1981). Pela seleção da granulometria dos ingredientes e da formulação dos mesmos, certas características organolépticas e de textura desejáveis podem ser obtidas no produto final. Em acréscimo a essas características, certas formas geométricas e formatos tornam-se atraentes Matson, (1982).

Estudos extensivos no processo de extrusão de cereais têm sido realizados, particularmente no milho e trigo, para elaborar cereais matinais e *snacks* Hsieh et al. (1990).

2.8 Descrição geral do processo de extrusão

O extrusor consiste em um ou dois parafusos giratórios firmemente encaixados dentro de um cilindro. O parafuso, ou parafusos, ao girar, empurra o alimento na direção de uma matriz, revirando-o e pressionando-o contra as paredes do cilindro, exercendo sobre ele um trabalho de cisalhamento e transformando-o em uma massa uniforme. O alimento absorve calor por dissipação da energia mecânica aplicada ao parafuso. O calor também é proporcionado por camisa de vapor ao redor do cilindro ou por aquecimento elétrico. Camisas de água fria são utilizadas quando o resfriamento é necessário. O tempo de residência do material no extrusor é função da geometria e/ou da configuração do parafuso e de sua velocidade de rotação Watanabe, (1985)

Quando a temperatura do processo atinge 200°C e o tempo de residência é curto (10 a 60 segundos) a extrusão é conhecida como processo "High Temperature- Short Time"(HTST). O aquecimento rápido do material a altas temperaturas melhora a digestibilidade e minimiza os efeitos prejudiciais, tais

como o escurecimento e a produção de sabores e aromas indesejáveis Schuler (1986).

A farinha a ser extrusada é primeiro alimentada em um pré-condicionador, onde é tratada com água e/ou vapor para elevar a umidade até o teor desejado. Os extrusores de cozimento permitem uma ampla gama de conteúdos de umidade (10 a 40%).

O material pré-condicionado cai em uma moega e, daí, segue para a seção de alimentação no parafuso, onde se tem uma rosca de maior profundidade ou de maior passo. Enquanto o material se move através da região de transição, ele é completamente trabalhado, transformando-se em uma massa parcialmente cozida. As temperaturas de cozimento podem ir de 110^o a 200^oC (Schuler, 1986) e a pressão para 20 a 50 atm. A água não evapora dentro do extrusor devido à alta pressão desenvolvida. O aumento de pressão é devido a mudanças na geometria do parafuso e à resistência ao fluxo dada pela matriz. Normalmente, a profundidade ou a distância das roscas diminui na direção do fluxo. Na zona de alta pressão, a massa é cozida até o grau desejado, desenvolvendo uma pressão uniforme contra a matriz. Quando a massa passa através da matriz, a pressão é rapidamente liberada e a água superaquecida evapora instantaneamente, provocando a expansão do produto. A rápida perda de umidade, após a matriz, resulta em resfriamento do alimento, o qual alcança a temperatura de 80°C em poucos segundos, se solidifica e se firma. A expansão também pode ser devido à liberação de forças, embora este mecanismo provoque apenas um leve aumento no diâmetro do produto Watanabe, (1985).

2.9 Características do amido

Normalmente, o conteúdo de amilose do grânulo de amido varia com a origem botânica. Em geral, a temperatura de gelatinização de um amido cru é controlada não somente pelo conteúdo de água, como também pela presença de

sais, açúcares e outras moléculas pequenas. Tamanho do grânulo, conteúdo de amilose, peso molecular, cristalinidade e organização interna molecular afetam a gelatinização.

Quando um material amiláceo é aquecido em presença de água, os grânulos de amido incham pela absorção de água e começam romper, resultando em uma pasta pela porção de amido que se dissolve no meio aquoso. O grau de inchamento ou intumescimento e a quantidade de material solubilizado dependem da dimensão das ligações químicas cruzadas dentro dos grânulos. O alto conteúdo de amilose, assim como a presença de um grande número de ligações intermoleculares, reduzem o intumescimento Tian; et al (1991).

No resfriamento as dispersões em água dos grânulos de amido gelatinizado adquirem a consistência de gel. A retrogradação é afetada pelas concentrações de amilose e amilopectina, presença de outras moléculas tais como açúcares, sais e emulsificantes, tamanho da molécula, temperatura, pH e outros componentes não amiláceos Del Rosario & Pontiveros, (1983).

A amilose e a amilopectina apresentam susceptibilidade enzimática, sendo atacadas pela β -amilase, de uma maneira ordenada, a partir dos terminais não redutores. Em contraste, a alfa-amilase é capaz de atacar os polímeros, aleatoriamente, em qualquer ligação alfa 1,4 acessível estruturalmente (Tian et al 1991).

2.10 Modificações do amido no processo de extrusão-coocção

A extrusão é um processo de cozimento e formatação, desenvolvido para dar uma funcionalidade física e química aos materiais alimentícios. Altas pressões e temperaturas são comuns nos extrusores, causando mudanças nas propriedades do amido extrusado Linko et al.(1981). Várias pesquisas têm sido desenvolvidas para entender as mudanças ocorridas no amido durante o cozimento por extrusão. Alguns autores, em estudos iniciais, acreditaram que a

extrusão com baixa umidade, a qual fornece altas temperaturas e taxas de cisalhamento, aumenta a degradação do amido e a formação de dextrinas Gomez & Aguilera (1983).

Mercier & Feillet (1975), utilizando como matéria-prima amidos de cereais com milho, trigo e arroz e semolina de milho, concluíram, após o processo de extrusão, que o amido foi solubilizado sem nenhuma formação de maltodextrina. Também, a quantidade de amido solúvel depende da temperatura de extrusão (relação direta), do conteúdo de umidade do amido antes de processo (relação inversa) e da proporção amilose/amilopectina. Com incremento de amilose, decresce a quantidade de amido solúvel.

Chiang & Johnson (1977) concluíram, após extrusar farinha de trigo e milho, que as ligações glicosídicas α -1,4 de oligossacarídeos e do amido são quebradas pela ação combinada de alta temperatura e pressão e severa força de cisalhamento durante o processo de extrusão. Usando *grits* de milho, Gomez & Aguilera (1983) verificaram que quando o conteúdo de umidade da extrusão decresce, aumenta a dextrinização. A dextrinização implica no incremento da suscetibilidade ao ataque enzimático e um grau de gelatinização mais alto aumenta a solubilidade em água com redução na quantidade de carboidratos insolúveis. Nesse estudo, também observaram a perda de birrefringência no produto extrusado o qual sugere que, após extrusão, há formação de um material gelatinizado e dextrinizado.

Gomez & Aguilera (1984) apresentaram um esquema sobre a degradação do amido, expressando que o estado de degradação é contínuo, na seqüência: cru \rightarrow gelatinizado \rightarrow dextrinizado. Estados intermediários possíveis são incluídos, como: grânulos danificados mecanicamente, polímeros livres e oligossacarídeos e açúcares .

Com baixos teores de água é provável que a umidade absorvida pelo grânulo seja primeiramente associada dentro das regiões amorfas. Outras

porções do grânulo tendo conteúdo de umidade baixo permaneceriam inalteradas ou se tomariam dextrinizadas dependendo das condições tempo-temperatura dentro do extrusor.

Para Colonna et al.(1984), as propriedades principais de amidos cozidos são o incremento da absorção de água e da solubilidade em água fria sob dispersão. Isto conduz a um amido instantâneo sem aquecimento, considerando que as propriedades funcionais são altamente dependentes das condições de cozimento, como acontece no processo de extrusão. Os autores também explicam que a extrusão do amido não deve ser interpretada somente em termos de gelatinização (transformação física), mas também como uma degradação macromolecular de amilose e amilopectina, por um rompimento aleatório das cadeias. Ela pode ser testada através de determinações da viscosidade intrínseca, do peso molecular e por cromatografia de permeação em gel.

A caracterização dos componentes solúveis e dispersos em água do amido extrusado pode levar a um melhor entendimento de como a extrusão afeta as propriedades funcionais e químicas dos produtos extrusados Jackson et al. (1990). Os autores explicam que, embora não tenha ficado evidente a dextrinização do amido, através do método de cromatografia por exclusão foi possível determinar que a solubilidade em água aumentou com decréscimo da umidade do material.

Orford et al. (1993) explicaram que o processo de extrusão-cocção de materiais amiláceos causa uma mudança microestrutural extensiva. Esses autores, ao explicar que as porções cristalinas dos grânulos de amido são fundidas e que as cadeias de amido resistem degradação macromolecular, concordam com os trabalhos de Colonna et al. (1984).

Extrusando amido de milho ceroso (mais de 98% de amilopectina) com um extrusor de duplo parafuso, Orford et al. (1993) observaram que a viscosidade intrínseca do material extrusado foi menor que a metade do material

original. Esta redução na viscosidade, indica um decréscimo no tamanho molecular.

O autor citado anteriormente e seus colaboradores chegaram às mesmas conclusões por meio de dados obtidos por cromatografia por exclusão, atribuindo a despolimerização da amilopectina, que seria dependente das condições de umidade, de temperatura e de energia mecânica. Também deduziram que, embora a degradação macromolecular tenha ocorrido, uma proporção relativamente pequena das ligações glicosídicas α -1,4 foram quebradas.

O trabalho realizado por Gonzalez et al. (1986) registra que a solubilidade em água é a propriedade que melhor descreve as modificações provocadas pelo processo de extrusão. Os resultados indicam também que a principal variável que determina o grau de modificação do amido é a umidade.

Gonzalez et al. (1986) consideraram necessário distinguir entre grau de danificação, grau de gelatinização e grau de cocção, para avaliar uma amostra tratada por extrusão. Deve-se utilizar o grau de danificação para se referir a mudanças produzidas por processos mecânicos (moagem) e o grau de gelatinização para descrever mudanças ocorridas no amido quando o processo envolve somente calor na presença de água abundante. O grau de cocção, representa um estado de transformação superior ao grau de gelatinização e se obtém quando o processo envolve, além de calor, força de cisalhamento e relação água/sólido < 1 . Este último seria o termo mais correto, em referência a produtos tratados pelo processo de extrusão.

2.11 Características de extrusão e do produto

A transformação de um produto pode ser avaliada por meio de vários parâmetros do processo de extrusão. Dessa forma, o valor de um índice que reflita a transformação do produto pode ser de muita utilidade, tanto para a

indústria quanto para o trabalho de melhoramento de cultivares. Este valor indicaria a intensidade ou o grau em que o produto é transformado.

Na tentativa de otimizar o processo de extrusão, muitos pesquisadores controlaram um ou mais parâmetros durante o processamento. Estes parâmetros guardam uma relação entre si e são responsáveis pela extensão da quebra estrutural do amido, da qual depende o comportamento de solubilidade e viscosidade que determina o tipo de aplicação do produto extrusado. Com base nos resultados obtidos na extrusão de milho utilizando simples parafuso, El-Dash et al. (1983) afirmaram que, para a extrusão de produtos com características específicas, as condições operacionais podem ser definidas com bastante precisão. O método da superfície de resposta é um meio efetivo para estudar e otimizar essas condições para a tecnologia da extrusão.

Com respeito à matéria-prima, o conteúdo de água é uma variável que tem um papel muito importante na extrusão-cocção (HTST) de materiais alimentícios. Os extrusores de simples parafuso normalmente requerem água adicional para lubrificação, ao passo que os de duplo parafuso atuam basicamente como uma bomba de deslocamento positivo e são menos dependentes do conteúdo de água do material. Uma certa atividade de água é necessária para que as transformações desejadas do amido ocorram durante a extrusão Linko et al. (1981). A umidade, vapor ou água, adicionados ao pré-condicionador hidratam as partículas dos grãos de cereais, diminuindo sua abrasividade, o que reduz o desgaste dos componentes do extrusor e, conseqüentemente, os custos de produção.

Para produtos expandidos por extrusão, uma das características mais importantes é o índice de expansão. Esse índice controla as propriedades texturais, funcionais e sensoriais de um produto Lue et al. (1991). Muitas publicações demonstraram a influência fundamental do conteúdo de umidade no grau de expansão e nas propriedades anteriormente mencionadas Ascheri (1994),

Chiang & Johnson (1977), Colonna et al. (1984), Faubion & Hosney (1982), Gomez & Aguilera (1984); Gomez et. al. (1988), Jackson et. al. (1990), Mercier & Feillet (1975), Miller (1985).

Baixos níveis de umidade têm resultado em altos índices de expansão de produtos feitos por expansão direta. Conteúdo de umidade combinado com outros parâmetros de extrusão, tais como velocidade do parafuso, temperatura do cilindro e velocidade de alimentação, tem uma excepcional influência no grau de expansão Ascheri & Wanderley (1996). Para Chinnaswamy & Hanna (1988a) e Onwulata et. al. (1992), o volume expandido do amido é altamente dependente das condições de processamento da extrusão.

O índice de expansão da matéria-prima resulta de uma complexa interação desses fatores envolvidos no processo. Nessa interação podem ser incluídos: velocidade e configuração do parafuso, desenho da matriz, vazão de alimentação da matéria-prima, quantidade de água adicionada, matéria-prima utilizada taxa de compressão, temperatura do cilindro e pressão na matriz Ascheri (1994).

Dentro de um determinado processo, os fatores relacionados à matéria prima, que exercem marcada influência, são: conteúdo de umidade (Faubion et al. (1982), Gonzalez et al. (1986), Owusu-Ansah et al. (1984), conteúdo de amido (teor mínimo, pelo menos de 60% a 70%), tamanho das partículas (principalmente em extrusores de um parafuso), tipo de amido utilizado, a relação amilose/amilopectina Chinnaswamy & Hanna, (1988b), Della Valle et al. (1997), níveis de proteína, lipídio e fibra, entre outros.

O índice de solubilidade em água indica quão drástico foi o tratamento térmico e a conseqüente desramificação da estrutura do amido em moléculas de menor peso molecular Anderson et al. (1969). A indústria produtora de amido solúvel e a indústria produtora de *snacks* preferem produtos que dêem maior índice de solubilidade em água. Quanto maior o valor deste índice, mais solúvel

será o amido e melhor será a palatabilidade do *snack*.

O índice de absorção de água indica a quantidade de água absorvida por grânulo de amido inchado e/ou embebido em água Anderson et al. (1969). Para as indústrias produtoras de amido solúvel e *snacks* é desejável que este índice seja baixo, indicando um alto grau de dextrinização do amido. Estas indústrias fornecem amido solúvel para outras indústrias utilizarem na fabricação de bebidas, sorvetes e geléias.

A viscosidade do amido é um parâmetro importante na avaliação de *snacks*. O amido puro é insolúvel em água. A viscosidade é avaliada em uma solução de amido e água aquecida gradativamente e, posteriormente, resfriada. À medida que se aquece a solução água-amido, os grânulos de amido começarão a absorver a água, a característica de birrefringência dada pela estrutura organizacional da amilose e amilopectina desaparecerá e a viscosidade da solução aumentará. Em *snacks*, devido ao tratamento térmico, o amido sofreu dextrinização. A viscosidade é avaliada por meio de um amilógrafo ou um *rapid visco analyser*. Esse último utiliza três gramas de material e avalia por um período de minutos. Em geral, produtos expandidos apresentam viscosidade máxima avaliada a 25°C. A 95°C a viscosidade do *snack* é mínima; à medida que ocorre o resfriamento a viscosidade final aumenta um pouco, em função do rearranjo do gel.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 As cultivares de milho

Foram utilizados 60 kg de milho de dezesseis cultivares de milho da safra 2000 colhidas na estação experimental da Embrapa Milho e Sorgo. Algumas características para identificação das cultivares estão apresentadas nas Tabela 1.

TABELA 1 Cultivares utilizadas na avaliação de rendimento industrial.

NOME	CICLO	TIPO DE GRÃO
HD 95 1128	SUPERPRECOCE	DENTADO
HT 97 1011	PRECOCE	DURO
BRS - 3133	SUPERPRECOCE	DURO
HT 7105 - 3	PRECOCE	SEMIDURO
BRS 3150	PRECOCE	SEMIDENTADO
BOZEME AMARELO	PRECOCE	DURO
BRS - 2114	SUPERPRECOCE	SEMIDENTADO
BRS 3101	PRECOCE	SEMIDURO
BR - 205	PRECOCE	SEMIDENTADO
BRS 4150	NORMAL	SEMIDENTADO
BR - 206	PRECOCE	SEMIDENTADO
BRS 3060	NORMAL	SEMIDURO
BR 106	NORMAL	SEMIDENTADO
BR 3123	SUPERPRECOCE	SEMIDURO
HS - TR 3	SUPERPRECOCE	SEMIDURO
D - 1000	PRECOCE	DURO

A caracterização de um milho como superprecoce, precoce e normal é função da emissão da inflorescência. O milho superprecoce emite a inflorescência 50 dias após o plantio. A cultivar definida como precoce emite a inflorescência 55 a 65 dias após a semeadura. e o milho caracterizado como

normal emite a inflorescência após 65 dias do plantio. Esta caracterização varia de uma região para outra, em função grau de insolação incidente sobre o milho.

3.2 O processamento do milho

O processamento do milho foi realizado por via seca. Os grãos fluíram para um secador Fabbe-Primar, onde atingiram a umidade de 12% e passaram por mesa gravimétrica. Em seguida, 10 kg de grãos de milho de cada repetição foram conduzidos a um degerminador com rotação do eixo das facas de 800 rpm, onde foi separado o endosperma do germe. O tempo de degerminação estabelecido foi de 10 minutos (Figura 1).

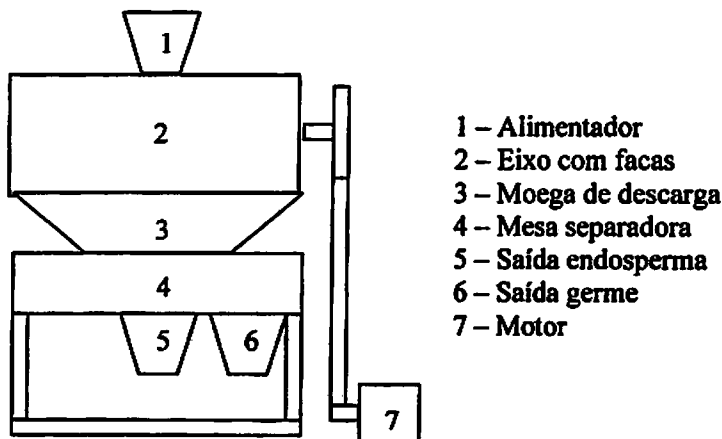


FIGURA 1 Degerminador de facas

Após a degerminação, o grão degerminado foi moído em um moinho de rolo corrugado modelo Tecmolin com distância entre rolos de 50 μ m. O material moído foi peneirado por 5 minutos em um aparelho RL – 10 utilizando peneiras de 14mesh, 20 mesh, 25 mesh e 30 mesh.

O material retido em peneira de 20 mesh chamado de *grits*, é definido como produto obtido pela moagem do grão de milho degerminado, com granulometria na faixa de 590 a 1680 μ m (2 kg). Ele foi condicionado para uma umidade de 16%, utilizando-se a seguinte fórmula para cálculo da água a ser adicionada $((U_f - U_i)/(U_f - 100)) \times P_a$ onde U_f é a umidade final do produto, U_i é a umidade inicial e P_a é o peso da amostra. Em seguida, foi conduzido a um extrusor de dois parafusos marca Brabender, modelo 20DN, com taxa de compressão 5:1, com três zonas de aquecimento no cilindro controladas por termopares, matriz circular de 3mm de diâmetro, rotação do parafuso fixada em 160 rpm e temperatura na zona 4 de 160°C .

A Figura 2 mostra o fluxograma do processamento de milho.

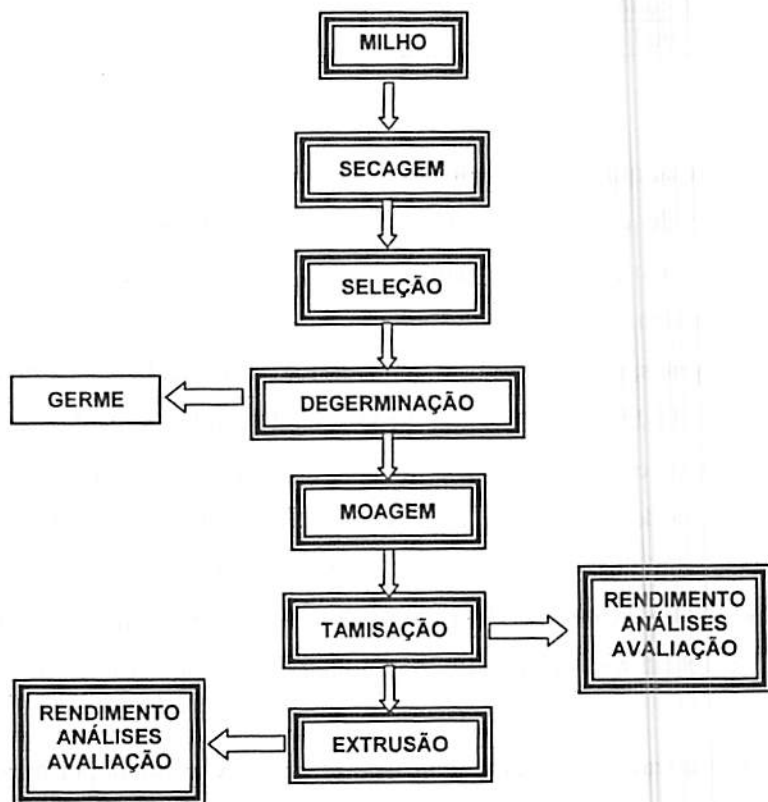


FIGURA 2 Fluxograma do processamento de milho via seca.

3.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) com dezesseis tratamentos (cultivares) e duas repetições, totalizando 32 parcelas experimentais (Tabela 2). Para a avaliação da tamisação foi acrescentado o fator peneiras (5 níveis – 14mesh, 20mesh, 25mesh, 30mesh e base). Para a realização das análises estatísticas, foi utilizado o software SISVAR 4.0 Ferreira (2000).

TABELA 2 Estrutura de análise de variância utilizada na avaliação de rendimento industrial de diferentes cultivares de milho.

CAUSAS DE VARIACÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Cultivares	15
Resíduo	16
Total	31

3.4 Análises físicas, químicas e reológicas

O índice de expansão do *snack* foi estabelecido pela razão entre o diâmetro do *snack* e o diâmetro da matriz da extrusora. Para o presente trabalho, a matriz utilizada tinha o diâmetro de 3mm.

Para os grãos, *grits* e *snacks*, a unidade foi determinada de acordo com o método AACC 44-15A, American... (1983), método estufa – ar, colocando 10 g de amostras numa estufa com circulação de ar a 130°C por 1 hora. A proteína foi determinada obedecendo o método AACC 46-13, American... (1983). Para a determinação de lipídios, o método utilizado foi o AACC 30-25 American... (1983), utilizando um extrator Soxhlet. As cinzas foram analisadas segundo o método AACC 08-01 American... (1983), mediante uma calcinação em mufla a 550°C.

Foram realizadas análises reológicas do material extrusado, por meio de

um aparelho *rapid visco analyser*. Foram utilizadas 3g de amostra de *snack* moído com granulação de 100mesh. Para produtos expandidos que apresentam alto grau de dextrinização, em geral, nos primeiros dois minutos em que o aparelho está funcionando a temperatura de 25°C, a viscosidade sobe. A partir de 2 minutos de funcionamento, a temperatura começa a subir. Aos 3 minutos do início do processo, a viscosidade atinge um máximo, à temperatura de 30°C. Aos 6 minutos, a temperatura do aparelho atinge 95°C e permanece neste valor por 4 minutos. Neste intervalo, a viscosidade da solução está decrescendo. A partir de 10 minutos a temperatura do aparelho começa a reduzir e aos 11 minutos a viscosidade da solução atinge o seu menor valor. Aos 16 minutos a temperatura do aparelho está em 25°C e no intervalo de 10 a 16 minutos, à medida que a solução resfria, a viscosidade torna a subir até, aproximadamente, 25% do valor obtido na viscosidade máxima. Os valores de RVU decaem à medida que aumenta a temperatura, atingindo um valor mínimo na temperatura de 80°C e voltando a subir à medida que o sistema resfria, devido a um rearranjo do gel.

As análises de índice de solubilidade em água e índice de absorção de água foram realizadas em *snacks*, segundo o método descrito por Anderson et al. (1969).

Análises de micotoxinas foram efetuadas nos grãos e nos derivados de milho, por meio de cromatografia de camada delgada, segundo metodologia estabelecida pela Portaria nº49 de 3 de setembro de 1999 do Ministério da Agricultura e Abastecimento.



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises químicas dos grãos

4.1.1 Proteína

O resultado das análises do teor de proteína dos grãos das diferentes cultivares avaliadas nesta pesquisa registrou diferenças significativas, conforme mostrou a análise estatística (Tabela 3). O híbrido simples HS-TR-3 registrou maior valor no teor de proteína. Isto é indesejável para fins de produção de *snacks*, visto que, em geral, quanto maior o teor de proteína, menor será o teor de amido e a fração zeína interfere negativamente na extrusão Zhang & Hosney (1998). O híbrido duplo BR-3123 apresentou o menor valor de proteína e, conseqüentemente maior valor de carboidratos. Para utilização da indústria de *snacks* é melhor um teor de proteína mais baixo, para garantir maior expansão do *snack* Fletcher et al. (1985).

4.1.2 Cinzas

As cultivares utilizadas neste trabalho se distinguem com diferenças significativas ($P < 0,05$), conforme ilustra a Tabela 3. O híbrido simples HS-TR-3 e o híbrido triplo BR-3123 apresentaram maiores valores. Para a indústria de *snacks*, altos teores de cinzas são indesejáveis pois há comprometimento da expansibilidade do produto final. As cultivares BR-206 e HT-7105-3, BRS-3060 e D-1000 registraram menores valores de cinzas. Os dados obtidos concordam com os resultados encontrados por Mestres et al. (1991). Esses autores avaliaram diversas cultivares de milho e verificaram que altos teores de cinzas comprometem o cozimento e a extrusão dos derivados de milho.

4.1.3 Extrato etéreo

Os valores de extrato etéreo dos grãos das diferentes cultivares registraram grande variação e com diferenças significativas, conforme mostraram as análises estatísticas ($P < 0,05$) ilustradas na Tabela 3. Os grãos do HT-7105-3 tiveram maiores valores de extrato etéreo. Como 99% da fração lipídica dos grãos de milho encontra-se no germe, a indústria de *snacks* não o utiliza como parâmetro qualitativo. O híbrido triplo BRS-3150 teve o menor valor de extrato etéreo.

4.1.4 Carboidratos

Os teores de carboidratos dos grãos das cultivares utilizadas neste trabalho exibiram diferenças significativas ($P < 0,05$), conforme determinaram os resultados da análise estatística (Tabela 3). Os grãos do híbrido triplo BR-3123 tiveram maior valor de carboidratos. Este parâmetro é importante para a indústria de *snacks*, pois quanto maior o teor de carboidratos maior será a expansão do *snack*.

Os grãos do híbrido simples HS-TR-3 apresentaram menores valores de carboidratos e, para estas duas cultivares, observou-se uma relação inversa entre teor de proteína e teor de carboidratos. Estes resultados estão de acordo com Zhang & Hosney (1998), que avaliaram farinha de milho com diferentes teores de carboidratos. Concluíram que farinhas com elevados teores de carboidratos apresentaram maiores valores de índice de expansão do *snack*.

TABELA 3 Valores médios (%) de teor de proteína, cinzas, extrato etéreo e carboidratos de grãos de milho.

CULTIVARES	Proteína*	Cinzas*	Extrato etéreo*	Carboidratos*
HD-951128	10,79 b	1,29 c	4,64 d	71,49 i
HT-971011	9,15 g	1,26 d	4,16 h	73,81 c
BRS-3133	9,56 f	1,32 b	4,65 d	72,62 g
HT-7105-3	10,58 c	1,15 g	5,31 a	71,20 j
BRS-3150	9,86 e	1,30 c	3,90 k	73,17 e
Bozeme amarelo	10,20 d	1,24 d	4,11 i	72,81 f
BRS-2114	10,97 a	1,27 d	4,61 d	71,31 j
BRS-3101	9,46 f	1,20 e	4,79 c	72,86 f
BR-205	9,37 f	1,33 b	4,26 g	73,16 e
BRS-4150	10,22 d	1,29 c	4,46 e	72,25 h
BR-206	9,06 g	1,12 g	4,32 f	73,39 d
BRS-3060	9,43 f	1,18 f	4,03 j	73,49 d
BR-106	9,13 g	1,35 b	3,97 j	74,12 b
BR-3123	8,22 h	1,42 a	4,00 j	74,54 a
HS-TR-3	11,09 a	1,42 a	5,22 b	70,69 k
D-1000	9,06 g	1,19 e	4,60 d	73,48 d

*Médias seguidas de mesma letra não diferem ($P > 0,05$) pelo teste de Scott-Knott (1974).

4.2 Degerminação

Ocorreram diferenças significativas no rendimento de endosperma e germe ($P < 0,05$) entre as dezesseis cultivares utilizadas neste trabalho (Tabela 4). Foi dada ênfase à fração endosperma em virtude da sua utilização pelos fabricantes de *snacks*.

TABELA 4 Rendimento (kg) de amostras de 10 kg de grãos na produção de endosperma e germe em diferentes cultivares de milho.

CULTIVARES	ENDOSPERMA*	GERME*	TIPO DE GRÃO
BR-106	8,85 a	1,10 b	SEMIDENTADO
BRS-2114	8,85 a	1,12 b	SEMIDENTADO
BR-3123	8,80 a	1,15 b	SEMIDURO
BOZEME AMAR.	8,75 a	1,20 b	DURO
BRS-3101	8,60 a	1,35 b	SEMIDURO
BR-206	8,60 a	1,35 b	SEMIDENTADO
HD-951128	8,60 a	1,40 a	DENTADO
BRS-4150	8,55 a	1,40 a	SEMIDENTADO
BR-205	8,55 a	1,40 a	SEMIDENTADO
HT-971011	8,40 b	1,55 a	DURO
BRS-3060	8,40 b	1,55 a	SEMIDURO
HS-TR-3	8,35 b	1,60 a	SEMIDURO
D-1000	8,27 b	1,67 a	DURO
BRS-3133	8,225b	1,77 a	DURO
HT-7105-3	8,05 b	1,95 a	SEMIDURO
BRS-3150	8,05 b	1,95 a	SEMIDENTADO

*Médias seguidas de mesma letra não diferem ($P>0,05$) pelo teste de Scott-Knott (1974).

Observou-se que nove cultivares, das quais oito foram desenvolvidas pela Embrapa Milho e Sorgo (BR-106, BRS-2114, BR-3123, BRS-3101, BR-206, HD-951128, BRS-4150 e BR-205) e uma delas comercial (Bozeme Amarelo), se destacaram pelo maior rendimento na degerminação, na fração endosperma. A indústria processadora de milho via seca necessita de cultivares que tenham maior rendimento de endosperma para a posterior fabricação das diversas frações de *grits*. Os piores desempenhos no rendimento de endosperma foram das cultivares HT-7105-3, BRS-3150, BRS-3133, D-1000, HS-TR-3, BRS-3060 e HT-971011.

4.3 Tamisação

Através do processo de tamisação avaliou-se a retenção das diferentes

frações de *grits* nas peneiras de 14, 20, 25 e 30 mesh. A indústria processadora de milho fornece às empresas de fabricação de *snacks*, *grits* retidos na peneira de 20 mesh, pois esta granulometria apresenta um maior rendimento Rokey & Huber, (1992).

A interação cultivares versus peneiras foi significativo ($P < 0,05$) e o desdobramento da variável cultivares dentro de cada peneira apresentou resultados significativos nas peneiras de 14 mesh e 20 mesh. As peneiras de 25 e 30 mesh não apresentaram resultados significativos. A peneira de 14 mesh reteve aproximadamente 25% do material submetido à tamisação, porém, nesta peneira o material possuía uma quantidade significativa de películas. A peneira de 20 mesh apresentou maior retenção de *grits*, dando um rendimento de aproximadamente 50% de todo o material colocado no início da tamisação (Tabela 5).

TABELA 5 Valores médios de rendimento de *grits* retido em peneira de 20 mesh, obtidos de amostras de 10 kg de grãos de milho.

CULTIVARES	VALORES MÉDIOS (kg)*
BR-3123	4,38 a
BRS-3101	4,29 a
BR-106	4,26 a
BRS-2114	4,16 b
BR-205	4,16 b
BR-206	4,14 b
Bozeme Amarelo	4,10 b
BRS-3133	4,08 b
BRS-3060	4,07 b
BRS-4150	4,07 b
D-1000	4,06 b
HS-TR-3	4,01 b
HT-971011	3,98 b
BRS-3150	3,95 b
HT-7105-3	3,89 b
HD-951128	3,55 c

*Médias seguidas de mesma letra não diferem ($P > 0,05$) pelo teste de Scott-

Knott (1974).

Os híbridos triplos BR-3123 semidentado, BRS-3101 semiduro e a cultivar BR-106 semidentado apresentaram maiores valores de *grits* retidos em peneira de 20 mesh. Podem ser os mais indicados para a indústria produtora de *grits* fornecedora de matéria prima para a indústria de *snacks*, concordando com os resultados obtidos por Anderson et al. (1969). Estes resultados concordam com dados obtidos por Brekke (1967) realizados com híbridos de milho semidentado. A cultivar HD-951128 dentado apresentou o pior resultado. As demais cultivares apresentaram o mesmo rendimento, de acordo com a análise estatística.

4.4 Análises químicas dos *grits*

4.4.1 Proteína

O resultado das análises do teor de proteína dos *grits* das diferentes cultivares avaliadas nesta pesquisa registrou diferenças significativas, conforme mostrou a análise estatística (Tabela 6). O híbrido simples HS-TR-3 registrou maior valor no teor de proteína. Isto é indesejável para fins de produção de *snacks*, visto que, em geral, quanto maior o teor de proteína, menor será o teor de amido e a fração *zeína* interfere negativamente na extrusão Zhang & Hosney, (1998). Todas as cultivares utilizadas apresentaram maiores valores de proteínas quando em comparação com os valores médios de teor de proteína de *grits* fornecido pelos trabalhos realizados por Watson & Ramstad (1994). Os híbridos triplo HT-971011, BRS-3123, BRS-3101 e o híbrido duplo BR-205 apresentaram os menores valores de proteína e, conseqüentemente, maiores valores de carboidratos. Para utilização da indústria de *snacks* é melhor um teor

de proteína mais baixo, para garantir maior expansão do *snack* Fletcher et al. 1985).

4.4.2 Cinzas

Também as análises do teor de cinzas mostraram que as cultivares utilizadas neste trabalho se distinguem com diferenças significativas ($P < 0,05$), conforme ilustra a Tabela 6. As cultivares HD-951128, HT-971011 e BRS-3150 apresentaram maiores valores nos teores de cinza. Para a indústria de *snacks* altos teores de cinzas são indesejáveis pois comprometem a expansibilidade do produto final. As cultivares BR-205 e BRS-3101 registraram menores valores de cinzas. Os dados obtidos concordam com os resultados de pesquisa realizada por Mestres et al. (1991), que avaliaram diversas cultivares de milho e verificaram que altos teores de cinzas comprometem o cozimento e a extrusão dos derivados de milho.

4.4.3 Extrato etéreo

Os valores de extrato etéreo dos *grits* das diferentes cultivares registraram diferenças significativas, conforme mostraram as análises estatísticas ($P < 0,05$) ilustradas na Tabela 6. Os *grits* das cultivares HD-951128, HT-971011, BRS-2114, BRS-3133, BR-205, BR-206, BR-106, BR-3123, HS-TR-3 e D-1000 tiveram maiores valores de extrato etéreo. Como 99% da fração lipídica dos grãos de milho encontram-se no germe, a indústria de *snacks* não o utiliza como parâmetro qualitativo. O híbrido triplo BRS-3150 teve o menor valor de extrato etéreo.

4.4.4 Carboidratos

O teor de carboidratos dos *grits* das cultivares utilizadas neste trabalho se classificaram por diferenças significativas ($P < 0,05$), conforme determinaram

os resultados da análise estatística (Tabela 6). Os *grits* da cultivares BRS-3101, Bozeme Amarelo, BR-205, BRS-3150 e HT-971011 tiveram maiores valores de carboidratos. Este parâmetro é importante para a indústria de *snacks*, pois, quanto maior o teor de carboidratos, maior será a expansão do *snack*. Os *grits* do híbrido simples HS-TR-3 apresentaram menor valor de carboidratos e, para estas cultivares, observou-se uma relação inversa entre teor de proteína e teor de carboidratos. Estes resultados estão de acordo com Zhang & Hosney (1998). Esses autores avaliaram farinha de milho com diferentes teores de carboidratos e concluíram que farinhas com elevados teores de carboidratos apresentaram maiores valores de índice de expansão do *snack*.

TABELA 6 Valores médios (%) de teor de proteína, cinzas, extrato etéreo e carboidratos de *grits* de milho.

CULTIVARES	Proteína*	Cinzas*	Extrato etéreo*	Carboidratos*
HD-951128	11,55 c	0,775 a	3,80 a	79,16 c
HT-971011	9,53 f	0,75 a	3,65 a	80,56 a
BRS-3133	11,02 d	0,56 c	3,20 a	79,86 b
HT-7105-3	11,76 b	0,67 b	2,90 b	79,16 c
BRS-3150	10,76 d	0,71 a	2,55 b	80,57 a
Bozeme Amarelo	10,71 d	0,415 d	2,55 b	80,96 a
BRS-2114	11,98 b	0,425 d	3,30 a	78,98 c
BRS-3101	10,23 e	0,40 e	2,90 b	81,11 a
BR-205	10,23 e	0,23 e	3,35 a	80,78 a
BRS-4150	12,33 b	0,655 b	3,45 a	78,21 d
BR-206	11,94 b	0,655 b	3,65 a	78,47 d
BRS-3060	11,94 b	0,535 c	3,65 a	78,47 d
BR-106	10,85 d	0,45 d	3,60 a	79,80 b
BR-3123	10,32 e	0,545 c	3,85 a	79,87 b
HS-TR-3	15,31 a	0,515 c	3,65 a	75,17 e
D-1000	11,28 c	0,55 c	3,45 a	79,36 c

*Médias seguidas de mesma letra não diferem ($P > 0,05$) pelo teste de Scott-Knott (1974).

4.5 Análises químicas dos *snacks*

4.5.1 Proteína

O resultado das análises do teor de proteína dos *snacks* das diferentes cultivares avaliadas nesta pesquisa registrou diferenças significativas, conforme mostrou a análise estatística (Tabela 7). O híbrido triplo HT-7105-3 e o híbrido duplo BRS-2114 registraram maiores valores no teor de proteína, o que é indesejável para fins de produção de *snacks*, isto porque, em geral, quanto maior o teor de proteína, menor será o teor de amido, e a fração zeína interfere negativamente na extrusão Zhang & Hosney (1998). O híbrido triplo HT-971011, a cultivar D-1000 e o híbrido duplo BR-205 apresentaram menores valores de proteína e, conseqüentemente, maior valor de carboidratos. Para utilização da indústria de *snacks* é melhor teor de proteína mais baixo para garantir maior expansão do *snack* Fletcher et al. (1985).

4.5.2 Cinzas

Também as análises do teor de cinzas mostraram que as cultivares utilizadas neste trabalho se distinguem com diferenças significativas $P < 0,05$), conforme ilustra a Tabela 7. O híbrido duplo BRS-2114 e o híbrido triplo BR-3123 apresentaram maiores valores nos teores de cinza. Para a indústria de *snacks*, altos teores de cinzas são indesejáveis pois, comprometem a expansibilidade do produto final. As cultivares BRS-4150 e HD-951128 registraram menores valores de cinzas. Os dados obtidos concordam com os resultados encontrados por Mestres et al. (1991) os quais avaliaram diversas cultivares de milho e verificaram que altos teores de cinzas comprometem o cozimento e a extrusão dos derivados de milho.

4.5.3 Extrato etéreo

Os valores de extrato etéreo dos *snacks* das diferentes cultivares registraram grande variação e com diferenças significativas, conforme mostraram as análises estatísticas ($P < 0,05$) na Tabela 7. Os *snacks* do HD-951128 tiveram maiores valores de extrato etéreo. As cultivares Bozeme Amarelo, BR-205, BRS-4150, BR-206, BRS-3060, BR-106, BR-3123, HS-TR-3 e D-1000 tiveram os menores valores de extrato etéreo.

4.5.4 Carboidratos

O teor de carboidratos dos *snacks* das cultivares utilizadas neste trabalho não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$), conforme determinaram os resultados da análise estatística (Tabela 7).

TABELA 7 Valores médios (%) de teor de proteína, cinzas, extrato etéreo e carboidratos de *snacks* de milho.

CULTIVARES	Proteína*	Cinzas*	Extrato etéreo*	Carboidratos*
HD-951128	11,46 c	0,05 h	1,75 a	77,78 a
HT-971011	10,53 d	0,75 b	1,50 b	78,06 a
BRS-3133	11,54 c	0,77 b	1,60 b	77,16 a
HT-7105-3	12,94 a	0,41 d	1,55 b	77,03 a
BRS-3150	11,28 c	0,38 d	1,55 b	79,25 a
Bozeme Amarelo	12,25 b	0,53 c	1,30 c	77,96 a
BRS-2114	12,95 a	0,95 a	1,45 b	78,09 a
BRS-3101	11,46 c	0,26 f	1,45 b	78,25 a
BR-205	10,18 d	0,32 e	1,35 c	79,63 a
BRS-4150	12,07 b	0,17 g	1,25 c	79,69 a
BR-206	11,35 c	0,55 c	1,35 c	79,55 a
BRS-3060	11,02 c	0,71 b	1,25 c	80,45 a
BR-106	11,37 c	0,42 d	1,25 c	77,92 a
BR-3123	11,19 c	0,96 a	1,35 c	78,57 a
HS-TR-3	12,25 b	0,51 c	1,35 c	77,40 a
D-1000	10,08 d	0,52 c	1,30 c	80,56 a

*Médias seguidas de mesma letra não diferem ($P > 0,05$) pelo teste de Scott-Knott (1974).

4.6 Índice de expansão

O índice de expansão é a relação entre o diâmetro do *snack* e o diâmetro da matriz. Ocorreram diferenças significativas ($P < 0,05$) nos valores de índice de expansão entre as cultivares avaliadas (Tabela 8)

As cultivares BRS-3133, HT-971011, HD-951128, HT-7105-3, HS-TR-3, BRS-3060, BRS-4150, BRS-3150, BR-206, Bozeme Amarelo, BR-205 e BRS-3101 apresentaram maiores índices de expansão. Para a indústria produtora de *snacks* estas cultivares mostram-se adequadas.

Verifica-se que as cultivares com alto índice de expansão possuem grande variação no tipo de grão. O índice de expansão controla as propriedades funcionais, sensoriais e texturais de *snacks*. Estes resultados concordam, em parte, com a pesquisa realizada por Gujral et al. (2001) em extrusão realizada com *grits* de milho duro e milho doce. Neste caso o milho doce apresentou melhores índices de expansão. Os dados obtidos concordam com o resultados encontrados por De Muelenaere & Buzzard (1969) com *snacks* de milho degerminado semidentado e farelo de milho de grão integral. Estes autores registraram que o *grits* de milho degerminado apresentou expansão muito maior do que o farelo de milho integral.

TABELA 8 Valores médios de índice de expansão de cultivares de milho.

CULTIVARES	VALORES MÉDIOS *
BRS-3133	6,18 a
HT-971011	5,86 a
HD-951128	5,82 a
HT-7105-3	5,75 a
HS-TR-3	5,63 a
BRS-3060	5,63 a
BRS-4150	5,46 a
BRS-3150	5,42 a
BR-206	5,38 a
Bozeme Amarelo	5,31 a
BR-205	5,13 a
BRS-3101	5,12 a
BRS-2114	4,78 b
BR-3123	4,71 b
BR-106	3,92 c
D-1000	3,51 c

*Médias seguidas de mesma letra não diferem ($P>0,05$) pelo teste de Scott-Knott (1974).

A cultivar BR-106, apesar do alto rendimento em *grits* e a cultivar D-1000 registraram o menor índice de expansão, inviabilizando seu uso para fins de produção de *snacks*. As demais cultivares apresentaram valores de índice de expansão iguais, segundo a avaliação estatística. Este resultados estão de acordo com pesquisas realizadas com diferentes cultivares de milho que apresentaram grande variabilidade nos valores de índice de expansão Chinnaswamy & Hanna (1988). Porém, os resultados discordam dos dados obtidos em pesquisa realizadas por Chiang & Johnson (1977), em que em produtos extrudados com maiores índices de expansão a dextrinização do amido é completa.

4.7 Índice de solubilidade em água (ISA)

Este índice avalia a severidade do tratamento térmico por meio da solubilização do material extrusado em água. Quanto mais severo o tratamento

térmico, maior será o índice de solubilidade em água. Este índice auxilia na avaliação da degradação e dextrinização do amido pelo processo térmico. Neste experimento, constataram-se diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as cultivares avaliadas (Tabela 9).

A cultivar BR-106 apresentou maior valor de índice de solubilidade em água (ISA), indicando um alto grau de dextrinização do amido desta cultivar tornando-a indicada para as indústrias de produção de amido solúvel. Porém, ela não é apta para a indústria de *snacks*, devido ao seu baixo índice de expansão. O híbrido duplo HD-951128 apresentou menor índice de solubilidade em água. Esse resultado indica que não houve dextrinização completa do amido deste híbrido e, portanto, ele não é adequado à produção de amido solúvel, no entanto, este híbrido registrou um bom índice de expansão, propiciando a sua utilização na indústria de *snacks*. Houve uma grande variação nos valores de ISA entre as cultivares, resultados que concordam com Anderson et al. (1969), em trabalho realizado com *snacks* provenientes de híbridos simples de milho dentado.

TABELA 9 Valores médios de índice de solubilidade em água (ISA) de *snacks* de milho.

CULTIVARES	ISA *
BR-106	29,69 a
HS-TR-3	25,46 b
BRS-3101	22,41 c
Bozeme Amarelo	22,24 c
BRS-3060	21,26 c
BRS-4150	18,50 d
HT-7105-3	17,82 d
BR-3123	16,50 d
BR-205	16,34 d
BRS-2114	14,38 e
BRS-3150	13,58 e
BRS-3133	13,29 e
D-1000	10,96 f
HT-971011	10,52 f
BR-206	10,38 f
HD-951128	6,85 f

*Médias seguidas de mesma letra não diferem ($P > 0,05$) pelo teste de Scott-Knott (1974).

4.8 Índice de absorção de água (IAA)

O índice de absorção de água quantifica a água absorvida pelos grânulos de amido. Sua importância relaciona-se com o grau de desestruturação e dextrinização dos grânulos de amido do *snack*. Foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) nos valores de IAA das cultivares avaliadas neste trabalho (Tabela 10).

Os híbridos HD-951128 e HT-971011 apresentaram o maior índice de absorção de água. Isto indica que os grânulos de amido não foram totalmente destruídos pelo tratamento térmico, inviabilizando-os para a indústria de amido solúvel. No entanto, estes híbridos estão apto a serem utilizados pela indústria de *snacks*, devido ao seu alto índice de expansão. O resultado deste híbrido para o IAA foi inversamente proporcional ao resultado do ISA.

TABELA 10 Valores médios de índice de absorção de água (IAA) de *snacks* de milho.

CULTIVARES	IAA *
HD-951128	9,87 a
HT-971011	9,31 a
BRS-3150	8,96 b
BRS-2114	8,58 c
Bozeme Amarelo	7,75 d
BRS-3060	7,73 d
HT-7105-3	7,69 d
BRS-4150	7,56 d
BR-106	7,47 d
BRS-3133	7,32 e
HS-TR-3	7,23 e
BRS-3101	7,19 e
BR-3123	6,95 f
BR-206	6,56 f
D-1000	6,32 f
BR-205	6,19 f

*Médias seguidas de mesma letra não diferem ($P > 0,05$) pelo teste de Scott-Knott (1974).

A cultivar BR-205 apresentou o menor IAA. Isso mostra que os grânulos de amido desta cultivar foram afetados pelo tratamento térmico, viabilizando-a para o uso na indústria de amido solúvel. Estes resultados concordam com os dados obtidos por Anderson et al. (1969) cujos trabalhos realizados com *snacks* obtidos de grits de híbrido simples apresentaram menores valores de IAA do que expandidos obtidos de *grits* de híbridos triplo.

4.9 Viscosidade

A viscosidade auxilia na determinação do grau de cozimento, gelatinização e dextrinização de um produto amiláceo. É uma informação importante, porque avalia o comportamento e a degradação do amido em solução ao longo de um processamento térmico.

Diferenças significativas ($P < 0,05$) nos valores de RVU dos expandidos

foram constatadas nas cultivares utilizadas neste trabalho (Figuras 3, 4, e 5).

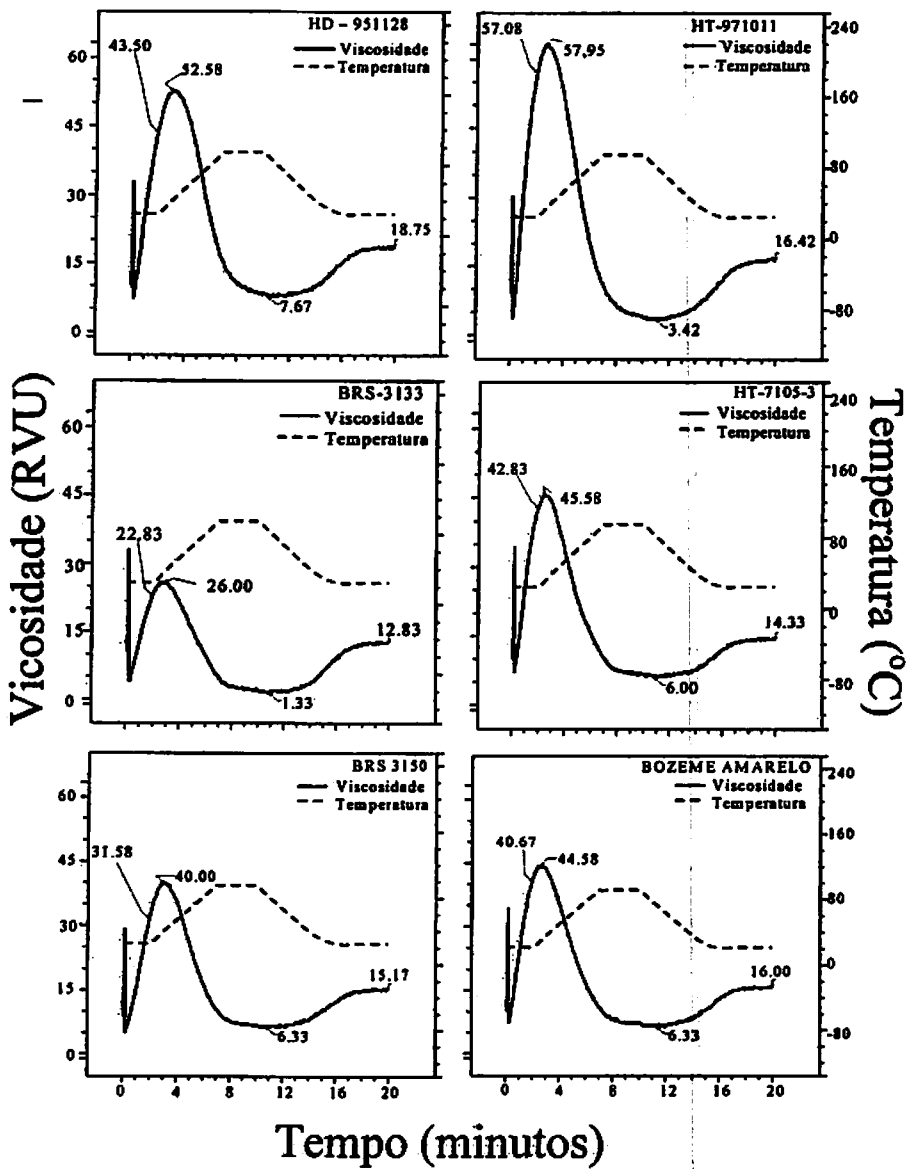


FIGURA 3 Viscosidade (RVU) de *snacks* de milho HD-951128, HT-971011, BRS-3133, HT-7105-3, BRS-3150 e Bozeme Amarelo.

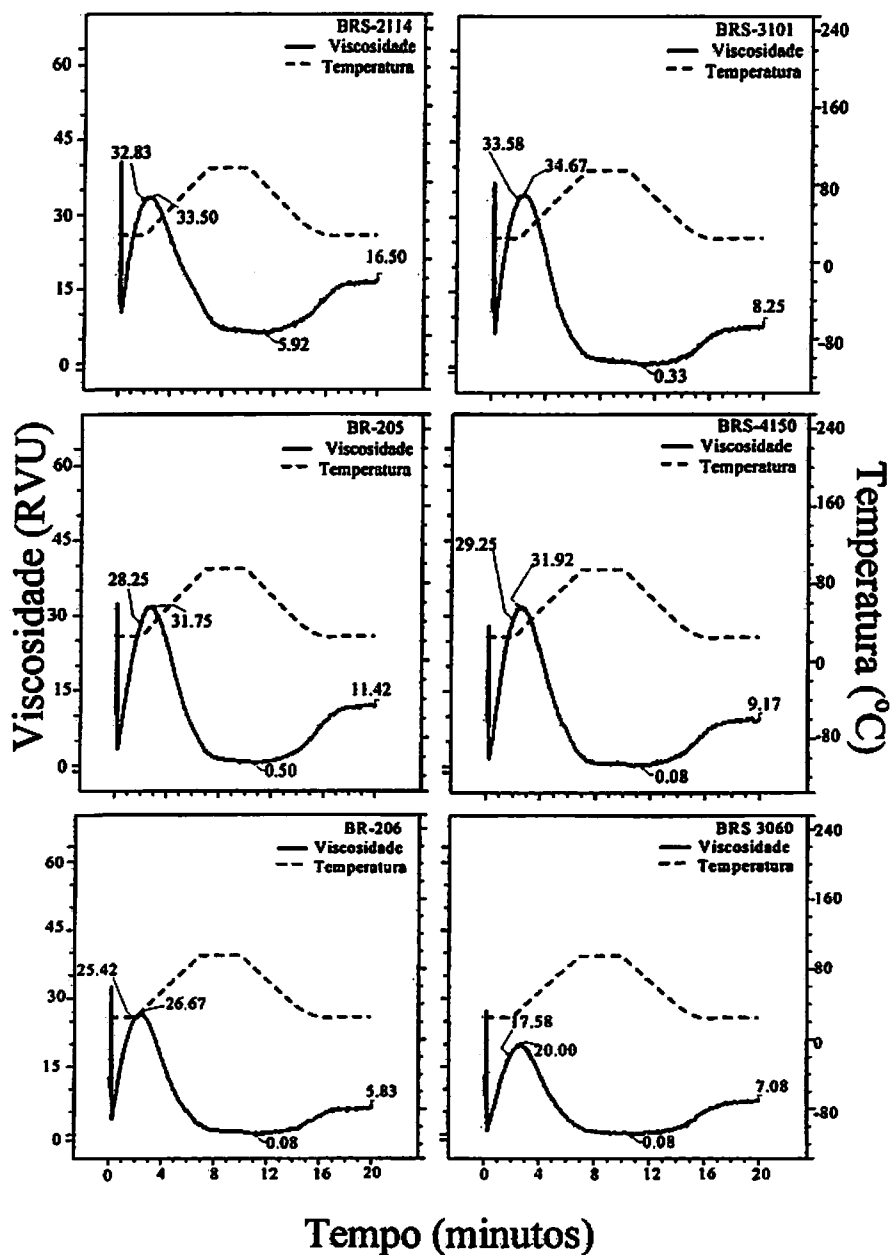


FIGURA 4 Viscosidade (RVU) de *snacks* de milho obtido das cultivares BRS-2114, BRS-3101, BR-205, BRS-4150, BR-206 e BRS-3060.

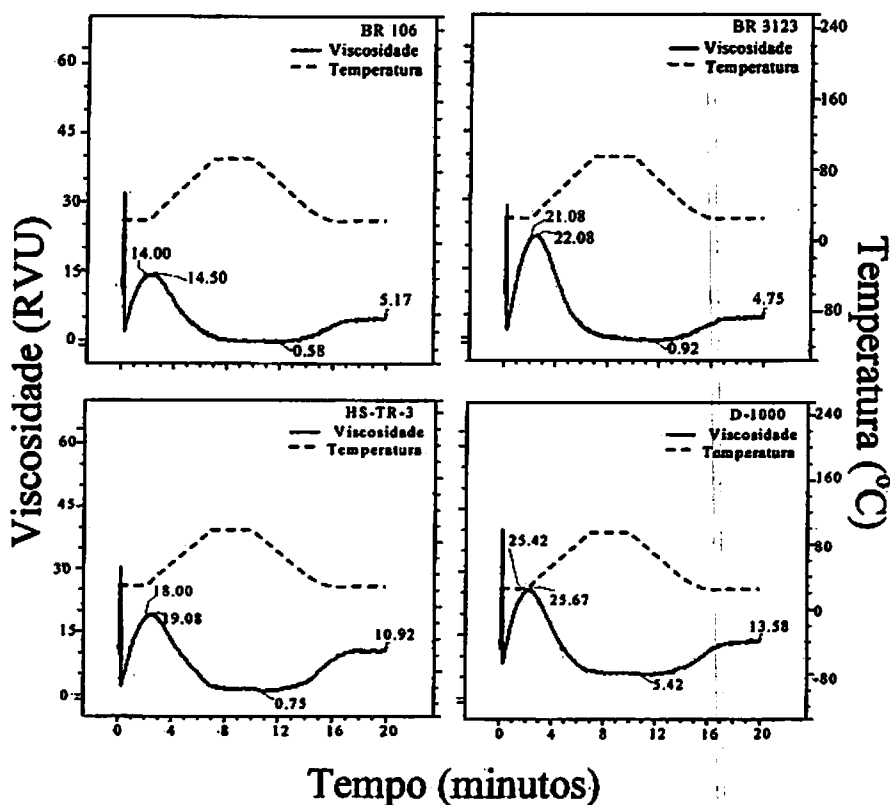


FIGURA 5 Viscosidade (RVU) de *snacks* de milho BR-106, BR-3123, HS-TR-3, D-1000.

Na temperatura de 30°C, os *snacks* do híbrido triplo HT-971011 e do híbrido duplo HD-951128 apresentaram maiores valores de viscosidade, ou seja, 63,33 e 52,38 RVU, respectivamente. Isto indica que não houve completa dextrinização do amido destes híbridos, inviabilizando-os para a produção de amido solúvel. Entretanto, os *snacks* destes híbridos apresentaram um bom índice de expansão, tornando apropriado o uso destas cultivares na produção de *snacks*.

Os expandidos das cultivares BR-106 e HS-TR-3 apresentaram os

menores valores de viscosidade, ou seja 14,50 e 19,08 RVU, respectivamente. Este resultado indica um alto grau de dextrinização do amido, propiciando o uso destas cultivares para fins de fabricação de amido solúvel.

Para os híbridos triplos HT-7105-3 e BRS-3150 e a cultivar Bozeme Amarelo, os valores de viscosidade máxima foram respectivamente 45,58; 44,58 e 40,00 RVU. Nestas cultivares o amido não foi completamente dextrinizado.

Para as cultivares BRS-3101, BRS-2114, BRS-4150 e BR-205, os valores de viscosidade máxima a 30°C foram 34,67; 33,50; 31,92 e 31,75, respectivamente. Os valores de viscosidade máxima das cultivares BR-3123, BRS-3060 e BRS-3133 foram 22,08; 20,00 e 26,00 RVU. A viscosidade em RVU a 30°C das cultivares BR-206 e D-1000 foram, respectivamente, 26,67 e 25,67.

Na temperatura de 80°C, as cultivares HD-951128, Bozeme Amarelo, BRS-3150 e HT-7105-3 apresentaram os seguintes valores de viscosidade: 7,67; 6,33; 6,33; 6,00, respectivamente. Isto mostra que a extrusão termoplástica não promoveu a completa dextrinização do amido. As demais cultivares apresentaram valores de viscosidade muito próximo de zero, indicando um alto grau de dextrinização.

No final do processo, quando ocorreu o resfriamento, os expandidos das cultivares HD-951128, HT-971011, Bozeme Amarelo e BRS-2114 apresentaram maiores valores de viscosidade final iguais a 18,75; 16,42; 16,00 e 16,50, respectivamente. O amido solúvel destas cultivares é o mais indicado como agente espessante em bebidas.

A viscosidade final dos expandidos das cultivares HT-7105-3, BRS-3133, D-1000, BR-205 e HS-TR-3 foi, respectivamente, de 14,33; 12,83; 13,58; 11,42 e 10,98. O amido destas cultivares pode ser utilizado como agente espessante, porém, não apresentará o mesmo comportamento das cultivares HD-951128, Bozeme Amarelo, BRS-2114 e HT-971011. Os *snacks* das cultivares

BRS-4150, BRS-3101, BRS-3060, BR-206, BR-106 e BR-3123 apresentaram a seguinte viscosidade final: 9,17; 8,25; 7,08; 5,83; 5,17 e 4,75. O amido destas cultivares está altamente dextrinizado e apresenta baixo potencial como agente espessante.

O comportamento de aumentar a viscosidade do *snack* ao final do processo é esperado devido ao resfriamento do meio facilitando a formação de uma rede (gel), por meio de um rearranjo da amilose e amilopectina ainda existente após o processo de extrusão.

Os expandidos das diferentes cultivares avaliadas apresentaram valores de viscosidade inicial iguais ($P > 0,05$), como ilustrado na Tabela 8.

Os valores de viscosidade inicial foram determinados pelo *rapid visco analyser* no tempo de 4 segundos e rotação do aparelho a 960 rpm e temperatura de 25°C.

TABELA 8 Valores médios de viscosidade inicial de *snacks* milho.

CULTIVARES	Viscosidade inicial (RVU) *
D-1000	12,08 a
BRS-3101	11,37 a
BRS-2114	10,96 a
BR-106	10,37 a
BR-205	10,29 a
Bozeme Amarelo	10,20 a
BRS-3133	10,04 a
BRS-4150	9,83 a
HD-951128	9,79 a
BR-206	9,75 a
BRS-3060	9,54 a
HS-TR-3	9,54 a
HT-7105-3	9,50 a
HT-971011	9,08 a
BR-3123	8,83 a
BRS-3150	8,67 a

*Médias seguidas de mesma letra não diferem ($P > 0,05$) pelo teste de Scott-Knott (1974).

A viscosidade máxima dos *snacks* de milho das cultivares avaliadas ocorreu aproximadamente aos 3 minutos após o início da operação. Ocorreram diferenças significativas ($P < 0,05$) nos valores de viscosidade máxima de *snacks* de milho, como se pode verificar na Tabela 9.

TABELA 9 Valores médios de viscosidade máxima *snacks* de milho.

CULTIVARES	Viscosidade máxima (RVU) *
HT-971011	57,95 a
HD-951128	52,58 b
HT-7105-3	45,58 b
Bozeme Amarelo	44,58 b
BRS-3150	40,00 b
BRS-3101	34,67 b
BRS-2114	33,50 b
BRS-4150	31,92 b
BR-205	31,75 c
BR-206	26,67 c
BRS-3133	26,00 c
D-1000	25,67 c
BR-3123	21,08 c
BRS-3060	20,00 c
HS-TR-3	19,08 c
BR-106	14,50 c

*Médias seguidas de mesma letra não diferem ($P > 0,05$) pelo teste de Scott-Knott (1974).

Os *snacks* de milho do híbrido triplo HT-971011 registraram maior valor de viscosidade máxima. Isto mostra que a extrusão termoplástica sobre esta cultivar não promoveu a completa dissolução do amido.

Os *snacks* das cultivares BR-106, HS-TR-3, BRS-3060, BR-3123, D-1000, BRS-3123, BR-206 e BR-205 apresentaram menores valores de viscosidade máxima, indicando um alto grau de solubilização e dextrinização do

amido destes expandidos. A viscosidade mínima foi registrada para todas as cultivares quando a temperatura do aparelho registrava 95°C, no intervalo de 8 a 12 minutos do início da operação. Este parâmetro é importante, pois avalia a condição do amido na solução. Em amido não estrusado, a solução apresenta alta viscosidade. Neste experimento verifica-se que ocorre o contrário, as soluções de amido apresentam viscosidade baixa em razão da completa desestruturação dos grânulos de amido.

Os *snacks* de *grits* das cultivares avaliadas tiveram diferenças significativas ($P < 0,05$) nos valores de viscosidade mínima (Tabela 10).

TABELA 10 Valores médios de viscosidade mínima de *snacks* de milho.

CULTIVARES	Viscosidade mínima (RVU) *
HD-951128	7,67 a
BRS-3150	6,33 b
Bozeme Amarelo	6,33 b
HT-7105-3	6,00 c
BRS-2114	5,92 c
D-1000	5,42 d
HT-971011	3,42 d
BRS-3133	1,33 e
BR-3123	0,92 e
HS-TR-3	0,75 e
BR-106	0,58 e
BR-205	0,50 e
BRS-3101	0,33 e
BR-206	0,08 e
BRS-3060	0,08 e
BRS-4150	0,08 e

*Médias seguidas de mesma letra não diferem ($P > 0,05$) pelo teste de Scott-Knott (1974).

O expandido do híbrido duplo HD-951128 registrou o maior valor de

viscosidade mínima. Isto indica que o amido desta cultivar não foi completamente desestruturado pela extrusão termoplástica. Nos *snacks* de *grits* das cultivares BR-106, BR-3123, BR-205, BR-206, HS-TR-3, BRS-3060, BRS-4150, BRS-3101 e BRS-3133 registraram-se os menores valores de viscosidade mínima, indicando um alto grau de solubilização do amido.

A viscosidade final foi registrada pelo *rapid visco analyser* 20 minutos após o início de operação do aparelho com temperatura de 25°C. Houve grande variabilidade ($P < 0,05$) da viscosidade final dos expandidos de *grits* de diferentes cultivares de milho (Tabela 11).

TABELA 11 Valores médios de viscosidade final de *snacks* de milho.

CULTIVARES	Viscosidade final (RVU) *
HD-951128	18,75 a
BRS-2114	16,50 a
HT-971011	16,42 a
Bozeme Amarelo	16,00 a
BRS-3150	15,17 a
HT-7105-3	14,33 a
D-1000	13,58 a
BRS-3133	12,83 a
BR-205	11,42 b
HS-TR-3	10,92 b
BRS-4150	9,17 b
BRS-3101	8,25 b
BRS-3060	7,08 c
BR-206	5,83 c
BR-106	5,17 c
BR-3123	4,75 c

*Médias seguidas de mesma letra não diferem ($P > 0,05$) pelo teste de Scott-Knott (1974).

Os *snacks* de *grits* da cultivares HT-971011, HD-951128, BRS-2114,

Bozeme Amarelo, BRS-3150, HT-7105-3, D-1000 e BRS-3133 tiveram maiores valores de viscosidade final, formando uma estrutura em gel melhor definida, se comparados com as demais cultivares. A viscosidade final dos *snacks* das cultivares BRS-3060, BR-206, BR-106 e BR-3123 foram menores, ficando o amido destas cultivares com alto grau de dextrinização.

4.10 Micotoxinas

As análises de micotoxinas nos grãos, *grits* e *snacks*, realizadas seguindo metodologia padrão (MA, Portaria nº49, 1999,) não detectaram micotoxinas, tornando-se evidente a possibilidade de se ter matéria-prima de qualidade para a indústria de alimentos.

5 CONCLUSÕES

- **Endosperma:** quanto ao rendimento de endosperma as cultivares BR-106, BRS-2114, BR-3123, Bozeme Amarelo, BRS-3101, BR-206, HD-951128, BRS-4150 e BR-205 se destacaram positivamente.

- **Rendimento de *grits*:** Os híbridos triplo BR-3123, BRS-3101 e a cultivar BR-106 foram os mais produtivos na peneira 20 mesh, portanto, os mais recomendados para a produção de *grits*. As cultivares BRS-2114, BR-205, BR-206, Bozeme Amarelo, BRS-3133, BRS-3060, BRS-4150, D-1000, HS-TR-3, HT-971011 apresentaram rendimento de *grits* intermediário. O híbrido duplo HD-951128 foi o menos produtivo.

- **Índice de expansão:** as cultivares BRS-3133, HT-971011, HD-951128, HT-7105-3, HS-TR-3, BRS-3060, BRS-4150, BRS-3150, BR-206, Bozeme Amarelo, BR-205 e BRS-3101 apresentaram os mais altos índices de expansão. As cultivares D-1000 e BR-106 apresentaram os menores índices de expansão.

- **Índices de solubilidade e absorção de água e a viscosidade inicial e máxima e final:** estes parâmetros são importantes na produção de amido solúvel. A cultivar BR-106 é, portanto, a mais indicada na obtenção de amido solúvel, devido ao elevado grau de dextrinização do amido. As cultivares HT-971011, Bozeme Amarelo e BRS-2114 podem ser utilizadas como agentes espessantes em bebidas, pois possuem a qualidade de ter altos valores de viscosidade, de modo geral.

Proteínas e Carboidratos : Os grãos da cultivar BR-3123 tiveram teor baixo de proteína, porém, alto teor de carboidratos. Os *grits* e *snacks* das cultivares HT-971011, BRS-3123, BRS-3101 e BR-205 tiveram baixos teores de proteínas e altos teores de carboidratos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, R.A.; CONWAY; H.F., PFEWER, V.F.; GRIFFIN, L. Jr. Gelatinization of Corn Grits by Roll- and Extrusion-Cooking. *Cereal Science Today*, Minneapolis, v.14, n.1, p. 4-11, 1969.

ALEXANDER, R.J. Industrial Uses of Dry-Milled Corn Products. In: *Industrial Uses of Cereals*. St Paul: AACC, 1973. p 305-315.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. St Paul, Minnesota: 1983. v.1.(AACC Methods: 44-ISA, 46-13, 30- 25, 08-01).

ASCHERI, J L.R. Efeito das Variáveis de Extrusão nas Características Físicas e Químicas de Produtos Intermediários (Half-Products). 1994.128 p Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, SP.

ASCHERI, J.L.R.; WANDERLEI, C. Caracterización Físico-Química de "Snacks" de Grits de Maiz producidos por Extrusión Termoplástica. *Alimentaria*, Madrid, v.273, n.1, p.87-91, jan.1996.

BREKKE, O. L. Corn Dry-Milling: A Comparison of Several Procedures For Tempering Low-Moisture Corn. *Cereal Chemistry* St Paul Minnesota, USA. v.43 n.3, p.303-312, May/June 1966.

BREKKE, O. L. Corn Dry-Milling: Pretempering Low-Moisture Corn. *Cereal Chemistry* St Paul Minnesota, USA, v.44 n.5, p.521-531, Sept/Oct. 1967.

BREKKE, O. L.; GRIFFIN. Jr. E.L.; BROOKS, P. Dry-Milling of Opaque-2 (High Lysine) Corn. *Cereal Chemistry* St Paul Minnesota, USA, v.48, n.5, p.499-511, Sept/Oct. 1971.

CHIANG, B. Y.; JOHNSON, J. A. Gelatinization of Starch in Extruded Products. *Cereal Chemistry*, St Paul Minnesota, USA.v.54, n.3, p.436-443, May/June 1977.

CHINNASWAMY, R.; HANNA, M. A. Optimum Extrusion-Cooking Conditions for Maximum Expansion of Corn Starch. *Journal of Food Science*, Chicago, v.53, n.3, p.834-836, May/June 1988a.

CHINNASWAMY, R.; HANNA, M. A. Relationship between Amylose Content and Extrusion-Expansion Properties of Corn Starches. *Cereal Chemistry*, St Paul Minnesota, USA.v.65, n.2, p.138-143, Mar/Apr. 1988b.

COLONNA, P.; DOUBLIER J.L.; MELCION, J.P. et al. Extrusion Cooking and Drum Drying of Wheat Starch. 1. Physical and Macromolecular Modifications. *Cereal Chemistry*, St Paul Minnesota, USA.v.61, n.6, p.538-543, Nov./Dec. 1984.

DEL ROSARIO, R.R.; PONTIVEROS, C.R. Retrogradation of Some Starch Mixtures. *Starch*, Weinheim, v.35, n.3, p.86-92, Mar.1983.

DE MUELENARE, H. J. H.; BUZZARD, J.L. Cooker in Service of World Feeding. *Food Technology*, Chicago, v.23. p.345-351. Aug. 1969.

EL-DASH, A.A.; GONZALES, R.; CIOL, M. Response Surface Methodology in the Control of Thermoplastic Extrusion of Starch. *Journal of Food Engineering*, Essex, v.16, n.2, p.51-74, 1983.

FAUBION, J.M.; HOSENEY, R.C. High-Temperature Short-Time Extrusion Cooking of Wheat Starch and Flour. 1. Effect of Moisture and Flour Type on Extrudate Properties. *Cereal Chemistry*, St Paul Minnesota, USA.v.59, n.6, p.529-533, Nov/Dec. 1982.

FAUBION, J.M.; HOSENEY, R.C.; SEIB, P.A. Functionality of Grain Components in Extrusion. *Cereal Food World*, St Paul Minnesota, USA.v.27, n.5, p.212-216, May 1982.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA. 2000, São Carlos, SP. *Anais...*, UFSCar Julho de 2000. p.255-258.

FLETCHER, S. I.; RICHMOND, P.; SMITH, A. C. An Experimental Study of Twin Screw Extrusion-Cooking of Maize Grits. *Journal of Food Engineering*., Essex, v4. P.291-312, 1985.

GOMEZ, M.H.; AGUILERA, J.M. Changes in the Starch Fraction during Extrusion-Cooking of Corn. *Journal of Food Science*, Chicago, v.48, p.378-381, Mar./Apr.1983.

GOMEZ, M.H., AGUILERA, J.M. A Physicochemical Model for Extrusion of Corn Starch. *Journal of Food Science*, Chicago, v.49, n.1, p.40-43, Jan/Feb.1984.

GOMEZ, M.H.; WAMSKA, R.D.; ROONEY, L.W.; LUSAS, E.W. Extrusion-Cooking of Sorghum containing different amounts of Amylose. *Journal of Food Science*, Chicago, v.53, n.6, p.1818-1822, Nov./Dec.1988.

GONZALEZ, R.J.; TORRES, R.L.; GREEF, L.M. de; GORDO, N.A. Evaluacion de Almidon de Maiz Precocido per Extrusion-coccion. *Revista de Agroquímica. y Tecnologia. de Alimentos.*, Valência, v.24, n.4, p.552-564, Dec.1986.

GUJRAL, H. S.; SINGH, N.; SINGH, B. Extrusion Behaviour of Grits from Flint and Sweet Corn. *Food Chemistry*, Oxford, v.74, n.3, p.303-308, Aug. 2001.

HARPER, J.M. Extrusion Processing of Food. *Food Technology*, Chicago, v.32, n.7, p.67-72, July 1978.

HAUCK, B.W. Marketing Opportunities for Extrusion Cooked Products. *Cereal Foods World*, St. Paul, MN, v.29, n.9, p.594-595, Sept.1980.

HAUCK, B.W.; HUBER, R. Single Screw vs. Twin Screw Extrusion. *Cereal Foods. World*, St. Paul, MN, v.34, n.11, p.930-939, Nov.1989.

HELSSETNE, C. W. Introduction, definition, and hstory of mycotoxins of importance to animal production. In: SYMPOSIUM INTERACTIONS OF MYCOTOXINS IN ANIMAL PRODUCTION: 1979, Washington, DC. *Proceedings... NAS*, 1979, p.3-18.

HSIEH, F.; PENG, I.C.; HUFF, H.E. Effects of Salt, Sugar and Screw Speed on Processing and Product Variables of Corn Meal Extruded with a Twin-Screw Extruder. *Journal of Food Science*, Chicago, v.55, n.1, p.224-227, Jan./Feb.1990.

JACKSON, D.S., GOMEZ, M.H., WAMSKA, RD., ROONEY, L.W. Effects of Single-Screw Extrusion Cooking on Starch as measured by Aqueous High-Performance Size-Exclusion Chromatography. *Cereal Chemistry*, St Paul Minnesota, USA, v.67, n.6, p.529-532,. Nov./Dec. 1990.

LABORATÓRIO DE MICOTOXINAS. Laudo de Análise. Metodologia para determinação de aflatoxinas B₁, B₂, G₁ e G₂ em ingredientes de ração por cromatografia de camada fina. Brasília: Ministério de Agricultura e do Abastecimento, 2001. Portaria n.49 de 3 de setembro de 1999. Diário Oficial da União, Brasília, n.177, 15 de setembro de 1999. Seção 1, p.31.

LIKIMANI, TA.; ALVAREZ-MARTINEZ, L.; SOFOS, J.N. The Effect of Feed Moisture and Shear Strain on Destruction of Bacillus Spores during Extrusion Cooking. **Food Microbiology**, London, v.7, n.1, p.3-11, Jan./Mar. 1990.

LINKO, P.; COLONNA, P.; MERCWR, C. High-Temperature, Short-Time Extrusion Cooking, In: Pomeranz, Y.(Ed.) **Advances in Cereal Science and Technology**. St. Paul, Minnesota: AACC, 1981. v.4, p.145-235.

LUE, S.; HSIEH, F.; HUFF, H E. Extrusion Cooking of Corn Meal and Sugar Beet Fiber: Effects on Expansion Properties, Starch Gelatinization, and Dieta Fiber Content.. **Cereal Chemistry**, St Paul Minnesota, USA, v.68, n.3, p.227-234, May/June 1991.

LUSAS, E.; RIAZ, M. An Introduction to Extruders and Extrusion Principles. **Extrusion. Communiqué**, Paris, v.1, p.9-34, 1994.

MATSON, K. What goes on in the Extruder Barrel. **Cereal Foods World**, St Paul Minnesota, USA, v.27, n.5, p.207-210, May, 1982.

MERCIER, C., FEILLET, P. Modification of Carbohydrate Components by Extrusion-Cooking of Cereal Products.. **Cereal Chemistry**, St Paul Minnesota, USA v.52, n.3, part 1., p.283-297, May/June 1975.

MESTRES, C.; LOUIS-ALEXANDRE, A; MATENCIO,F. et al. Dry-Milling Properties of Maize. **Cereal Chemistry**, St Paul Minnesota, USA v.68, n.1, p.51-56, Jan./Feb.1991.

MILLER, R.C. Low Moisture Extrusion: Effects of Cooking Moisture on Product Characteristics. **Journal of Food Science**, Chicago, v.50, n.1, p.249-253, Jan./Feb.1985.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis. 14th ed. Arlington, Virginia: (AOAC), 1984. p.160.

ONWULATA, C.I.; MULVANEY, S.J.; HSIEH, F.; HEYMANN, H. Step Changes in Screw Speed affect Extrusion Temperature and Pressure and Extrudate Characteristics. **Journal of Food Science**, Chicago, v57, n.2, p.512-515, Mar./Apr. 1992.

ORFORD, P D.; PARKER, R.; RING, S.G. The Functional Properties of Extrusion-Cooked Waxy-Maize Starch. **Journal of Cereal Science**, London, v.18, p.277-286, Nov.1993.

OWUSU-ANSAH, J., VOORT, F.R. van de, STANLEY, D.W. Textural and Microstructural Changes in Corn Starch as a Function of Extrusion Variables. **Journal of Food Science Aliment.**, v.17, n.2, p.65-70,1984.

PEPLINSKI, A. J.; ANDERSON, R. A. ; ECKHOFF, S. R. A Dry-Milling Evaluation of Trickle Sulfur Dioxide Treated Corn.. **Cereal Chemistry**, St Paul Minnesota, USA v.61, n.4, July/Aug. 1984

ROKEY, G.J.; HUBER, G.R. **Corn Quality Assurance Manual**. St. Paul, Minnesota, 101p. 1992.

SCHULER, E.W. Twin-screw Extrusion Cooking Systems for Food Processing. **Cereal Foods World**, St. Paul Minnesota, USA v.31, n.6, p.413-416, June 1986.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n.3, p.507-512, sept. 1974.

SMITH, O.B. Wily Extrusion Cooking? **Cereal Food World**, St Paul Minnesota, USA, v.21, n.1, p.4-8, Jan. 1976.

SMITH, O.B. Technical Aspects of Extrusion. **Cereal Foods World**, St Paul Minnesota, USA, v.24, n.4, p.132-135, April 1979.

SUNDERLAND, R. Production of Third-Generation *Snacks*. **Cereal Food World**, , St Paul Minnesota, USA, v.41, n.1 p.12-14, Jan. 1996.

TIAN, S.J.; RICKARD, I.E.; BLANSUARD, J.M.V. Physicochemical Properties of Sweet Potato Starch. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.57, n.4, p.459-491, Dec. 1991.

WATANABE, E. Extrusão de Alimentos. In: **Avaliação de Qualidade de Cereais e Farinhas**. São Paulo: UNICAMP, 1985. 20 p.

WATSON, S. A.; RAMSTAD, P.E. Corn: Chemistry and Technology. 3^a ed. St Paul Minnesota, USA, AACC. 605p. 1994.

WU, Y. V. , BERGQUIST , R. R. Relation of Corn Grain Density to Yields of Dry-Milling Products. Cereal Chemistry, St Paul Minnesota, USA v.68, n.5: p.542-544, Sept/Oct. 1991.

YOUNG, J.C.; FULCHER, R. G. Mycotoxins in grains: Causes, consequences and cures. Cereal Foods World, St Paul Minnesota, USA v.29, n.11, p.725-728, Nov. 1984.

ZHANG, W.; HOSENEY, R. C. Factors affecting expansion of corn meals with poor and good expansion properties. Cereal Chemistry, St Paul Minnesota, USA v.75, n.5, p.639-643, Sept/Oct.1998.

ANEXO

	Página
TABELA 1A Análise de variância para degerminação de grãos de diferentes cultivares de milho.....	52
TABELA 2A Análise de variância para tamisação de endosperma de diferentes cultivares de milho.....	52
TABELA 3A Análise de variância para índice de expansão de <i>snacks</i> de diferentes cultivares de milho.....	52
TABELA 4A Análise de variância para índice de solubilidade de água (ISA) de <i>snacks</i> de milho e índice de absorção de água (IAA).....	52
TABELA 5A Análise de variância para viscosidade inicial (Vi), máxima (V _{máx}), mínima(V _{mín}) e final(Vf) de <i>snacks</i> de milho.....	52
TABELA 6A Análise de variância para teor de proteína, cinzas, extrato etéreo e carboidratos de grãos de milho.....	53
TABELA 7A Análise de variância para teor de proteína, cinzas, extrato etéreo e carboidratos de <i>grits</i> de milho.....	53
TABELA 8A Análise de variância para teor de proteína, cinzas, extrato etéreo e carboidratos de <i>snacks</i> de milho.....	53

TABELA 1A Análise de variância para degerminação de grãos de milho.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	DEGERMINAÇÃO
Cultivares	15	**
Resíduo	16	---
Total	31	---
CV(%)	---	1,84

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F (P<0,01).

TABELA 2A Análise de variância para tamisação de endosperma de milho.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	TAMISAÇÃO
Cultivares	15	**
Peneiras	4	**
Cultivares x Peneiras	60	**
Resíduo	80	---
Total	159	---
CV(%)	---	5,38

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F (P<0,01).

TABELA 3A Análise de variância para índice de expansão de *snacks* de milho.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	ÍNDICE DE EXPANSÃO
Cultivares	15	**
Resíduo	16	---
Total	31	---
CV(%)	---	10,00

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F (P<0,01).

TABELA 4A Análise de variância para índice de solubilidade de água (ISA) de *snacks* de milho e índice de absorção de água (IAA).

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	ISA	IAA
Cultivares	15	**	**
Resíduo	16	---	---
Total	31	---	---
CV(%)	---	4,65	2,18

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F (P<0,01).

TABELA 5A Análise de variância para viscosidade inicial (Vi), máxima (Vmáx), mínima (Vmín) e final (Vf) de *snacks* de milho.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	Vi	Vmáx	Vmín	Vf
Cultivares	15	*	**	**	**
Resíduo	16	---	---	---	---
Total	31	---	---	---	---
CV(%)	---	7,18	16,28	22,73	15,71

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F (P<0,01).

TABELA 6A Análise de variância para teor de proteína, cinzas, extrato etéreo e carboidratos de grãos de milho.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	PROT.	EXT.ET.	CINZAS	CARBOID.
Cultivares	15	**	**	**	**
Resíduo	16	---	---	---	---
Total	31	---	---	---	---
CV(%)	---	0,76	0,50	1,69	0,10

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F (P<0,01).

TABELA 7A Análise de variância para teor de proteína, cinzas, extrato etéreo e carboidratos de *grits* de milho.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	PROT.	EXT.ET.	CINZAS	CARBOID.
Cultivares	15	**	**	**	**
Resíduo	16	---	---	---	---
Total	31	---	---	---	---
CV(%)	---	0,86	0,85	1,90	0,21

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F (P<0,01).

TABELA 8A Análise de variância para teor de proteína, cinzas, extrato etéreo e carboidratos de *snacks* de milho.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	PROT.	EXT.ET.	CINZAS	CARBOID.
Cultivares	15	**	**	**	**
Resíduo	16	---	---	---	---
Total	31	---	---	---	---
CV(%)	---	0,70	0,57	1,59	0,15

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F (P<0,01).