

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS

Bárbara Thaisi Zago

**Efeito do tratamento térmico nas propriedades físico-químicas,
reológicas e térmicas no processamento de milho**

Passo Fundo

2018

Bárbara Thaisi Zago
(Médica Veterinária)

**Efeito do tratamento térmico nas propriedades físico-químicas,
reológicas e térmicas no processamento de milho**

Dissertação apresentada como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.
Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Gutkoski.
Coorientadora: Dra. Tatiana Oro.
Linha de pesquisa: qualidade e propriedades funcionais de alimentos.

Passo Fundo
2018

CIP – Catalogação na Publicação

Z18e Zago, Bárbara Thaisi
Efeito do tratamento térmico nas propriedades físico-químicas, reológicas e térmicas no processamento de milho / Bárbara Thaisi Zago. – 2018.
89 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Gutkoski.

Coorientadora: Profa. Dra. Tatiana Oro.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de Passo Fundo, 2018.

1. Milho - Doenças e pragas. 2. Milho - Propriedades térmicas. 3. Amido. I. Gutkoski, Luiz Carlos, orientador. II. Oro, Tatiana, coorientadora. III. Título.

CDU: 633.15

Catalogação: Bibliotecária Jucelei Rodrigues Domingues - CRB 10/1569

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**

A comissão examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de Mestrado

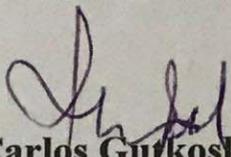
Efeito do tratamento térmico nas propriedades físico-químicas, reológicas e térmicas
no processamento de milho

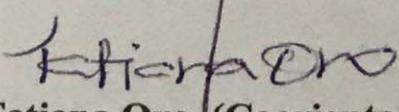
Elaborada por

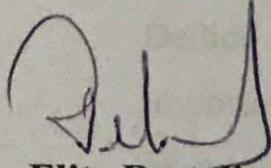
Bárbara Thaisi Zago

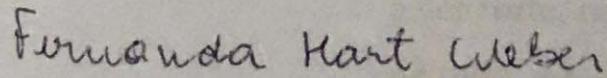
Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestra em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Comissão Examinadora


**Luiz Carlos Guzikoski, Dr., UPF
(Orientador/Presidente)**


Tatiana Oro, (Coorientadora) Dra., UPF


Telma Elita Bertolin, Dra., UPF


Fernanda Hart Weber, Dra., UERGS

**Passo Fundo, RS, Brasil
2018**

Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida, que têm um lugar imenso em meu coração, a mãe Tania e irmã Thaita. Obrigada por existirem e me ensinarem a ser forte, respeitar ao próximo, ter fé e acima de tudo, nunca desistir de lutar, acreditando nas realizações dos sonhos. Agradeço pelo amor, paciência e compreensão. Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

À Santa Bárbara, em quem deposito minha fé particular. Ilumina meus caminhos e distribui gratuitamente forças para superar cada obstáculo.

À minha mãe Tania, pessoa admirável, carinhosa e dedicada, por todo o amor, carinho e apoio. Fonte de inspiração para continuar estudando.

À minha irmã Thaita, por estar sempre ao meu lado, dando apoio em todos os momentos da minha vida.

Às minhas sobrinhas lindas, Maria Antônia e Maria Letícia, por trazerem à minha vida, uma imensa alegria, desde que nasceram, iluminam meu coração.

Ao meu orientador Gutkoski, um exemplo de competência, humildade e profissionalismo, obrigada pelo apoio e oportunidade profissional.

À minha coorientadora Tatiana Oro, pelos ensinamentos proporcionados, pela sua dedicação e incentivos.

Ao pessoal do Laboratório de Cereais, em especial a Tania Santetti, pelo auxílio nas análises, companheirismo, dedicação e ensinamentos proporcionados.

Às adoráveis Letícia, Vanessa e Gabriela, pelo companheirismo, disponibilidade e dedicação sempre que precisei para as análises do projeto.

A todos que de alguma forma passaram pela minha vida e de forma direta e indireta contribuíram para a construção de quem sou hoje.

"A cada vitória o reconhecimento devido ao meu Deus, pois só Ele é digno de toda honra, glória e louvor".

“Há homens que lutam um dia e são bons. Há outros que lutam um ano e são melhores. Há os que lutam muitos anos e são muito bons. Porém, há os que lutam toda a vida. Esses são os imprescindíveis” (Bertold Brecht).

RESUMO

O milho é produzido em todos os continentes do mundo e utilizado na produção de alimentos em diversas formas para o consumo direto pelo homem e de forma indireta pela ingestão de produtos de origem animal em que se utiliza como um dos ingredientes da ração. As características físicas dos grãos de milho podem variar dentro do lote, genótipo e local de cultivo. Os grãos também variam suas características devido à infestação por insetos, proliferação de fungos, integridade física, condições de armazenamento e de processamento. A temperatura de tratamento térmico pode elevar a porcentagem de grãos quebrados, perda de peso e susceptibilidade à defeitos, ocorrendo conseqüentemente, redução dos valores de energia metabolizável e alterações nas propriedades térmicas e de pasta de milho processado. Objetivou-se, com o trabalho estudar o efeito do tratamento térmico, realizado em diferentes temperaturas, nas propriedades físicas, químicas, reológicas e térmicas de grãos de milho degerminado. O trabalho foi realizado com o emprego de duas cultivares de milho, safra 2017, colhidos com elevado teor de umidade e submetidos ao tratamento térmico nas temperaturas de 45 °C, 90 °C e 180 °C até a umidade de armazenamento. Nas amostras de milho foi realizada a caracterização química, degerminação moagem e análises laboratoriais. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de significância e, nos modelos significativos, as médias comparadas pelo teste de Tukey a 95% de intervalo de confiança. Os resultados mostraram que a aplicação controlada de calor e umidade modifica as propriedades físicas, químicas, reológicas e térmicas do milho, promovendo alterações nas temperaturas de gelatinização do amido, dureza de gel, poder de inchamento e solubilidade. As temperaturas de tratamento térmico alteraram a morfologia do amido de milho, observada em microscopia eletrônica por varredura, evidenciando diferenças de dispersão e de tamanho de grânulos. Na patologia dos grãos, os efeitos da temperatura foram favoráveis, ocorrendo redução de fungos em grãos submetidos às temperaturas mais elevadas. Nas análises de propriedades térmicas do produto foi verificado efeitos adversos no perfil de textura devido as condições de temperatura de tratamento térmico. A temperatura de tratamento térmico que melhor preservou as características tecnológicas do milho foi 45 °C, avaliado através das análises de propriedades físico-químicas e de pasta de milho processado. Com a elevação da temperatura de tratamento térmico ocorreu perdas de qualidade tecnológica, sendo estas irreversíveis, e que exigem cuidados e controles nas condições empregadas para a redução do teor de umidade em grãos de milho.

Palavras-chave: *Zea mays*, patologia de grãos, amido, propriedades de pasta, textura.

ABSTRACT

Zea mays is produced in every continent of the world and used in food production in various forms for direct consumption by humans and indirectly by ingestion of animal products where it is used as one of the feed ingredients. The physical characteristics of the corn kernels may vary within the lot, genotype and culture site. The grains also vary its characteristics due to infestation by insects, fungi proliferation, physical integrity, storage and processing conditions. The thermal treatment temperature can increase the percentage of broken grains, weight loss and susceptibility to defects, resulting in a reduction in the values of metabolizable energy and changes in thermal properties and processed corn paste. The objective of this study was to study the effect of heat treatment, performed at different temperatures, on the physical, chemical, rheological and thermal properties of degerminated maize grains. The work was carried out using two cultivars of maize, harvested 2017, harvested with high moisture content and submitted to the thermal treatment at temperatures of 45 °C, 90 °C and 180 °C until storage humidity. There were performed in the maize samples, chemical characterization, germination, milling and laboratory analysis. The results were submitted to analysis of variance (ANOVA) at the 5% level of significance and, in the significant models, the means were compared by the Tukey test at 95% confidence interval. The results showed that the controlled application of heat and humidity modifies the physical, chemical, rheological and thermal properties of maize, promoting changes in the gelatinization temperatures of the starch, gel hardness, swelling power and solubility. The heat treatment temperatures altered the corn starch morphology, observed by scanning electron microscopy, showing differences in dispersion and size of granules. In grain pathology, the effects of temperature were favorable, reducing fungi in grains submitted to higher temperatures. In the analysis of thermal properties of the product was verified adverse effects on the texture profile due to the conditions of temperature of heat treatment. The heat treatment temperature that best preserved the technological characteristics of the corn was 45 °C, evaluated through the analysis of physical-chemical properties and processed corn paste. With the elevation of the heat treatment temperature, losses of technological quality were observed, which are irreversible and require care and controls in the conditions used to reduce the moisture content in corn grains.

Keywords: *Zea mays*, grain disease, starch paste properties, texture.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Umidade inicial e final de grãos de milho (M1 e M2) e temperatura da massa de grãos após o tratamento térmico.....	35
Tabela 2 – Classificação comercial dos grãos de milho (M1 e M2) colhidos com teor de umidade elevada.....	36
Tabela 3– Percentual de pureza física de grãos de milho (M1 e M2) colhidos com alto teor de umidade.....	37
Tabela 4 – Massa Mil Grãos expressados em gramas, conforme o teor de umidade que os grãos de milho foram colhidos.....	38
Tabela 5 – Peso do hectolitro expressados em gramas, conforme o teor de umidade que os grãos de milho foram colhidos.....	38
Tabela 6 - Patologia dos grãos de milho diferenciados em milho M1 e M2 conforme o teor de umidade que foram colhidos e suas diferentes temperaturas no tratamento térmico.....	39
Tabela 7 – Determinação de composição química do milho, diferenciados em milho M1 e milho M2, conforme teor de umidade que foram colhidos e suas diferentes temperaturas no tratamento térmico.....	43
Tabela 8 - Avaliação de cor diferenciados em milho M1 (22%) e milho M2 (25%) conforme a umidade que foram colhidos e suas diferentes temperaturas no tratamento térmico.....	49
Tabela 9 – Amilose, amilopectina e avaliação do amido danificado do milho, conforme o teor de umidade que foram colhidos e suas diferentes temperaturas no tratamento térmico.....	50
Tabela 10 - Valores de IAA e ISA, diferenciados conforme o teor de umidade que foram colhidos os grãos de milho e suas diferentes temperaturas no tratamento térmico.....	51
Tabela 11 - Propriedades de pasta dos amidos, conforme o teor de umidade que os grãos de milho foram colhidos e suas diferentes temperaturas no tratamento térmico.....	52
Tabela 12 - Perfil de textura do gel de amido dos grãos de milho submetidos a três diferentes temperaturas.....	55
Tabela 13 - Resultados de DSC dos grãos de milho (M1 e M2) submetidos a três diferentes temperaturas no tratamento térmico.....	57
Tabela 14 - Perfil de textura da pasta de milho processado - Dia 1.....	59
Tabela 15 - Perfil de textura da pasta de milho processado - Dia 2.....	59
Tabela 16 - Determinação a_w da pasta de milho processado.....	62
Tabela 18 – Umidade da pasta de milho processado.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Milho M1 - fungos em 45 °C	41
Figura 2 - Milho M2 - fungos em 45 °C	41
Figura 3 – Milho M1- fungos em 90 °C	41
Figura 4 - Milho M2 - fungos em 90 °C	41
Figura 5 -Milho M1 - fungos em 180 °C	41
Figura 6 -Milho M2 - fungos em 180 °C	41
Figura 7 - Micrografia obtida através de microscopia eletrônica de varredura em 5000x dos amidos em três diferentes temperaturas.....	46
Figura 8 -FTIR do milho M1 (22%) conforme diferentes temperaturas no tratamento térmico	47
Figura 9 – FTIR do milho M2 (25%) conforme diferentes temperaturas no tratamento térmico	47
Figura 10 – Dureza da pasta de milho processado (M1 e M2).....	60
Figura 11 – Adesividade da pasta de milho processado (M1 e M2)	60
Figura 12 – Coesividade da pasta de milho processado (M1 e M2).....	60
Figura 13 – Gomosidade da pasta de milho processado (M1 e M2).....	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparação da Sinérese dos grãos de milho (M1 e M2) conforme teor de umidade que foram colhidos e temperaturas de tratamento térmico.....	53
Gráfico 2 – Sinérese de grãos de milho submetidos ao tratamento térmico de 45°C.....	54
Gráfico 3- Sinérese de grãos de milho submetidos ao tratamento térmico de 90 °C	54
Gráfico 4- Sinérese de grãos de milho submetidos ao tratamento térmico de 180 °C	54
Gráfico 5 - DSC dos grãos de milho (M1) colhido com teor de umidade de 22%, submetidos a temperaturas de 45, 90 e 180 °C	57
Gráfico 6 – DSC dos grãos de milho (M2) colhido com teor de umidade de 25%, submetidos a temperaturas de 45, 90 e 180 °C	58

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1.1	MILHO.....	17
2.1.2	AMIDO DE MILHO	19
2.1.3	REDUÇÃO DE CONTAMINANTES	21
	2.1.3.1 Tratamento térmico	22
	2.1.3.2 Efeitos do tratamento térmico	24
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1.1	MATERIAL	26
3.1.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	26
3.1.3	PREPARO DE AMOSTRAS E ANÁLISES.....	26
	3.1.3.1 Classificação dos grãos de milho.....	27
	3.1.3.2 Tratamento térmico dos grãos de milho.....	27
	3.1.3.3 Limpeza dos grãos de milho	28
	3.1.3.4 Massa em Mil Grãos	28
	3.1.3.5 Peso do Hectolitro (PH).....	28
	3.1.3.6 Patologias dos grãos	28
	3.1.3.7 Degerminação	29
	3.1.3.8 Moagem	29
	3.1.3.9 Composição química	29
	3.1.3.10 Espectroscopia por Infravermelho (FTIR).....	30
	3.1.3.11 Cor.....	30
	3.1.3.12 Teor de Amilose	30
	3.1.3.13 Amido danificado.....	31
	3.1.3.14 Índices de absorção em água (IAA) e solubilidade em água (ISA)....	31
	3.1.3.15 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	31
	3.1.3.16 Propriedades de pasta	32
	3.1.3.17 Firmeza e retrogradação de gel	32
	3.1.3.18 Textura do gel de amido	32
	3.1.3.19 Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC)	33
	3.1.3.20 Elaboração da pasta de milho processado.....	33

3.1.3.20.1	<i>Perfil de textura da pasta de milho processado</i>	33
3.1.3.20.2	<i>Atividade de água da pasta de milho processado</i>	34
3.1.3.20.3	<i>Umidade da pasta de milho processado</i>	34
3.1.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1.1	CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA	35
4.1.1.1	<i>Tratamento térmico e Umidade</i>	35
4.1.1.2	<i>Teor de impurezas e classificação comercial</i>	36
4.1.1.3	<i>Massa Mil Grãos e Peso do Hectolitro</i>	38
4.1.1.4	<i>Quantificação fúngica</i>	39
4.1.2	PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	42
4.1.2.1	<i>Composição Química</i>	42
4.1.2.2	<i>Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)</i>	45
4.1.2.3	<i>Espectroscopia por Infravermelho (FTIR)</i>	47
4.1.2.4	<i>Cor</i>	48
4.1.2.5	<i>Amilose, amilopectina e amido danificado</i>	49
4.1.2.6	<i>Índices de absorção em água (IAA) e solubilidade em água (ISA)</i>	51
4.1.3	PROPRIEDADES REOLÓGICAS	51
4.1.3.1	<i>Propriedades de pasta</i>	52
4.1.3.2	<i>Firmeza e retrogradação do gel</i>	53
4.1.3.3	<i>Perfil de textura do gel de amido</i>	55
4.1.4	PROPRIEDADES TÉRMICAS	56
4.1.4.1	<i>DSC</i>	56
4.1.5	ANÁLISES DAS CARACTERÍSTICAS DA PASTA DE MILHO PROCESSADO	58
4.1.5.1	<i>Perfil de textura da pasta de milho processado</i>	58
4.1.5.2	<i>Determinação de atividade de água da pasta de milho processado</i>	61
4.1.5.3	<i>Umidade da pasta de milho processado</i>	62
5	CONCLUSÕES	64
6	REFERÊNCIAS	65
7	APÊNDICES	76

1 INTRODUÇÃO

O milho é um cereal que apresenta grande variabilidade de genótipos, e constitui-se como importante matéria-prima para a elaboração de produtos, possibilitando diversas formas de utilização na indústria de rações, indústria de alimentos e na elaboração de produtos à base de milho. A preocupação maior do mercado consumidor está na presença de contaminantes químicos e biológicos, devido ao desenvolvimento de fungos, fermentos, bactérias, ácaros e micotoxinas, que causam menor valoração econômica devido à redução da produtividade e da qualidade industrial dos grãos de milho.

Para evitar a presença de contaminantes biológicos, as boas práticas para a conservação de grãos de milho precisam ser aplicadas em todas as etapas da cadeia produtiva, entre estas operações estão a retirada de impurezas, uniformização da umidade da massa de grãos na secagem e o monitoramento da temperatura para a manutenção da qualidade, como peso específico, valor nutritivo, ausência de grãos quebrados e danificados por fungos ou insetos. A conservação dos grãos precisa atender a princípios de boas práticas nas operações de pós-colheita e beneficiamento, que compreendem a exclusão, inibição e remoção de microrganismos indesejáveis e materiais estranhos, para que não provoquem perdas de massa, diminuição do poder germinativo, redução do vigor, valor nutritivo e comercial.

Operações para a conservação de grãos, como a secagem, permitem o armazenamento dos grãos de milho por maior tempo, porque reduzem o teor de água, a atividade microbiana e as reações químicas, consequentemente reduzindo a proliferação indesejada de fungos e de micotoxinas, permitindo a conservação segura e a manutenção da qualidade tecnológica do milho. Esta operação tem sido realizada com grande amplitude de variação de temperatura. Sabe-se que o emprego de temperatura elevada pode afetar as características tecnológicas dos grãos, principalmente aquelas relativas ao amido. Malumba et al. (2009), demonstraram que altas temperaturas de secagem interferem na extração de amido de milho pelas alterações em propriedades físico-químicas como capacidade de inchamento dos grânulos de amido e solubilidade.

A faixa de temperatura segura para a secagem dos grãos, é considerada ideal na faixa de 40 °C na massa de grãos, para não sofrer muitas alterações químicas, contudo, explicam os autores Silva et al. (1995) que as temperaturas de secagem dependem da finalidade dos grãos, se for milho para semente a temperatura da massa não pode ultrapassar 44 °C, para utilização do amido 55 °C, e no uso de rações a massa pode chegar até 82 °C. Dessa forma, percebe-se a

necessidade de explorar os efeitos exercidos pelo calor nas propriedades tecnológicas do amido e na qualidade do produto final.

Assim, com este trabalho objetivou-se estudar o efeito do tratamento térmico sobre as propriedades tecnológicas de grãos de milho e na pasta elaborada com farinha de milho degerminado. Este trabalho está vinculado à linha de pesquisa qualidade e propriedades funcionais de alimentos, contemplando a avaliação e o controle de qualidade de alimentos, em continuidade aos trabalhos do grupo de grãos cereais e farinhas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 MILHO

O milho pertence à ordem Poales, família Poaceae, subfamília Panicoidae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L. (PONS & BRESOLIN, 1981). Com a evolução e em resposta ao ambiente, o milho passou a ser produzido em quase todos países, como Estados Unidos, China, Brasil, Argentina, Canadá, Itália, Alemanha, África do Sul e a sua importância econômica resulta das diversas formas de utilização, tanto na alimentação humana quanto pela indústria de rações, na elaboração de produtos finais de alta tecnologia (FROES et al., 2012).

O emprego do grão de milho na alimentação animal representa o maior consumo, cerca de 70% da produção mundial. Nos Estados Unidos, a porcentagem destinada para esse fim é de 50%, enquanto que no Brasil pode chegar a 80%, dependendo da produção que varia de ano para ano (CONAB, 2017). Além da utilização para o consumo humano e animal, o milho tem sido empregado na produção de óleo, álcool, amido, bebidas e diversos produtos industrializados. O Brasil é o terceiro produtor mundial de milho, com uma produção de 99 milhões de toneladas em 2017, antecedido por Estados Unidos e China (CONAB, 2018).

As características físicas dos grãos de milho podem variar dentro do lote, genótipo e local de cultivo, visto que a susceptibilidade aos danos mecânicos está relacionada a sua estrutura. Paraginski et al. (2015) verificaram que o genótipo determina a qualidade física e tecnológica de um grão que também está associado às condições ambientais em que foi produzido e armazenado. Os grãos também variam suas características físico-químicas devido à infestação por insetos, proliferação de fungos, integridade física, condições de armazenamento, de processamento. A má qualidade pode afetar o valor nutricional pela alteração da composição química, diminuição da biodisponibilidade de nutrientes e ou proliferação de fungos com ou sem a produção de micotoxina (MAZZUCO et al. 2002).

A planta só realiza os processos de germinação e emergência na presença da umidade, a falta de água prejudica a disponibilidade, absorção e o transporte de nutrientes, tornando a planta suscetível ao ataque de pragas e doenças. (SILVA et al., 2010). Para Ritchie et al. (2003), a ação dos ventos pode interferir no desenvolvimento da planta por meio da proliferação de esporos de fungos e bactérias, friagem, desidratação, aumento pela demanda de água e acamamento das plantas.

Em certos casos, a exigência de dias curtos para florescimento propiciando rendimentos compensadores se deve ao fato da origem subtropical da cultura de milho, que tem necessidade de altas temperaturas para germinação e crescimento. Isto é, para Carvalho et al. (2004), são esses fatores de temperatura do ar e do solo, que afetam crescimento das folhas, com posterior alongação do colmo e a qualidade das sementes, conforme a intensidade dos impactos e grau de umidade local, as características fisiológicas do milho ficam alteradas.

Além de todos os procedimentos utilizados no manejo agrícola, outra fase crítica é no momento da secagem, que um dos seus principais objetivos é a conservação das qualidades nutritivas e organolépticas por um longo período. No ponto de maturação fisiológica, a maioria dos produtos agrícolas apresentam teores máximos de amido, proteínas e óleo, e umidade elevada, neste ponto deve ser realizada a colheita. Entretanto, em função da umidade elevada, a atividade metabólica do produto permanece alta, além de ser propícia ao desenvolvimento de fungos e insetos, propiciando a maior deterioração dos grãos de milho (PEREIRA 2009).

Segundo Wetzel (1987) em grãos armazenados com altos teores de umidade e temperatura, ocorre a formação de ácidos graxos livres, por hidrólise dos triglicerídeos, sendo este processo acelerado pela ação de fungos, que aumentam a velocidade de deterioração. A predileção dos insetos está em consumir o gérmen, acarretando dessa forma alterações nutricionais dos grãos (STRINGHINI et al., 2000).

Em virtude da preocupação com o desenvolvimento de fungos resultante de elevado teor de umidade nos grãos de milho, no período pós-colheita deve ser realizado a secagem e quando realizada em condições rigorosas afeta proteínas, carboidratos e lipídios (CARVALHO et al., 2004). O aquecimento excessivo pode prejudicar a disponibilidade de aminoácidos no milho, influenciando sua utilização nos alimentos e na formulação de rações (CARVALHO et al., 2009).

A medida em que aumentam temperatura de secagem e tempo de armazenamento ocorre aumento na porcentagem de grãos quebrados, perda de peso e susceptibilidade à defeitos. Carvalho et al. (2004) observaram redução de 5% dos valores em grãos que foram submetidos ao tratamento térmico artificial (120 °C) com os que foram secos em temperatura mais baixa (27°), ocorrendo conseqüentemente, aumento dos valores de energia metabolizável aparente (EMA) e de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn).

O milho tem elevado valor energético, possuindo em sua composição vitaminas, proteínas, lipídios, carboidratos, sais minerais e amido, além de ter no tegumento uma rica fonte de fibras (FENNEMA, 2010). Por ser um cereal de alto valor nutritivo, ocorre mais facilmente o ataque de pragas que alteram sua composição química, a principal consequência é o aumento

da umidade dos grãos, o que propicia o desenvolvimento dos fungos, resultando na contaminação por micotoxinas. Além de criar condições favoráveis para o desenvolvimento de fungos, a redução da integridade física dos grãos, devida a perfurações e abertura de galerias, para entrada de microrganismos, aumenta os processos de degradação, bem como de produtos do seu metabolismo, especificamente água e calor (PUZZI, 1986).

2.1.2 AMIDO DE MILHO

O amido está presente em diversas espécies vegetais, como fonte de reserva de carboidratos (FREITAS et al., 2003), sendo formado pelos polímeros de glicose de amilose e de amilopectina (BULÉON et al., 1998; RIBEIRO, SERAVALLI, 2007). Denardin; Silva (2009), descreveram que existe uma relação entre a estrutura molecular do amido e o comportamento de suas propriedades funcionais. Os mesmos autores apontam que o teor de amilose, o tamanho das cadeias de amilopectina e o grau de cristalização dos grânulos estão diretamente associados aos eventos de gelatinização e retrogradação.

A amilose é uma cadeia linear, podendo formar ramificações ao longo de sua estrutura, por ligações glicosídicas α -(1-4), constituída por ligações de hidrogênio, estabelecendo um formato helicoidal (FENNEMA, 2010). Nos grânulos de amido, a amilose varia conforme o vegetal, encontrando-se em quantidade de 30%, os átomos de hidrogênio formam ácidos graxos livres, com alguns álcoois e com iodo, tornando-a hidrofóbica (WEBER; COLARES-QUEIROZ; CHANG, 2009).

A amilopectina desenvolve uma cadeia ramificada composta também por ligações α -(1,4), mas compõe-se principalmente de ligações entre um grupo hidroxila de uma cadeia de glicose e o carbono seis da glicose de outra cadeia, ligação cruzada α -(1,6) (FENNEMA, 2010), assumem a forma e tamanho de acordo com o sistema biossintético da planta e pelas condições físicas impostas, sendo organizadas em áreas cristalinas, em formato de dupla hélice e regiões amorfas com pontos de ramificações (PINTO, 2011).

O amido se caracteriza pela presença de grânulos, que possuem uma área cristalina com a característica birrefringente, ou seja, com alto grau de organização molecular dos grânulos (ZAVAREZE, 2009). Por ser formador de um gel consistente, se faz necessário a escolha adequada do amido, conforme o produto a ser desenvolvido, baseado em suas propriedades funcionais, utiliza-se para alimentos com alta viscosidade como em sopas desidratadas, balas de gomas, espessantes para alimentos líquidos, polvilho doce, emulsionante, agente de encapsulamento em produtos alimentares (SILVA et al., 2006).

O amido é insolúvel em água fria, a ocorrência do fenômeno de gelatinização, acontece com o aquecimento dos grânulos em solução aquosa, transformando-o em pasta viscoelástica, este aumento na viscosidade, é demonstrado quando os grânulos começam a inchar, no momento da formação da pasta (GARCIA et al., 1997; FENNEMA, 2010).

Garcia et al. (1997) explicam que o aquecimento dos grânulos com uma temperatura elevada, causa irreversibilidade da gelatinização, sendo que, através da calorimetria diferencial de varredura (DSC) e da difração de raio X, consegue-se observar a perda da cristalinidade e diminuição dos graus de refração dos grânulos de amido.

Ressalva os autores que o intumescimento do grânulo, a perda da cristalinidade, a forma com que ocorre a absorção de água, são mudanças praticamente irreversíveis nas propriedades do amido, demonstrando que a gelatinização é o desmonte de toda cadeia molecular dos grânulos nativos (ZHONG et al., 2005). Conforme Ai e Jane (2015), a transformação de grânulos semicristalinos ordenados para um estado amorfo, perdendo a birrefringência, ocorre a partir do momento que as macromoléculas do amido começam a vibrar pelo aumento da temperatura, quebrando as pontes de hidrogênio entre as moléculas e ocorrendo a entrada de água nas micelas, assim que é formada a gelatinização, o amido que absorveu água, desenvolve viscosidade para formar uma pasta.

Em seguida, depois do aquecimento e formação da pasta, acontece o resfriamento, as cadeias perdem energia e as pontes de hidrogênio se ligam novamente, liberando água e tornando a estrutura mais firme, reduzindo o volume, este fenômeno é chamado de retrogradação (FENNEMA, 2010). Brumovsky et al. (2001) explicam que durante a fase de resfriamento, moléculas de amilose e amilopectina solubilizadas começam a se reassociar em estrutura ordenada, aumentando a viscosidade. Este processo de retrogradação é influenciado diretamente pela temperatura, tamanho e concentração dos grânulos e presença de lipídeos, ou seja, se obtém uma influência do resfriamento sobre a viscosidade da pasta formada anteriormente pelo aquecimento (ZAVAREZE, 2009).

No momento do processo de aquecimento da solução aquosa com os grânulos de amido, acontece o inchamento dos mesmos, devido à quebra das ligações de hidrogênio (BRUMOVSKY et al., 2001). Considerando este processo como medida da capacidade de hidratação dos grânulos (HONGSHENG et al.; 2009). Liu et al. (2007) explicam que a solubilidade é expressa pela porcentagem do peso da amostra de amido que foi dissolvida após aquecimento. A solubilização da amilose e amilopectina de forma gradual, influenciam na perda da integridade granular, devido a formação de uma pasta viscosa.

À medida que a solução aquosa aquece, os grânulos de amido incham, a amilose se torna hidratada, difundindo-se ao longo da pasta até a parte externa, findando o chamado lixiviamento da massa. Este fenômeno é afetado pela concentração de amido e pela temperatura utilizada (LII et al.,1995). O grau de associação dos amidos, demonstra-se através das curvas de inchamento e solubilidade. Contudo, esses processos se tornam restritos, quando os grânulos possuem grande porcentagem de amilose, pois mesmo um prolongado período de aquecimento, as moléculas de amilose, se aproximam rapidamente (TESTER e MORRISON, 1990; FENNEMA, 2010).

Autores relatam que a textura é considerada a firmeza do gel, está associada com a sinérese, conseguindo avalia-la após o fenômeno de retrogradação de géis de amido. Podendo exibir géis mais duros quando os amidos possuem elevado grau de amilose e cadeias longas de amilopectina, formando mais cristalinização (SINGH et al., 2003; SHANDU;SHING 2007).

2.1.3 REDUÇÃO DE CONTAMINANTES

Os cereais, em função da riqueza em carboidratos na sua composição bioquímica, constituem-se substratos favoráveis ao desenvolvimento de fungos. A contaminação fúngica em cereais é uma das categorias de estudos que tem sido foco de atenção acadêmica e governamental, dado a importância do consumo de cereais na nutrição humana e animal, os estudos têm se concentrado majoritariamente na ocorrência de fumonisinas e aflatoxinas (MAZIERO & BERSOT, 2010). Os fungos e bactérias são seres vivos que se encontram massivamente presentes em diversos ambientes, possuem importância econômica, justificando o estudo amplo de aspectos ecológicos, fenologia e biologia geral.

O desenvolvimento fúngico é favorecido em climas tropicais e subtropicais devido as condições de umidade e temperatura, invadem o produto no campo quando a umidade relativa do ar permanece entre 90 -100% e do grão em torno de 22 – 23%, seguindo de uma temperatura média de 30°C, contudo o crescimento dos fungos na armazenagem cresce com uma umidade ambiente de 70-90% e no produto de 15% e a temperatura ótima de 20-30 °C. (SCUSSEL et al., 2002). Segundo Brooker et al. (1974) o crescimento do fungo em cereais pode ocorrer nas diversas fases do desenvolvimento, que vai desde o florescimento, colheita, beneficiamento e o armazenamento dos grãos. Um dos pontos críticos é a colheita, onde os níveis de umidade estão altos e adequados para o crescimento fúngico.

Tanaka et al. (2001) explicam que as infecções causadas por fungos ocorrem em todas as etapas de produção do milho, contudo as maiores ocorrências de contaminações ocasionadas

pelo gênero *Fusarium* ainda está no campo, sendo que os fungos do gênero *Aspergillus* se desenvolvem em maior rapidez no armazenamento devido as condições do ambiente, considerando que a produção iniciada no campo, continua presentes na armazenagem, independente das boas práticas de armazenamento, frisando que já estavam antes de colherem. De acordo com Kawashima e Soares (2006), no milho os mais encontrados são desencadeados pelos principais gêneros: *Fusarium* (fumonisinas, deoxinivalenol, toxina T-2, zearalenona), *Aspergillus* (aflatoxinas, ocratoxina) e *Penicillium* (ocratoxina).

O atraso na colheita do milho é considerado um dos fatores que aumenta as perdas por insetos no campo e no armazenamento (SANTOS et al., 1997), resultando em aumento na oxidação lipídica e no conteúdo de ácidos graxos livres (GALLIARD, 1986), tornando-se um dos contratempos, devido as alterações nas propriedades físicas e nutricionais do grão e dos seus produtos finais (HASJIM et al., 2010). Mesmo com os avanços da pesquisa em tecnologia pós-colheita, com a substituição da secagem pela utilização de conservantes, com objetivo de vantagens nutricionais, a secagem ainda é o método mais viável a ser utilizado para a conservação de grãos com umidade elevada de colheita, a velocidade e a intensidade desse processo depende da qualidade intrínseca dos grãos (PUZZI, 1986), sem aumentar as perdas, tendo em vista a ocorrência de alterações químicas, físicas e microbiológicas, preservando ao máximo a qualidade dos grãos de milho.

2.1.3.1 Tratamento térmico

A base de todos os processos térmicos para conservar os produtos é aplicação de calor, efeitos do tempo e a temperatura no processamento industrial. Através da remoção de umidade pela tratamento térmico, retira-se dos grãos o excesso de água até o nível que permite a conservação e o armazenamento por períodos mais longos (EICHELBERER ; PORTELLA , 2001).

O avanço tecnológico ocorrido nas últimas décadas, disponibilizando secadores de grãos com capacidades e eficiências variadas, tem propiciado a retirada antecipada do produto do campo, ainda úmido, reduzindo a sua deterioração, diminuindo a atividade microbiana e reações químicas que são as principais causas da deterioração do milho. Segundo Eiras (2013), as perdas serão menores na medida em que os grãos forem colhidos com teor de umidade elevado, permanecendo menos tempo na planta e, portanto, menos sujeito ao ataque de insetos e fungos, que encontram no ambiente condições ideais para o seu desenvolvimento.

À medida que o tempo passa do ponto de maturação, os grãos perdem umidade e consequentemente perdem matéria seca. Para atender as condições seguras de armazenagem, a colheita úmida, com elevado teor de umidade no grão, evita perdas de massa seca e menor dado mecânico no momento da colheita. Weber (1995) explica que a colheita antecipada com o processo de secagem artificial e mecânico, se torna indispensável, sendo que a faixa ideal de umidade fisiológica para colheita fica acima de 18%, dessa forma, remover o excesso de umidade até o limite conveniente, não altera as propriedades físicas, químicas e biológicas dos grãos, considerando que os grãos estão secos para uma armazenagem adequada, quando sua umidade fica em torno de 13%.

Para atingir o grau de umidade conveniente, a secagem deve ser realizada evitando fermentações durante o processo e não permitir excesso de temperatura, controlando o tempo pelo valor de umidade final, o método oficial para determinação de umidade é o de estufa de 55 a 105°C \pm 3°C durante 24 horas, estabelecido pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 1992). Nones e Scussel (2012), avaliaram que medidas no controle da temperatura e umidade devem ser adotadas cautelosamente para a redução do fungo e não proliferação da toxina, ou até desintoxicação com métodos físicos e biológicos para melhorar a segurança alimentar e prevenir as perdas econômicas. O emprego de processos físicos na redução e ou eliminação de contaminantes presentes em alimentos, como a pré-limpeza, limpeza, polimento, tratamento térmico e processos térmicos como o cozimento do produto realizado antes do consumo humano podem auxiliar na redução dos níveis contaminantes, principalmente através da temperatura.

A secagem segundo Vergara et al. (1997), que descreve Van Arsdel & Copley (1964), reduz o teor de água, controlando os microrganismos e as alterações físico-químicas, tornando-se um grande potencial de conservação pós-colheita. O processo de secagem tem interferência em relação a intensidade da temperatura do ar utilizado, influenciando no processo de qualidade dos grãos, segundo Silva et al., (2000), quando a temperatura do grão de milho seco estiver acima de 60°C, sofre alterações químicas e perdas de palatabilidade. Os autores Alves et al. (2011) concluíram que os melhores resultados na qualidade dos grãos foram com umidade na colheita de 15 a 16,5% e temperatura de tratamento térmico entre 40 e 60°C.

Lima (2001), avaliou que a suscetibilidade a quebra aumenta com a temperatura de tratamento térmico, observando que para não causar nenhum dado a integridade do grão, o ideal é a temperatura do grão ficar em torno de 45°C, com temperatura do ar de tratamento térmico até 90°C. O desejado é que os teores de compostos depois de todo o processo, continuem presentes no milho, como proteínas, aminoácidos, lipídios, ácidos graxos essenciais, vitaminas,

compostos bioativos, não diminuindo sua qualidade nutricional. Afirmam Pimentel; Fonseca (2011), que quando o milho for destinado à alimentação humana e indústria, a temperatura de tratamento térmico não pode ser maior que 55 °C, referenciando o não comprometimento da qualidade dos grãos. Em relação à fábrica de ração animal a temperatura de tratamento térmico tem que ser inferior a 82 °C, para não afetar os nutrientes desse cereal.

Carvalho et al. (2004) explicam que devido à preocupação com o desenvolvimento de fungos o milho tem sido submetido a secagens mais rigorosas podendo ocorrer alterações nas proteínas, carboidratos e lipídios. E assim, faz-se necessário conhecer a digestibilidade dos aminoácidos do milho submetidos em diversas situações, por que o superaquecimento pode prejudicar a disponibilidade dos aminoácidos, tornando-se dessa forma, inadequada sua utilização nos alimentos e também na formulação de rações (CARVALHO et al., 2009).

Gutkoski et al. (2009) também relata que a contaminação por microrganismos pode ser devida as altas temperaturas, que causam evaporação de água nas superfícies dos grãos, gerando trincamentos, aumentando a suscetibilidade de quebra dos grãos. Bem como explica Milman (2002), a finalidade de diminuir a umidade do grão através da secagem, aumenta a capacidade evaporativa da umidade do ar, podendo causar danos físico químicos e também biológicos nos grãos. Os grãos sofrem variações no seu conteúdo de água, de acordo com as condições do ar, Aosani (2007), descreve que o ar passa pela massa dos grãos, e dessa forma, ocorre a transferência de calor e de massa, havendo a secagem de grandes quantidades.

A secagem é importante para a manutenção da qualidade dos grãos (DEVILLA, 1999), as trocas de calor e água entre os grãos de milho e o ar ambiente são dinâmicas e contínuas em determinadas condições de temperatura, até a obtenção do equilíbrio higroscópico, e assim, relatam Elias et al. (2012) que a qualidade dos grãos tem se tornado um aspecto importante na comercialização, devido a conservabilidade das integridades física e biológica dos grãos de milho durante o armazenamento e da utilização como produto.

2.1.3.2 Efeitos do tratamento térmico

A qualidade do processo térmico, demanda condições adequadas (ALTAY e GUNASEKARAN, 2006), para não ocorrer drásticas reduções nos conteúdos de carboidratos, proteínas e lipídeos. A amostra aquecida ou resfriada, de acordo com uma temperatura controlada, sempre atribuirá alguma mudança nas propriedades física ou química do amido (MATSUGUMA, 2006), resultando em redução da massa específica e perda do valor nutritivo.

Segundo HAROS et al., (2003), o uso de temperaturas altas, pode ser uma implicação nas propriedades térmicas reológicas e estruturais do amido. Malumba et al. (2009) relatam que temperaturas elevadas no tratamento térmico, causa maior rigidez nos grânulos, afetando a gelatinização, reduzindo a quebra das moléculas, diminuindo o inchamento e os índices de solubilidade de água, além de afetar parâmetros na textura do gel, causando também depreciação no pico máximo de viscosidade.

O conhecimento sobre a interferência da temperatura na gelatinização é tão importante quanto a preponderância do fenômeno de retrogradação (GUERREIRO; MENEGUELLI, 2009). Outro efeito negativo de secagem em altas temperaturas é descrito por Haros et al. (2003) que no momento da extração do amido de milho, observaram que a separação das proteínas remanescentes limita a interação de água e amido, devido a redução da entrada de água nos grânulos na operação de gelatinização. Silva et al. (2006) explicam que saber os efeitos no comportamento reológico, a resistência dos ciclos de congelamento e descongelamento, faz-se necessário para a indústria de alimentos, pois pode haver a ocorrência de fatores indesejáveis, pelo fato da temperatura alterar a textura do gel.

3 MATERIAL E MÉTODOS

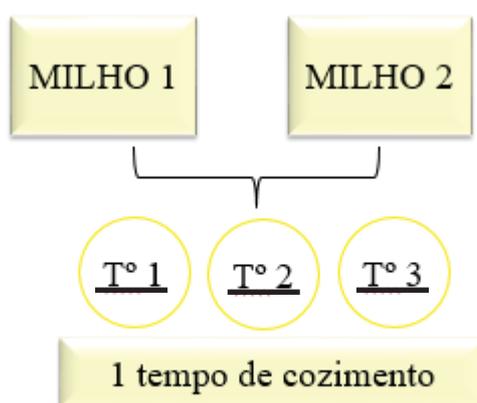
3.1.1 MATERIAL

O milho para o experimento foi cultivado na área experimental do CEPAGRO-Universidade de Passo Fundo (UPF), sendo realizada a colheita de dois cultivares. A colheita foi realizada às 17 horas do dia nove de maio de dois mil e dezessete, nas umidades de 25% (M1) e 22% (M2). O milho colhido foi imediatamente transportado para o laboratório de Cereais do Cepa - UPF e iniciado os procedimentos de preparo das amostras.

3.1.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O trabalho foi realizado em delineamento experimental completamente casualizado do tipo fatorial com o emprego de 2 cultivares de milho cultivadas em mesmo local, três temperaturas de tratamento térmico e 1 tempo de cozimento da farinha (2 x 3 x 1), totalizando 6 tratamentos.

✓ Delineamento experimental completamente casualizado do tipo fatorial 2³.

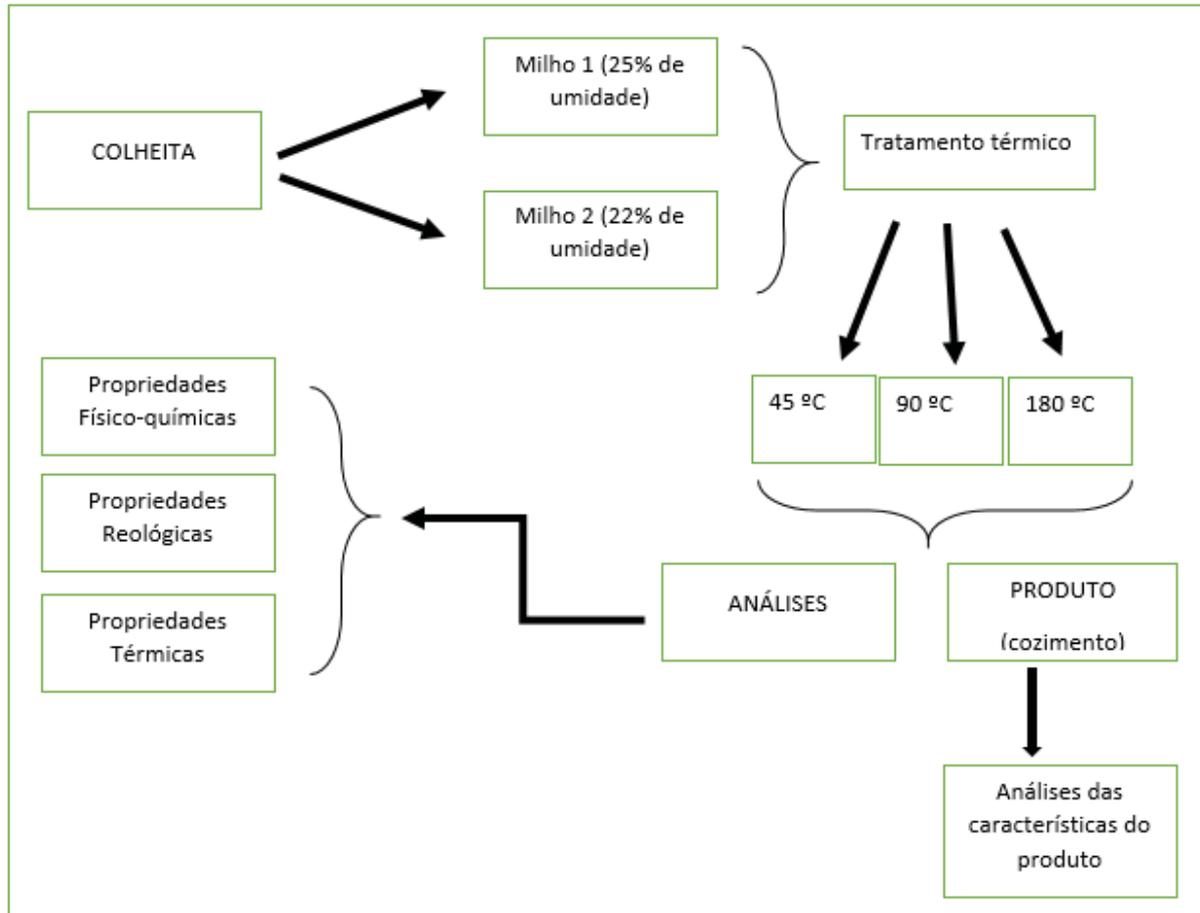


6 TRATAMENTOS

3.1.3 PREPARO DE AMOSTRAS E ANÁLISES

No Quadro 1 de fluxograma, segue os principais procedimentos realizados nos grãos de milho colhidos com teor de umidade elevada, os passos detalhados estão no decorrer do trabalho.

Quadro 1 – Fluxograma do preparo das amostras dos grãos de milho colhidos com alto teor de umidade.



Fonte: Dados do Autor, 2017.

3.1.3.1 Classificação dos grãos de milho

A classificação foi realizada de acordo com a Instrução Normativa nº 18, de 9 de agosto de 2012 do MAPA (Brasil, 2012), conforme Art. 25 e também feito a quantificação dos defeitos realizada conforme Brasil (2012).

3.1.3.2 Tratamento térmico dos grãos de milho

O tratamento térmico dos grãos de milho de cada cultivar teve início no mesmo dia da colheita e foi realizado em seis amostras de 5 quilos cada, em estufas com circulação de ar reguladas nas temperaturas de 45 °C, 90 °C e 180 °C. O tempo de tratamento térmico foi definido pela umidade final, sendo de 13% para o milho seco a 45 °C (padrão) e de 10% nos demais tratamentos. A avaliação de todas as características do tratamento térmico foi através do acompanhamento da umidade dos grãos com medidor GAC 2100 (DICKEY-john, Europa 2009), as amostras foram retiradas em intervalos de tempo, até atingirem a umidade estabelecida 13% e 10%. As temperaturas do ar de tratamento térmico e da massa de grãos, foram monitoradas com termômetro de mercúrio, com escala de 0,5 °C. No momento do tratamento térmico, ficaram localizados em cada secador, com posicionamento específico. Para a temperatura da massa de grãos, após a colocação das amostras em sacos plásticos, foi colocado o termômetro bem ao fundo dos sacos, após 3 minutos efetuou-se a leitura.

3.1.3.3 Limpeza dos grãos de milho

As amostras secas em estufa e classificadas, submetidas à limpeza com máquina de ar e peneira (Sintel, Intecnial, Brasil), para a separação de materiais estranhos e impurezas. Os valores de materiais estranhos e impurezas foram expressos em porcentagem.

3.1.3.4 Massa em Mil Grãos

A massa de mil grãos foi realizada segundo Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), com a contagem de 8 repetições de 100 grãos íntegros para cada repetição e pesagem em balança de precisão. Os resultados foram expressos em gramas (g).

3.1.3.5 Peso do Hectolitro (PH)

O PH foi determinado em balança Dalle Molle, de acordo com a metodologia descrita por Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009), em triplicata e os resultados expressos em kg/hl.

3.1.3.6 Patologias dos grãos

As amostras foram quantificadas pela metodologia PDA para cultivo do fungo, através da inoculação pelo laboratório de fitopatologia da Pós-graduação da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, os isolados utilizados nos ensaios foram cultivados em meio BDA (batata-dextrose-ágar), incubados a $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ com fotoperíodo de 5 dias. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 3 repetições por tratamento.

3.1.3.7 Degerminação

A degerminação com separação da farinha e do farelo foi realizada em moinho colonial, localizado no município de Passo Fundo, com separação do germe e parte do tegumento do restante do grão, obtendo assim o milho degerminado.

3.1.3.8 Moagem

As amostras de grãos de milho foram moídas a seco em moinho de laboratório (MA600, Marconi, Brasil), com fluxo contínuo de grãos e o material peneirado com emprego de peneira de 40 *mesh* de abertura, seguindo movimento manual por 60 segundos. O material retido na peneira foi submetido à nova moagem, até obter-se uma farinha de 40 *mesh*.

3.1.3.9 Composição química

A determinação do teor de umidade foi realizada de acordo com o método oficial n° 44-15.02, AACC (2010), em estufa com circulação de ar a 130°C por uma hora, em triplicada. O valor médio do teor de umidade foi expresso em porcentagem.

As determinações de cinzas, fibras, proteína e amido foram realizadas no aparelho de reflectância do infravermelho proximal (DS 2500, Foss, Dinamarca), realizado de acordo com o manual do fabricante. Os constituintes químicos foram obtidos a partir da utilização da curva de calibração de milho grão, construída pelo laboratório de Físico-Química do Cepa a partir de métodos oficiais recomendados pela AOAC (2010). Os resultados médios das leituras realizadas em triplicata foram expressos em porcentagem e em base seca. O valor de proteína bruta foi obtido pelo uso do fator 6,25.

A determinação do teor de lipídios foi realizada pelo método da n° 30.20.01 de acordo com a AACC (2010). Esta análise se baseia na quantidade de material extraído com solvente por gravimetria.

Para determinar a acidez graxa, a análise se baseou na extração das gorduras e ácidos graxos de uma porção de farinha, utilizando-se tolueno como solvente. No método 02-02A (AACC, 2010), determina-se acidez graxa pela titulação do extrato, após filtração com solução padronizada de hidróxido de potássio (KOH), introduzida em uma microbureta. A fenolftaleína, solução a 0,04% m/v, foi utilizada como indicador. Faz a anotação da alíquota de KOH gasta para cada repetição. Para expressar o resultado em “mL de KOH/100g de matéria seca”, faz-se correções de acordo com o teor de umidade e o peso da amostra moída. A acidez graxa é estabelecida pelas equações:

- Branco: $0,70 \times 1,0378 = 0,72$
- Volume Gasto X Fator Correção = Volume Corrigido: $(VG \times 1,0378 = V.C)$
- Ac graxa. $Mg\ KoH / 100g = (volume - vol. Branco) / massa amostra \times 100$

3.1.3.10 Espectroscopia por Infravermelho (FTIR)

O espectro obtém-se pela passagem da radiação de infravermelho através da amostra e pela determinação da radiação incidente absorvida a uma determinada energia, resultando em um interferograma (DUPUY, 1997).

A faixa espectral considerada foi 4.000 a 1.000 cm^{-1} , com ênfase na região denominada impressão digital, de 2.500 a 1.500 cm^{-1} , O número de varreduras foi de 100, e utilizou-se a função de apodização triangular do software do equipamento para a obtenção dos espectros.

3.1.3.11 Cor

A determinação de cor das amostras foi realizada utilizando espectrofotômetro de refletância difusa (modelo ColorQuest II, HunterLab, EUA), com sensor óptico geométrico de esfera os valores obtidos são de L^* (luminosidade) que variam de zero (preto) a 100 (branco) e coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*) variam de valores -60 à +60, $-a^*$ (negativo / verde) $+a^*$ (positivo / vermelho), e $-b^*$ (negativo / azul) a $+b^*$ (positivo / amarelo).

3.1.3.12 Teor de Amilose

Teor de amilose foi realizado método colorimétrico descrito por Valério (1994), com pequenas adaptações.

3.1.3.13 Amido danificado

A determinação do teor de amido danificado foi realizada em equipamento de laboratório (SDmatic, Chopin, França), realizado conforme o método nº 76-33.01 da AACC (2010).

3.1.3.14 Índices de absorção em água (IAA) e solubilidade em água (ISA)

As determinações de IAA e ISA foram realizadas segundo a metodologia descrita por Anderson et al. (1969), com modificações. As amostras de cerca de 1 g, em base seca e com granulometria menor que 106 µm foi colocada em tubos de centrífuga, previamente tarados, adicionando 10 mL de água destilada, agitados em agitador mecânico tipo Vortex. Em seguida, as amostras foram colocadas em agitador horizontal mecânico, por aproximadamente 20 minutos e centrifugadas durante 10 minutos a 4000 rpm (NT 820, Nova Técnica, Brasil). O IAA foi calculado de acordo com relação do peso do resíduo centrifugado (g) e o peso da amostra em base seca e expresso em porcentagem. O sobrenadante foi colocado em placa de petri, previamente taradas e submetidas à estufa com circulação de ar durante 4 horas a 105 °C. As placas foram pesadas e o ISA obtido pela relação da massa do resíduo evaporado (g) e massa de amostra (g).

3.1.3.15 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As amostras de amido foram examinadas por microscópio eletrônico de varredura (SSX-550, Shimadzu, Japão) foram inicialmente suspensas em acetona para se obter uma suspensão 1% (w/v) e mantidas em banho ultrassônico durante 15 minutos. Uma pequena quantidade de cada amostra foi distribuída diretamente a superfície do topo das estruturas de medição e secas em estufa a 32°C durante uma hora subsequentemente, todas as amostras foram revestidas com ouro e examinadas em MEV, na voltagem de aceleração de 15 kV e com ampliações de 300x, 800x e 5000x, realizado em triplicata.

3.1.3.16 Propriedades de pasta

As propriedades de pasta foram avaliadas em analisador rápido de viscosidade (RVA-3D, Newport Scientific, Austrália), equipado com software Termocline for Windows, versão 3.1, de acordo com o método 76-21.01 da AACCC (2010). O perfil de viscosidade das amostras foi avaliado utilizando 4,0 g de farinha e $25 \pm 0,1$ mL de água destilada), corrigidas para 14% de umidade. O perfil de temperatura utilizado foi o Standard 1 (amostras mantidas a 50°C por 1 minuto, aquecidas até 95°C em 3,5 minutos e mantidas nesta temperatura durante 2,5 minutos, resfriadas a 50°C em 3,8 minutos e mantidas nesta temperatura até completar o tempo total de 13 minutos de análise), sendo considerados os parâmetros: temperatura de pasta, viscosidade máxima, viscosidade mínima à temperatura constante que é ligada à quebra e viscosidade final, associada à tendência à retrogradação. As análises foram realizadas em triplicata.

3.1.3.17 Firmeza e retrogradação de gel

A amostra gelatinizada após a análise das propriedades de pasta realizada em RVA foi mantida no *canister* do equipamento e deixada à temperatura ambiente *overnight* para permitir a formação de um gel sólido. O *canister* foi selado com parafilme para prevenir perda de umidade durante o armazenamento. A textura do gel foi determinada utilizando texturômetro (modelo TA-XTplus, Stable Micro Systems, Inglaterra), equipado com software Exponent 32, de acordo com o protocolo de Yoenyongbuddhagal; Noohorm, (2002), com modificações. Os géis foram perfurados a 1,0 mm/s à distância de 10,0 mm utilizando probe (P/20, 20,0 mm de diâmetro). A força medida foi referida como firmeza do gel. Também foram avaliados dados de coesividade e gomosidade.

A retrogradação dos géis foi determinada de acordo com o protocolo de Biliaderis (1992). Os géis obtidos na análise das propriedades de pasta foram pesados nos canisters do equipamento (3,0 cm de diâmetro e 5,0 cm de altura), de massa previamente conhecida, tapados com parafilme e armazenados sob temperatura de refrigeração (± 4 °C). A massa dos canisters foi registrada em intervalo de 0 a 7 dias. A perda de massa após a retirada de água por exsudação foi registrada como porcentagem de sinérese.

3.1.3.18 Textura do gel de amido

A análise de textura dos géis foi avaliada em texturômetro (Texture Analyser TA XTplus, Stable Micro Systems, Inglaterra). A mistura gelatinizada, após análise em RVA, foi selada com papel filme, para prevenir a perda de umidade, e armazenada em temperatura ambiente (25 °C) durante 24 h. Determinando a textura segundo método descrito por Horndok e Noomhorm (2007). Se analisou os resultados para dureza, coesividade e gomosidade do gel de amido. Os géis foram perfurados a 1,0 mm.s⁻¹ até uma distância de 10,0 mm, usando sonda cilíndrica de aço inoxidável.

3.1.3.19 Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC)

As propriedades térmicas das amostras foram avaliadas utilizando um calorímetro diferencial de varredura (DSC – 60, Shimadzu Corporation, Japão). A amostra de 2,5 mg de amido foi colocada em recipientes de alumínio, aquecida em atmosfera de nitrogênio de 25 a 150 °C com uma rampa de aquecimento de 10 °C por minuto. A entalpia de gelatinização (ΔH), a temperatura inicial (T_0), o pico de temperatura (T_p) e a temperatura final (T_c) de gelatinização foram obtidos pelo uso do software TAD Instruments do próprio equipamento, realizado em duplicata.

3.1.3.20 Elaboração da pasta de milho processado

A elaboração da pasta de milho processado por processo físico de cozimento foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Zeppa et al. (2011), com modificações. A amostra de farinha de milho degerminada foi dispersa em água, na proporção de 1:3,5 (320 g de farinha de milho degerminada e 800 mL de água). A farinha foi adicionada na água fria, homogeneizada e levada ao cozedor sob pressão por 15 minutos de cozimento. O produto foi retirado, colocado em molde e após o resfriamento de 120 min foi realizada a determinação do perfil de textura, atividade da água e umidade. Em seguida, o produto foi armazenado refrigerado a uma temperatura de 6°C por 24 horas, e realizado novamente o perfil de textura, determinação da atividade de água e umidade.

3.1.3.20.1 Perfil de textura da pasta de milho processado

As amostras do produto foram submetidas à análise do perfil de textura (Texture Analyser TA XTplus, Stable Micro Systems, Inglaterra), equipado com software Exponent 32

e realizado de acordo com o método nº 74-09.01 da AACC (2010). Para avaliação de textura, o produto foi cortado em porções de 25 mm de largura x 25 mm de altura. No equipamento foi utilizado o *probe* cilíndrico metálico P/36R e aplicadas velocidade de pré-teste de 5,0 mm/s, velocidade de teste de 1,7 mm/s, velocidade pós-teste de 5,0 mm/s, força de compressão de 40% e ciclo de contagem de 10 s, realizado em triplicata.

3.1.3.20.2 Atividade de água da pasta de milho processado

A atividade de água do produto (a_w) foi determinada em equipamento de laboratório (650, Testo, Alemanha), realizado em triplicata.

3.1.3.20.3 Umidade da pasta de milho processado

A determinação do teor de água foi realizada de acordo com o método número 44-15.02 da AACC (2010), em estufa com circulação de ar a 130 °C por uma hora, em triplicata.

3.1.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram analisados com o emprego do programa Statistica 7 através da análise de variância (Anova) e nos modelos significativos as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 95% de intervalo de confiança.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1.1 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

4.1.1.1 Tratamento térmico e Umidade

Os valores de umidade e inicial e final das amostras de grãos de milho colhidos com 22% (M1) e 25% (M2), bem como as temperaturas das massas de grãos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Umidade inicial e final de grãos de milho (M1 e M2) e temperatura da massa de grãos após o tratamento térmico.

	Milho (M1)			Milho (M2)		
	45 °C	90 °C	180 °C	45 °C	90 °C	180 °C
Umidade Inicial (%)	22 a±0,01	22 a±0,02	22 a±0,01	25 b ±0,05	25 b ±0,09	25 b ±0,02
Umidade Final (%)	13,4 a ±0,14	10,4b ±0,1	9,85 b ±0,12	13,20 a ±0,13	10 b ±0,16	10 b ±0,12
Temperatura da massa (°C)	22,0 a ±1,3	65,0 b ±0,5	90,0 c ±2,8	20,0 a ±2,1	65,0 b ±0,1	85,0 c ±3,0

Fonte: Dados do autor, 2017.

Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão.

*Letras diferentes na mesma linha, diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

O tratamento térmico interferiu nas trocas de umidade com a atmosfera apresentando maior velocidade de transferências de água do grão para o ar de secagem com o aumento das temperaturas de secagem.

A umidade obtida está de acordo com o esperado, pois o tempo de tratamento térmico foi de 13% para os grãos de milho expostos a 45 °C e de 10% para os expostos a 90 °C e 180 °C. Segundo Brooker et al. (1974), grãos mais úmidos possuem maior quantidade de água livre e dessa forma, maior facilidade de ser removida.

Wasserman et al. (1983) explicaram que a temperatura elevada na secagem afeta principalmente quando a temperatura da massa é superior a 60 °C e que alterações químicas são afetadas pelos danos no endosperma do grão. Ragasiya (1993) demonstrou em trigo que essas alterações não afetam o alimento, porém Silva (2000) explanou a relação da alta

temperatura e umidade, com a formação de trincas no interior do grão, centro para a periferia, diminuindo a extração do amido. Os autores relatam que o tipo de tratamento térmico e processamento empregado representa alterações na composição química dos alimentos, principalmente nos teores de lipídios (MAZZUCCO et al.,2002).

Contudo, também as falhas no processamento e na composição química do milho, podem ser devidos sua origem, cultivar e ataque de pragas, que afetam principalmente seu valor nutritivo. As condições para alterar a qualidade do grão de milho começam do campo e se prolonga até o armazenamento, ocasionando aumento na umidade dos grãos e, conseqüentemente, desenvolvimento de fungos e insetos pragas (BHUYAN et al.,2010).

4.1.1.2 Teor de impurezas e classificação comercial

Os defeitos dos grãos de milho estão relacionados a limpeza e classificação, os resultados estão expressos em gramas de grão inteiros, separados e classificados através dos dois cultivares colhidos com umidade inicial de 22% (M1) e 25% (M2). Seguem as Tabelas 2 e 3 com os dados da classificação e percentual de pureza física dos grãos de milho, conforme legislação vigente.

Tabela 2 – Classificação comercial dos grãos de milho (M1 e M2) colhidos com teor de umidade elevada.

	M1 - 250 g (22% umidade)	M2 - 250 g (25% umidade)
Cor	Amarelo / Alaranjado	Alaranjado
Ciclo	Precoce	Precoce
Grupo	Semiduro	Duro
Ardido	15 g	10 g
Quebrado	8,5 g	10,5 g
Mat. Estranho	8 g	2 g
Caruncho	9 g	8 g
Tipo	1 = 88%	1 = 84%
Total sem Defeitos	210 g	220 g

Fonte: Dados do autor, 2017.

Tabela 3– Percentual de pureza física de grãos de milho (M1 e M2) colhidos com alto teor de umidade.

250 gramas de milho	M1 **			M2 **			
	Trat. Térmico	45°C	90°C	180°C	45°C	90°C	180°C
Pré (%)		88 a ±0,1	88 a ±0,09	88 a ±0,1	84 b±0,01	84 b ±0,03	84 b ±0,01
Pós (%)		87,5 a ±0,13	85,3 b ±0,2	84,5 c ±0,19	83,8c ±0,1	81,5 d ±0,17	80,1 e ±0,21

Fonte: Dados do autor, 2017.

Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão.

*Letras minúsculas diferentes na mesma linha, diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

**M1 – milho com umidade de 22%; M2 – milho com umidade de 25%.

Na classificação comercial dos grãos de milho, percebeu-se a diferença dos grãos duros e semiduros, os grãos colhidos com 25% de umidade, apresentaram grão mais duro, com o cristalino envolvendo quase todo o embrião, com menores danos, formato sem “dente”, liso na parte superior, já o outro milho, colhido com 22% de umidade, apontou maiores danos nos grãos, demonstrando o “dente” da parte superior, expondo o cilindro do embrião, deixando-o mais aberto, o que leva maiores desenvolvimento de fungos.

A susceptibilidade aos danos mecânicos é uma característica herdável conforme o grupo que o milho se encontra, seu tecido de reserva, tamanho e forma do grão, e também associado ao seu teor de água na colheita, após as diferentes intensidades de temperatura, percebeu que a temperatura acima de 90°C afeta a qualidade fisiológica e aumenta o número de quebra e trincados, diminuindo a pureza física da amostra. A alta temperatura modifica a estrutura do grão, além de causar alterações na coloração e na estrutura do amido (BAKKER-ARKEMA, 1984). Segundo Ascheri e Germani (2004), os defeitos de grãos quebrados e trincados, são danos mecânicos acometidos no momento da colheita e movimentação do grão, ou também, se pode levar em consideração os defeitos por dano térmico relacionado as altas temperaturas no processo de tratamento térmico.

Os danos térmicos, diminuem o valor comercial do milho, fazendo com que a limpeza pós tratamento térmico se torne mais rigorosa, deixando apenas os grãos com bons índices de pureza física. Leva-se em consideração a classificação do tipo de acordo com a sua qualidade e definidos pelos limites máximos de tolerâncias estabelecidos na Instrução Normativa nº18, podendo ainda ser enquadrado como fora de tipo ou desclassificado (MAPA 2012).

4.1.1.3 Massa Mil Grãos e Peso do Hectolitro

Os resultados da massa de mil grãos (MMG) e peso do hectolitro (PH), utilizados na densidade de grãos estão apresentados nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Massa Mil Grãos expressados em gramas, conforme o teor de umidade que os grãos de milho foram colhidos

**M1 em gramas			**M2 em gramas		
45°C	90°C	180°C	45°C	90°C	180°C
438 a ±0,12	377,6 b ±0,16	362 c ±0,13	432,6 d ±0,17	372,3 e ±0,15	360,6 f ±0,17

Fonte: Dados do autor, 2017.

Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão.

*Letras minúsculas diferentes na mesma linha, diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

**M1 – milho com umidade de 22%; M2 – milho com umidade de 25%.

Tabela 5 – Peso do hectolitro expressados em gramas, conforme o teor de umidade que os grãos de milho foram colhidos.

**M1 em gramas			**M2 em gramas		
45°C	90°C	180°C	45°C	90°C	180°C
78,8 a ±0,03	75,4 b ±0,08	73,5 c ±0,03	78,3 a ±0,04	74,0 c ±0,06	71,1 d ±0,02

Fonte: Dados do autor, 2017.

Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão.

*Letras minúsculas diferentes na mesma linha, diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

**M1 – milho colhido com umidade de 22%; M2 – milho colhido com umidade de 25%.

À medida que aumenta a temperatura de tratamento térmico, observa-se maior perda de peso e maior quebra de grãos, a densidade do grão depende do teor de umidade inicial e final, temperatura de tratamento térmico e variedade do grão. O peso mil grãos representado na Tabela 4, demonstrou que a densidade dos grãos, foi afetada pelas condições de temperatura e de umidade durante a fase no campo e beneficiamento, por terem sido colhidos com alto teor de umidade, a quantidade de água livre teve maior facilidade de ser removida, e assim, os grãos secos a 180°C estão com peso menor do que os grãos a 45°C, em tempo zero de pós-tratamento térmico, representa que houve quebra e diminuição na qualidade dos grãos devido à alta temperatura, com alterações nos teores de água dos grãos. O peso hectolitro (PH) conforme apresentado na Tabela 5, demonstrou que a tratamento térmico excessivo diminui o PH havendo

evaporação de água e danos mecânicos pelo calor, os grãos secos a 45 °C apresentaram maior peso do que os demais tratamentos.

As alterações do peso final dos grãos são acometidas por diversos fatores interligados, como a temperatura de tratamento térmico, o teor de umidade inicial, variedade dos grãos, tipo, quantidade de impurezas, ataque de insetos e intensidade de danos mecânicos (ANTUNES et al., 2011). Dados encontrados estão de acordo com Simioni et al. (2008), que relataram que o aumento da temperatura do ar de tratamento térmico promove redução do peso volumétrico dos grãos, afirmando que a intensidade dessa mudança depende da quantidade de água inicial e final do produto, da mesma forma demonstram Costa et al. (2010), que os resultados na primeira pesagem, houve diferença significativa de quebra no peso dos grãos de milho.

4.1.1.4 Quantificação fúngica

Na Tabela 6 está representada a quantificação da patologia dos grãos de milho diferenciados em M1 colhido com 22% de umidade e M2 colhido com 25% de umidade e suas diferentes temperaturas no tratamento térmico.

Tabela 6 - Patologia dos grãos de milho diferenciados em milho M1 e M2 conforme o teor de umidade que foram colhidos e suas diferentes temperaturas no tratamento térmico

PATOLOGIA	M1 45	M1 90	M1 180	M2 45	M2 90	M2 180	TOTAL
<i>Penicillium spp</i>	9	19	7	6	5	5	51
<i>Diplodia maydis</i>	11	2	0	5	6	0	24
<i>Nigrospora sp</i>	8	0	0	7	8	0	23
<i>Fusarium verticillioides</i>	4	3	1	1	3	1	13
<i>Curvalinaria</i>	7	1	0	0	1	1	10
<i>Fusarium graminearum</i>	1	0	0	2	2	0	5
TOTAL	40	25	8	21	25	7	-

Fonte: Dados do autor, 2017.

*M1-colhido com 22% de umidade; M2-colhido com 25% de umidade.

Em relação a patologia dos fungos em grãos de milho, foi observado a necessidade da atividade hídrica para o seu crescimento, milhos expostos a temperaturas mais baixas, apresentaram maior teor de fungos presentes, em relação aos milhos submetidos a 180 °C.

Os resultados demonstram que houve incidência de *Penicillium* em todos os tratamentos, crescimento entre os grãos e sobre os grãos. A invasão por fungos pode reduzir a germinação, já que eles atacam preferencialmente o embrião do grão, causando descolorações na semente e podendo provocar alterações nutricionais (ATHIÉ et al., 1998). Além de causar podridão no campo, é um fungo de grãos armazenados, principalmente relacionado a injúrias nas espigas e excesso de umidade do grão (PITT, 2002). Dilkin et al. (2000) explicaram que *Penicillium* são os fungos mais encontradas em alimentos e reconhecidas por produzirem as micotoxinas.

Em relação aos fungos *Diplodia maydis* e *Nigrospora sp*, observou-se maior crescimento nos grãos que passaram pelo tratamento térmico de 45 °C, causando podridão nos grãos, principalmente dos grãos ardidos. Os grãos submetidos a temperaturas elevadas eliminaram os resíduos da planta infectada, segundo Casa et al. (2007), o predomínio ocorre por espigas infectadas deixadas no solo, e a disseminação acontece a partir dos conídios pelo vento. Deixam os grãos mais leves provocando a redução da produção e apresentam no restante da espiga, qualidade inferior em consequência baixo valor nutricional (JULIATTI et al., 2007).

O fungo *F. verticillioides* infectou os grãos de milho em todos os tratamentos. Esta espécie habita o interior dos grãos e a dificuldade em quantificá-la é pelo fato de crescerem de forma assintomática, alterando a morfologia dos grãos. Pode infectar desde a semeadura até na planta adulta, o micélio penetra no sistema radicular, causa podridão ou cresce endofiticamente de atingindo os grãos (NAYAKA et al., 2009).

Segundo Almeida et al. (2000) considerando os principais gêneros produtoras de micotoxinas em grãos de milho, *Fusarium spp.*, *Aspergillus spp.* e *Penicillium spp.*, apontam a predominância e aumento dos índices da *Curvalinaria*, esse predomínio, foi diagnosticado no crescimento fúngico dos grãos analisados, o *Fusarium* teve menor incidência que a *Curvalinaria*, que apresentou a deterioração dos grãos de forma escura, principalmente nos grãos classificados como semiduro e associados ao tratamento térmico de 45 °C.

No período após o florescimento dos grãos, não houve ocorrência de chuvas severas, este fato, pode justificar o baixo índice do *F. graminearum*. *Encontram-se* principalmente em cereais de inverno, quando o período de molhamento foliar é no mínimo 48 horas (CASA et al., 2016).

Nas Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6 são apresentadas patologias fúngicas encontradas nas amostras, separadas por temperaturas de tratamento térmico e umidade inicial M1 (22%) e M2 (25%).

Figura 1 – Milho M1 - fungos em 45 °C



Figura 2 - Milho M2 - fungos em 45 °C



Figura 3 – Milho M1- fungos em 90 °C



Figura 4 - Milho M2 - fungos em 90 °C



Figura 5 - Milho M1 - fungos em 180 °C

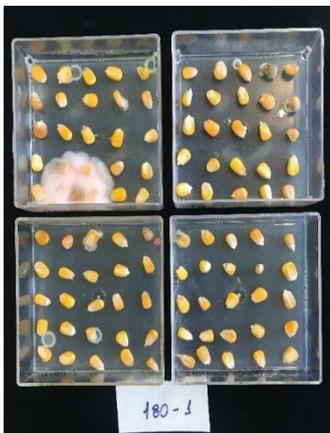


Figura 6 -Milho M2 - fungos em 180 °C



No levantamento realizado foi possível observar a diferença na incidência de grãos avariados entre os milhos, sendo que grãos tipo duro são mais resistentes a contaminações. Os milhos submetidos a temperaturas mais altas diminuíram o teor de água no substrato, obtendo um menor crescimento dos micro-organismos.

Nas figuras de numeração ímpares (1, 3 e 5), são amostras do milho que foi colhido com umidade a 22%, e as amostras que estão nas figuras de numeração 2,4 e 6, são dos grãos de milho colhidos com teor de umidade de 25%, e fazendo a comparação do M1 (semiduro) com o M2 (duro), percebe-se a diferenciação do tipo do milho pela quantidade de contaminação fúngica. Grãos mais moles permitem uma maior concentração de água dentro do substrato, sendo facilmente invadidos por microrganismos indesejáveis.

Scussel (2002) relatou que esses fungos se desenvolvem principalmente em grãos com atividade de água acima de 0,9 significando no cereal, um teor de água de 22 a 23%. Lazzari (1997), explica que os principais fatores para o crescimento dos micro-organismos contaminantes em cereais são a alta umidade relativa do ar, teor de água do substrato e temperatura de tratamento térmico para armazenamento. Autor descreve que grãos armazenados com teor de água elevado, podem ter danos causados pela sua própria respiração, essa umidade fica aquecida, aumento a incidência de fungos e bactérias, chegando a causando a morte de algumas sementes (HARRINGTON 1972).

4.1.2 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

4.1.2.1 Composição Química

Após a moagem do milho, foi analisada a composição química dos milhos M1 e M2, colhidos com diferentes teores de umidade, 22% e 25% respectivamente. Na Tabela 7 estão apresentados os dados referentes ao teor de umidade, proteína, fibras, cinzas, amido, lipídios e acidez graxa, em relação as 3 diferentes temperaturas de tratamento térmico.

Tabela 7 – Determinação de composição química do milho, diferenciados em milho M1 e milho M2, conforme teor de umidade que foram colhidos e suas diferentes temperaturas no tratamento térmico

	Umidade (%)	Proteína (%)	Fibras (%)	Cinzas (%)	Amido (%)	Lipídios (%)	Acidez Graxa (%)
M1 45°	12,19 Aa ±0,50	8,09 Aa ±0,20	2,08 Aa ±0,33	1,43 Aa±0,04	63,67 Aa ±1,31	3,06 Aa ±0,2	62,93 Aa±0,6
M1 90°C	11,33 Aa ±0,10	8,07 Aa ±0,24	2,21 Ab ±0,34	1,43 Aa ±0,02	62,61 Aa ±1,20	3,52 Ab ±0,5	37,43 Ab ±0,2
M1 180°C	10,26 Ab ±0,20	7,94 Aa ±0,28	2,22 Ab ±0,36	1,43 Aa ±0,01	65,58 Ab ±1,33	3,32 Ab ±0,3	31,48 Ab±0,5
M2 45°C	12,46 Ba ±0,40	8,41 Ba ±0,21	2,13 Ba ±0,36	1,47 Ba ±0,02	63,94 Ba ±1,12	4,11 Ba ±0,6	57,93 Ba ±0,3
M2 90°C	11,01 Bb ±0,22	8,07 Bb ±0,23	1,45 Bb ±0,33c	1,45 Ba±0,03	63,91 Ba ±1,18	4,04 Ba ±0,5	36,63 Bb±0,2
M2 180°C	10,97 Bb ±0,10	7,66 Bb ±0,26	1,41 Bb ±0,38c	1,41 Ba ±0,02	66,27 Bb±1,35	4,17 Bb ±0,2	28,44 Bc ±0,4

Fonte: Dados do autor, 2017.

Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão.

* Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

* Letras maiúsculas na mesma coluna, estão relacionadas a classificação do milho, conforme o teor de umidade que foram colhidos M1 com 22% de umidade, refere-se a letra A e M2 com 25% de umidade está correspondente a letra B.

A umidade da farinha está de acordo com o esperado, foi determinado pela obtenção da umidade de 13% para o milho submetido a 45 °C e 10% para as temperaturas de 90 °C e 180 °C, o fato de ter elevado um pouco a umidade em relação a Tabela 1, pode ser interferência da umidade relativa do ar no momento da moagem, citado por Carneiro et al. (2005), que o teor de água é resultado do equilíbrio higroscópico dos grãos com as condições do ambiente.

Normalmente o teor de proteínas encontrado fica na faixa de 9 a 11%, o que demonstra que a temperatura de tratamento térmico interferiu nas proteínas, principalmente nos grãos submetidos a elevadas temperaturas. Essa redução no teor de proteína pode causar alterações na temperatura de gelatinização do amido, afirmam Altay e Gunasekaran (2006), que as proteínas que permanecem no amido de milho, limitam as interações entre a água e os componentes de amido, causando um aumento nas temperaturas de gelatinização (HAROS et al., 2003), reduzindo a entrada de água para dentro dos grânulos.

As secagens do milho M1 não resultaram em diferenças estatísticas significativas na taxa fibras, possivelmente por ser um grão semiduro. Assim, entende-se com a análise de Walter et al. (2002), que a concentração de fibras é maior nas camadas externas do grão e diminui em direção ao centro. Dessa forma, percebe-se que os grãos duros M2, tiveram seu teor de fibras menores, principalmente os que foram submetidos a temperaturas mais altas, que modificam a concentração dos componentes dos grãos.

Em relação as cinzas, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as temperaturas de tratamento térmico, indo ao encontro do que relatam estudos de Fleurat-Lessard (2002). O rendimento do amido não sofreu alterações significativas com as diferentes temperaturas de tratamento térmico, o grão de milho é um alimento essencialmente energético, seu principal componente é o amido, ficando na faixa de 70%. Malumba et al., (2009), mostraram em estudo resultados semelhantes aos encontrados, variando de 64,4 % a 43,3 % para amido de milho.

Nos cereais, o teor de lipídios é em torno de 3,0 a 5,0% (GERMANI et al., 1998), em farinha de grão inteiro é de 4,0 a 4,8% (BRASIL, 2009), são compostos basicamente por ácidos graxos, a proporção de lipídios se altera facilmente com diferentes temperaturas no processamento empregado (CARVALHO et al., 2004). Nos resultados encontrados, o teor de lipídios sofreu alteração com aumento da temperatura, os valores foram maiores nas temperaturas acima de 45 °C, apresentando diferença estatística entre as temperaturas de tratamento térmico dos grãos. Esse resultado está parecido com Mazzucco et al. (2002), que o milho com tratamento térmico de baixa temperatura obteve um menor percentual de lipídios que o milho com tratamento térmico elevada. Haros et al. (2003) explicam que a temperatura

elevada, causa aumento no teor de lipídios, o que pode provocar rancidez oxidativa, o efeito negativo se torna perceptível nos grãos, resulta na deterioração do sabor, aparecimento de ranço com odor característico, altera a textura, reduz o valor nutricional e valor comercial (MORETTO E FETT, 1998).

Nos resultados encontrados neste estudo, o índice de acidez foi proporcional a umidade final dos grãos, após serem submetidos a três temperaturas, demonstra que temperaturas elevadas, causa envelhecimento acelerado dos grãos. A temperatura do ar de tratamento térmico afeta a atividade residual das enzimas lipase e peroxidase (RUPOLLO et al., 2004) e assim, explicam Zadernowski et al. (1999) que através da ação de peroxidase e fosfolipases presentes no grão, acontece o aumento de ácidos graxos dos lipídios, usado como um indicador da deterioração dos grãos.

4.1.2.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Na Figura 7 são apresentadas as características morfológicas determinadas com microscopia eletrônica de varredura dos grânulos de amido, secos com três diferentes temperaturas, em uma ampliação de 5000x.

Figura 7 - Micrografia obtida através de microscopia eletrônica de varredura em 5000x dos amidos em três diferentes temperaturas.

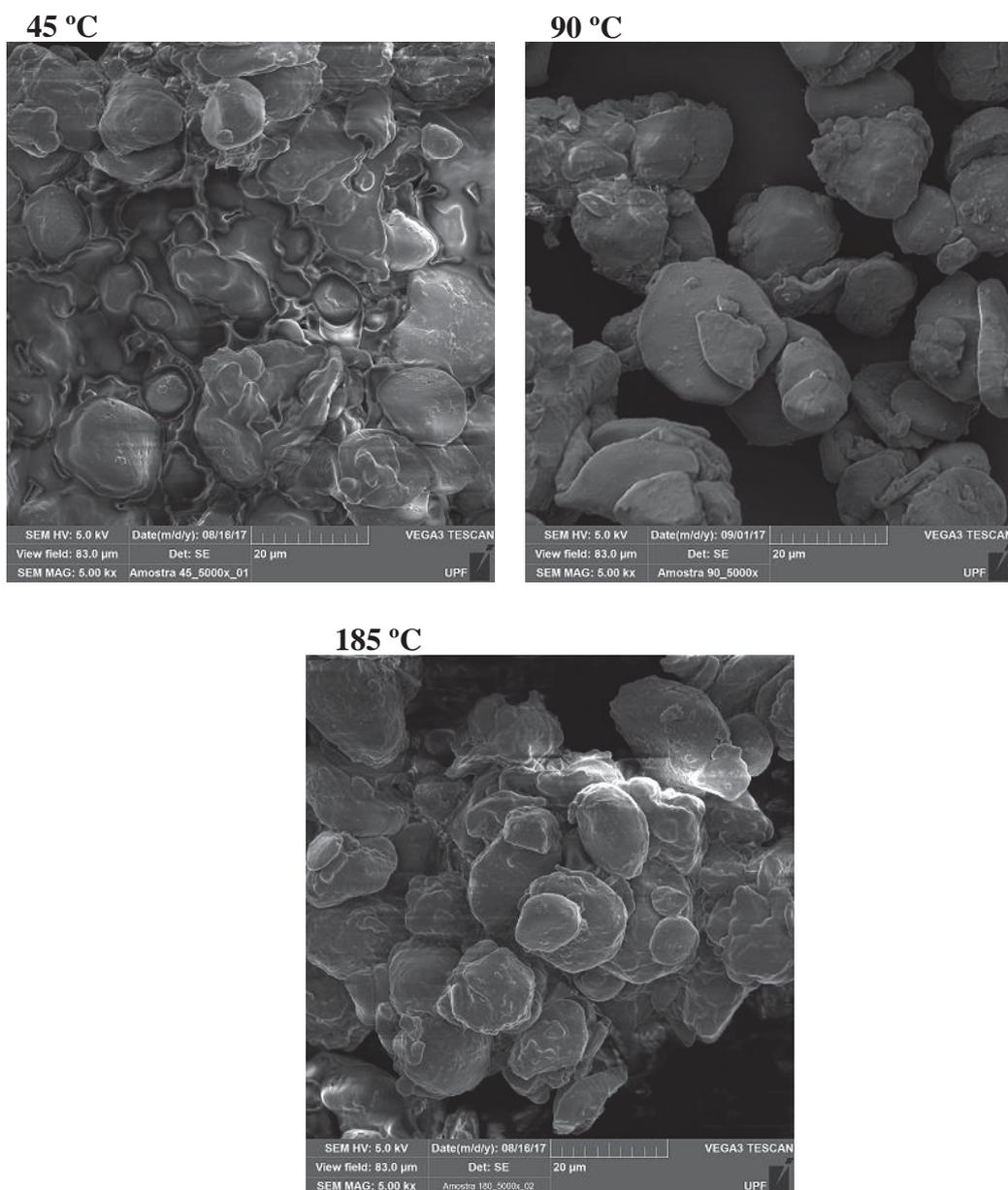


Figura 7. MEV 5000x

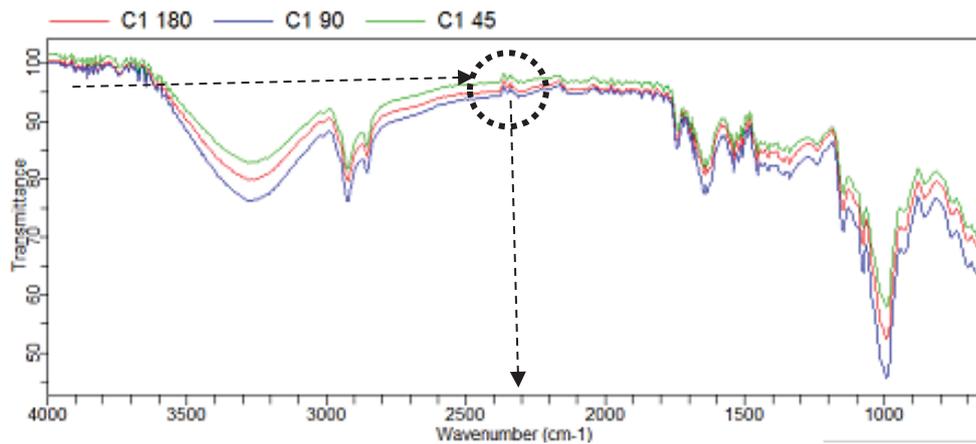
As micrografias dos amidos revelaram diferenças significativas entre a morfologia externa dos amidos nas diferentes temperaturas do tratamento térmico, com 45 °C, provocou alterações morfológicas nos grânulos de amido, demonstrou a desestabilização da estrutura cristalina, grânulos com tamanhos de partículas desuniformes, contudo, se observa os grânulos e a matriz proteica. Em 90° C observa-se a degradação da matriz proteica, presença dos grânulos bem definidos e aumento dos espaços intersticiais, presença de grânulos poliédricos, ovalados, com bordas retas, alguns com vértices acentuados e distribuição mais homogênea de tamanho.

No 180 °C observa-se a desnaturação, a aglomeração de grânulos, a degradação da proteína com o aumento da temperatura, rompimento e fragmentação, alterando a estrutura.

4.1.2.3 Espectroscopia por Infravermelho (FTIR)

O método de FTIR é sensível e com rapidez de registro, a interferência da radiação entre dois feixes, registra o sinal produzido pela combinação das múltiplas frequências (DUPUY, 1993), conforme demonstrado nas Figuras 8 e 9, resultando um interferograma.

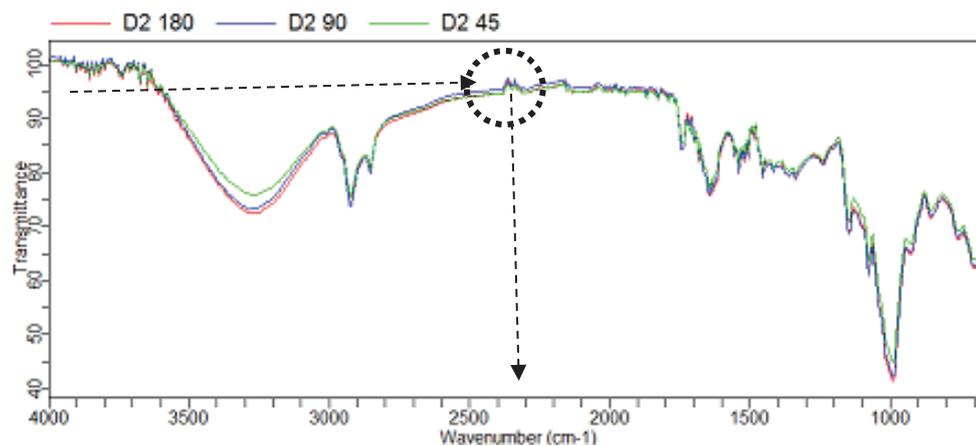
Figura 8 - FTIR do milho M1 (22%) conforme diferentes temperaturas no tratamento térmico



Fonte: Dados do Autor, 2017.

Figura 8. *C1 relaciona-se a Milho 1, e as diferentes cores são os 3 tratamentos térmicos que foram submetidos o milho.

Figura 9 – FTIR do milho M2 (25%) conforme diferentes temperaturas no tratamento térmico



Fonte: Dados do Autor, 2017.

Figura 9. *D2 relaciona-se a Milho 2, e as diferentes cores são os 3 tratamentos térmicos que foram submetidos o milho.

Os resultados de acidez da Tabela 7 são coerentes com os espectros FTIR das Figuras 8 e 9, sendo que as amostras com maiores valores de acidez apresentaram picos mais elevados e na região próxima a $\sim 2.300\text{ cm}^{-1}$. A covariância entre essas análises está alta, o que permite observar uma relação de influência das reações de modificação dos amidos em associação as temperaturas de tratamento térmico, podendo concluir que os picos são decorrentes de resíduos formados devido à degradação parcial das macromoléculas constituintes do amido, resultando em deformações das bandas em virtude da modificação estrutural.

A energia de cada pico em um espectro de absorção corresponde à frequência de vibração de parte da molécula da amostra, a zona da ligação tripla fica no comprimento de onda em torno de $\sim 3600 - 3100\text{ cm}^{-1}$, que caracterizam estiramentos das ligações de amins livres e grupos de ligações C-H nas bandas de $\sim 2900\text{ cm}^{-1}$ (FORATO; BERNARDES -FILHO; COLNAGO, 1998; WANG et al., 2016).

Demiante et al. (2000) explicam que carboidratos como amido, consistem em polissacarídeos contendo uma grande quantidade de grupos OH, já foi encontrado a presença de grupamentos carboxila ácidos em amostras de amidos oxidados, e estes apresentam bandas mais largas e intensas, a identificação dos mesmos quando contêm proteínas, é perceptível pelas bandas da proteína associadas ao seu grupo amina característico que as ligações triplas ficam no comprimento de onda em ~ 2000 a $\sim 2500\text{ cm}^{-1}$ e a zona da ligação dupla 1500 cm^{-1} .

4.1.2.4 Cor

A Tabela 8 apresenta os resultados referentes à cor das amostras de farinha degerminada, dos grãos de milho submetidos a três diferentes temperaturas do tratamento térmico.

Tabela 8 - Avaliação de cor diferenciados em milho M1 (22%) e milho M2 (25%) conforme a umidade que foram colhidos e suas diferentes temperaturas no tratamento térmico

Amostra	L*	- a*	+ b*
M1 45°C	87,31 Aa ±0,1	11,8 Aa ±0,01	34,21 Aa ±0,01
M1 90°C	86,14 Ab ±0,03	12,6 Ab ±0,02	35,49 Ab ±0,02
M1 180°C	84,98 Ac ±0,05	13,5 Ac ±0,01	35,35 Ab ±0,04
M2 45°C	86,56 Ba ±0,06	12,2± Ba 0,03	33,99 Ba ±0,02
M2 90°C	86,41 Ba ±0,08	12,9± Ba 0,02	34,60 Bb ±0,03
M2 180°C	85,15 Bb ±0,1	13,6± Bb 0,03	34,84 Bb ±0,02

Fonte: Dados do autor, 2017.

Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão.

* Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

* Letras maiúsculas na mesma coluna, estão relacionadas a classificação do milho, conforme o teor de umidade que foram colhidos M1 com 22% de umidade, refere-se a letra A e M2 com 25% de umidade está correspondente a letra B.

Os resultados em relação aos três parâmetros analisados, no que se refere à cor, houve diferenças significativas entre as amostras ($p < 0,05$), o grão submetido ao tratamento térmico com 45°C, foi evidenciado com aumento na luminosidade, sendo equiparado com as temperaturas mais elevadas. O parâmetro L* avalia a luminosidade das amostras, quanto mais próximo de zero, mais escuras são as amostras e quanto mais claras, são próximas de 100, a luminosidade pode apresentar relação com a qualidade da farinha, e também com o tipo de moinho utilizado, percebendo que com o aumento da temperatura do tratamento térmico, diminui a luminosidade das amostras, podendo estar associado a maior ruptura dos grãos na moagem. Resultados de luminosidade mais claras, pode estar associada ao aumento na área de superfície, em relação a fragmentação da amostra, que permite maior reflexão da luz (AHMED et al., 2013; ABEDE et al., 2015).

Da mesma forma, o aumento observado nas coordenadas de cromaticidade a* e b* indicam tendência a tons avermelhados e amarelados, demonstrando farinhas mais escuras, podendo estar relacionado as temperaturas de tratamento térmico que foram submetidos, contudo, a variação de valores é pequena, sendo pouco perceptíveis para a cromaticidade b*.

4.1.2.5 Amilose, amilopectina e amido danificado

Na Tabela 9 estão apresentados os resultados da quantificação de amilose, amilopectina e os teores de amido danificado dos grãos de milho submetidos ao tratamento térmico e

separados conforme os diferentes teores de umidade que os grãos de milho foram colhidos, M1 com 22% e M2 com 25%.

Tabela 9 – Amilose, amilopectina e avaliação do amido danificado do milho, conforme o teor de umidade que foram colhidos e suas diferentes temperaturas no tratamento térmico

Amostras	Amilose g/100g	Amilopectina g/100g	Amido Danificado
M1 45°C	33,31 Aa ±0,01	66,69 Aa ±0,03	5,40 Aa ±0,09
M1 90°C	30,12 Ab ±0,02	69,88 Ab ±0,01	4,14 Ab ±0,02
M1 180°C	31,49 Ab ±0,02	68,51 Ac ±0,01	4,70 Ac ±0,06
M2 45°C	32,76 Ba ±0,02	67,24 Ba ±0,02	4,81 Ba ±0,09
M2 90°C	32,61 Ba ±0,01	67,39 Ba ±0,03	4,54 Ba ±0,21
M2 180°C	30,90 Bb ±0,03	69,10 Bb ±0,02	4,64 Ba ±0,14

Fonte: Dados do autor, 2017.

Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão.

*Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

*Letras maiúsculas na mesma coluna, estão relacionadas a classificação do milho, conforme o teor de umidade que foram colhidos M1 com 22% de umidade, refere-se a letra A e M2 com 25% de umidade está correspondente a letra B.

Conforme os resultados encontrados, houve diferença estatística nos valores de amilose e amilopectina em relação as diferentes temperaturas do tratamento térmico, a diferença aparecerá no momento de inchamento e solubilidade dos grânulos, os principais determinantes para a formação de uma pasta viscosa, é a amilose e amilopectina que induzem a gradual perda da integridade granular, causado pela lixiviação. O amido pode apresentar diferentes quantidades de amilose variando entre 1% a 37% (TECHAWIPHARAT et al., 2008), devido à capacidade das cadeias ramificadas de amilopectina interagirem com o iodo e superestimarem a amilose. A intervenção na retrogradação, ocorre com amidos ricos em amilose apresentando um elevado grau de associação (CEREDA, 2001), devido a fácil aproximação das estruturas lineares e com os fenômenos da amilopectina por ocorrer somente na periferia da molécula (RIBEIRO E SERAVALLI, 2004).

Nos valores encontrados de amido danificado na Tabela 9, houve uma pequena diferença entre as amostras, podendo ter sido causada pela moagem, com as etapas de quebra e redução do grão através da intensidade do processo, ou pelas diferentes temperaturas no tratamento térmico. Os danos mecânico e térmico variam com a dureza dos cereais, os grãos não ficam ardidos apenas na superfície, mas contemplam modificações na região interna, podem causar mudanças na cor, textura e também vida de prateleira dos produtos (DELCOUR; HOSENEY, 2010; LI et al., 2013).

4.1.2.6 Índices de absorção em água (IAA) e solubilidade em água (ISA)

Na Tabela 10 estão apresentados os valores de IAA e ISA dos grânulos dos amidos, diferenciados conforme o teor de umidade que os grãos de milho foram colhidos M1 a 22% e M2 a 25%, e suas diferentes temperaturas no tratamento térmico.

Tabela 10 - Valores de IAA e ISA, diferenciados conforme o teor de umidade que foram colhidos os grãos de milho e suas diferentes temperaturas no tratamento térmico

Milho	IAA	ISA
M1 45°C	3,42 Aa ±0,09	0,13 Aa ±0,01
M1 90°C	3,23 Ab ±0,02	0,13 Aa ±0,06
M1 180°C	2,96 Ac ± 0,1	0,10 Aa ±0,08
M2 45°C	3,32 Ba ±0,2	0,14 Ba ±0,09
M2 90°C	3,24 Bb ±0,21	0,098 Ba ±0,05
M2 180°C	3,10 Bc ±0,09	0,092 Ba ±0,06

Fonte: Dados do autor, 2017.

Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão.

*Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

*Letras maiúsculas na mesma coluna, estão relacionadas a classificação do milho, conforme o teor de umidade que foram colhidos M1 com 22% de umidade, refere-se a letra A e M2 com 25% de umidade está correspondente a letra B.

Nos resultados obtidos, observou baixa diferença significativa entre as diferentes amostras, contudo, constatou-se que altas temperaturas de tratamento térmico, causam rigidez nos grânulos de amido, reduzindo a capacidade de inchamento e solubilidade. Modificando a região amorfa dos grânulos, afetando a capacidade de ligação da água, e por consequência o comportamento de inchamento dos grânulos (MALUMBA et al., 2009; MALUMBA et al., 2010).

De acordo com Paraginski (2013), pode-se atribuir o maior valor de solubilidade aos grânulos de amido menos rígidos, estes permitem a lixiviação de compostos no momento do aquecimento, a força de ligação dentro dos grânulos de amido, influenciam o poder de absorção, Nayouf et al. (2003) explicam que este fenômeno é o resultado de grânulos inchados sem água intersticial entre as partículas.

4.1.3 PROPRIEDADES REOLÓGICAS

4.1.3.1 Propriedades de pasta

A Tabela 11 apresenta os resultados dos amidos de milho em relação a temperatura de gelatinização, viscosidade máxima, viscosidade mínima e tendência a retrogradação.

Tabela 11 - Propriedades de pasta dos amidos, conforme o teor de umidade que os grãos de milho foram colhidos e suas diferentes temperaturas no tratamento térmico

Milho	Viscosidade Máxima RVU**	Quebra RVU**	Viscosidade Final RVU**	Tendência a Retrogradação RVU**
M1 45°C	314,86 Aa ±5,65	141,40 Aa±3,41	389,25 Aa±2,65	215,78 Aa±4,55
M1 90°C	267,39 Ab ±7,10	122,97 Ab±7,63	340,11 Ab±5,10	195,70 Ab±5,20
M1 180°C	213,75 Ac ±2,94	26,46 Ac±9,65	412,00 Aa±6,90	224,71 Aa±3,45
M2 45°C	296,11 Ba ±5,85	138,33 Ba±5,05	368,06 Ba±9,30	210,28 Ba±2,60
M2 90°C	302,42 Ba ±7,13	97,50 Bb±6,05	446,86 Bb±8,42	247,61 Bb±4,22
M2 180°C	233,03 Bb ±6,92	18,00 Bc±8,55	462,55 Bc±7,66	247,53 Bb±6,50

Fonte: Dados do autor, 2017.

Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão.

* Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

* Letras maiúsculas na mesma coluna, estão relacionadas a classificação do milho, conforme o teor de umidade que foram colhidos M1 com 22% de umidade, refere-se a letra A e M2 com 25% de umidade está correspondente a letra B.

** RVU: Rapid Visco Unit

Os amidos submetidos a altas temperaturas tiveram a viscosidade máxima e a quebra da viscosidade reduzida pelo tratamento térmico, causada pela ruptura dos grânulos intumescidos devido as diferentes estruturas das moléculas de amilose e amilopectina. Horndok e Noomhorm (2007) encontraram em amido de arroz, uma redução no pico de viscosidade e concluíram que a redução da quebra da viscosidade dos amidos, é promovida pelo tratamento térmico. Foi possível verificar que parâmetros viscoamilográficos são alterados com as interações do amido em relação as quantificações da sua composição química, principalmente lipídios e proteínas, a perda da estrutura com o aquecimento, reflete na capacidade do amido em absorver água, no momento da gelatinização (Zhou et al., 2003; Singh et al., 2011).

A viscosidade final e a tendência de retrogradação do amido reduziu com o aumento do teor de umidade dos tratamentos, ou seja, amidos com tratamento térmico a 45°C e umidade estimada a 13%, obtiveram valores mais baixos desses teores, concluindo-se que quanto menor o teor de amilose lixiviada, menor a capacidade de retrogradação. De acordo com Lan et al.

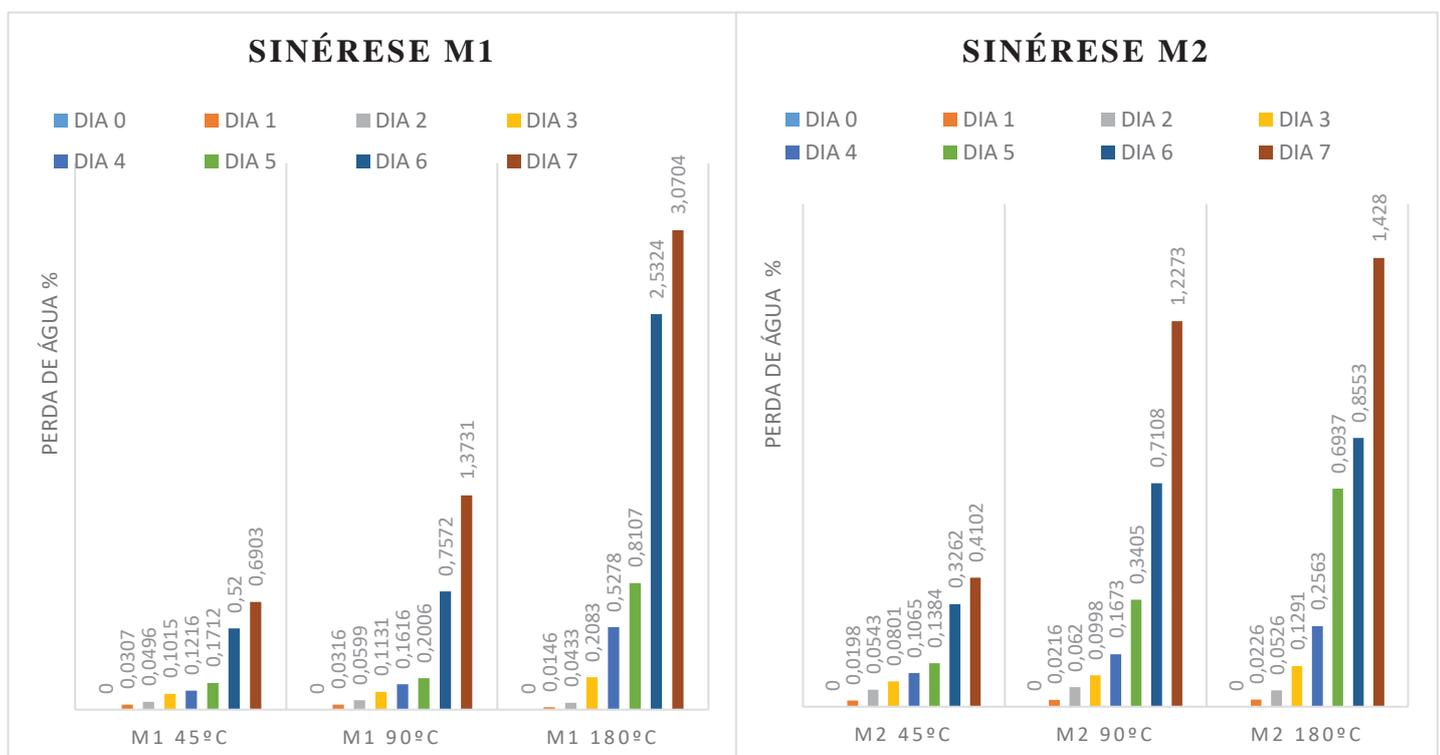
(2008), a capacidade de retrogradação é influenciada pela lixiviação, pela presença de grânulos inchados, desfragmentados e rígidos, demonstram que nas diferentes formas de temperatura (Zhou et al.,2003) reduz os valores de quebra e elevação dos valores de retrogradação.

Na tendência a retrogradação do amido de milho foi observado os maiores valores nas amostras submetidas ao tratamento térmico com temperatura de 180°C, devido as mudanças que ocorrem nas propriedades de pasta pelo calor, estas modificações têm associação com as cadeias dentro da região amorfa do grânulo e sua cristalização durante o tratamento (MALUMBA et al., 2010).

4.1.3.2 Firmeza e retrogradação do gel

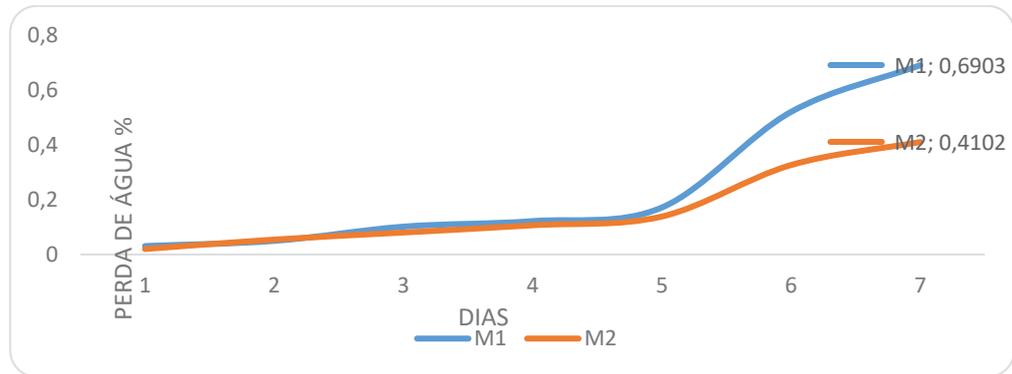
Os resultados da sinérese estão apresentados nas figuras dos gráficos com as temperaturas de tratamento térmico que foram submetidos os grãos de milho, a retrogradação do amido de milho foi acompanhada durante 7 dias à uma temperatura de 4 °C.

Gráfico 1 - Comparação da Sinérese dos grãos de milho (M1 e M2) conforme teor de umidade que foram colhidos e temperaturas de tratamento térmico



Fonte: Dados do autor, 2017

Gráfico 2 – Sinérese de grãos de milho submetidos ao tratamento térmico de 45°C

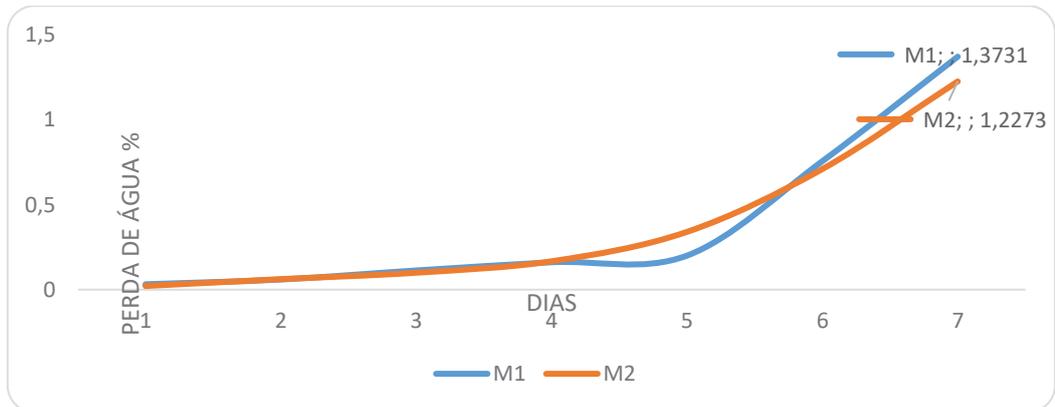


Fonte: Dados do autor, 2017.

*M1 milhos colhidos com teor de umidade de 22%

*M2 milhos colhidos com teor de umidade de 25%-

Gráfico 3- Sinérese de grãos de milho submetidos ao tratamento térmico de 90 °C

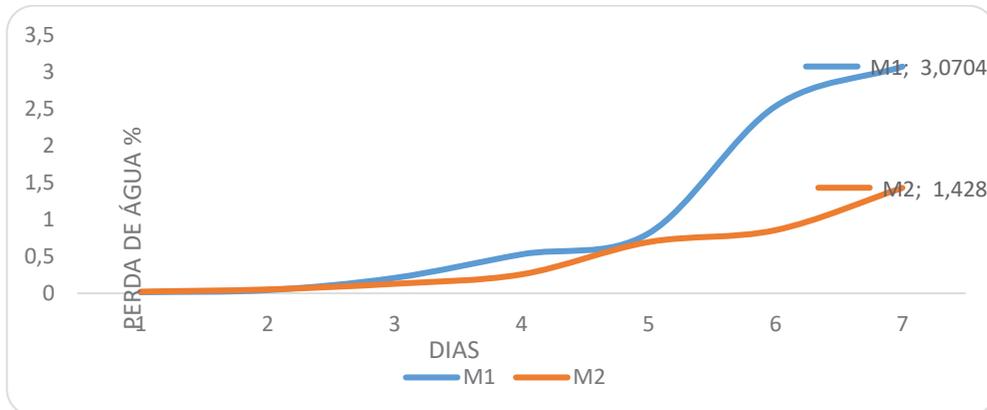


Fonte: Dados do autor, 2017.

*M1 milhos colhidos com teor de umidade de 22%

*M2 milhos colhidos com teor de umidade de 25%-

Gráfico 4- Sinérese de grãos de milho submetidos ao tratamento térmico de 180 °C



Fonte: Dados do autor, 2017.

*M1 milhos colhidos com teor de umidade de 22%

*M2 milhos colhidos com teor de umidade de 25%-

Nos gráficos estão apresentados os valores de sinérese obtidos dos cereais submetidos a temperaturas de tratamento térmico a 45°C, 90°C e 185°C respectivamente, observando a classificação do milho, o classificado como duro (M2), teve menor perda de água do que o semiduro (M1), demonstraram que o grau de inchamento dos grânulos, lixiviação de amilose e da amilopectina, perda da estrutura molecular, da cristalização e de recristalização dificultam a saída de água, Denardin; Silva (2009) avaliaram que este comportamento se deve ao fato da oxidação dos grânulos reduzir o tamanho das cadeias que compõem o amido.

Os grãos secos a 45°C, obtiveram uma taxa de tendência a retrogradação (215,78 e 210,28), menores do que os com tratamento térmico a altas temperaturas, e os mesmos, dispuseram de teores mais baixos de sinérese, a média de perda de água em relação aos 7 dias, 0,2407 para M1 e 0,1622 para M2. Esses resultados, podem ser explicados por Rojas et al., (1999), frisando que valores baixos na tendência de retrogradação, são indicativos de baixas taxas de cristalização e conseqüentemente sinérese. De acordo com Pattison (2013), esta redução pode ter relação com a composição química, os lipídios podem diminuir a hidratação dos grânulos de amido, dificultando a reorganização das cadeias poliméricas, a redistribuição da água pode retardar a retrogradação do amido.

4.1.3.3 Perfil de textura do gel de amido

Na Tabela 12, encontra-se o gráfico do perfil de textura do gel de amido de milho.

Tabela 12 - Perfil de textura do gel de amido dos grãos de milho submetidos a três diferentes temperaturas

Amostras	DUREZA	ADESIVIDADE	COESIVIDADE	GOMOSIDADE
M1 45°C	269,59 Aa ±33,78	-346,57 Aa ±5,85	0,50 Aa ±0,026	136,09Aa ±9,99
M1 90°C	230,18 Aa ±69,69	-1005,65 Ab ±0,584	0,50 Aa ±0,050	119,47 Ab ± 6,83
M1 180°C	1000,11 Ab ±45,61	-764,17 Ac ± 27,78	0,40 Ab ± 0,011	405,87 Ac ±7,27
M2 45°C	282,00 Ba ±4,67	-451,08 Ba ±34,7	0,44 Ba±0,009	126,33 Ba ±4,69
M2 90°C	529,55 Bb ±2,02	-629,20 Bb ±5,40	0,49 Ba±0,007	260,87 Bb ± 1,08
M2 180°C	924,60 Bc ± 11,98	-1012,93 Bc ± 20,30	0,42 Bb ± 0,010	397,11 Bc ±4,58

Fonte: Dados do autor, 2017.

Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão.

* Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

* Letras maiúsculas na mesma coluna, estão relacionadas a classificação do milho, conforme o teor de umidade que foram colhidos M1 com 22% de umidade, refere-se a letra A e M2 com 25% de umidade está correspondente a letra B.

Para os resultados analisados, as amostras submetidas a diferentes tratamentos térmicos, apresentaram resultados significativamente diferentes ($p < 0,05$), as propriedades de textura dos géis, demonstraram interferências com a composição do amido, principalmente em relação a deformação dos grânulos. Foi possível notar que a dureza do gel do amido é mais elevada quanto maior temperatura do processo térmico submetido o milho, podendo ser devido sua baixa solubilidade. Estes resultados, estão de acordo com Liu et al. (2000) e Horndok e Noomhorm (2007) concluíram que o aumento na dureza de gel pelo tratamento térmico, foi atribuído principalmente na região amorfa, com o aumento das interações entre as cadeias de amido, permitindo uma maior junção da fase contínua do gel, resultando no aumento da dureza.

As amostras de 180 °C tiveram um maior teor de adesividade, representando uma intensa aderência na mastigação (Choi e Kerr 2003), interpretado pelo trabalho necessário para desprender a massa do probe, quando o mesmo retorna a sua posição inicial (BOURNE., 2002).

Percebe-se uma redução na coesividade com o aumento do tratamento do tratamento térmico do milho, sendo simulada por romper ligações internas do gel, podendo ser afetada pela baixa umidade apresentada nas amostras submetidas a temperaturas mais altas, dificultando a resistência do cisalhamento.

Para a gomosidade o resultado foi maior nas amostras submetidas as temperaturas elevadas, considerando que o amido necessita de uma maior força de desintegração do gel, essa diferença pode ser devido a rigidez dos grânulos de amidos submetidos a temperaturas mais elevadas, é à energia requerida para engolir o alimento, desintegração do estado semissólido (KALVIAINEN et al., 2000).

4.1.4 PROPRIEDADES TÉRMICAS

4.1.4.1 DSC

Na Tabela 13 observa-se os resultados da análise térmica de calorimetria exploratória diferencial das amostras que foram submetidas a diferentes temperaturas, dos milhos M1 e M2 respectivamente. A seguir, as figuras 4 e 5 dos gráficos referentes ao DSC, agrupados conforme o tipo de milho classificado, demonstrando a temperatura inicial, o pico e a temperatura final das amostras analisadas.

Tabela 13 - Resultados de DSC dos grãos de milho (M1 e M2) submetidos a três diferentes temperaturas no tratamento térmico

Amostras	Temperatura Inicial	Temperatura Pico	Temperatura Final	Entalpia de Gelatinização (J.g ⁻¹)
M1 45°C	24,85 Aa± 1,08	76,07 Aa± 3,02	123,09 Aa± 1,2	212,18 Aa± 0,9
M1 90°C	22,93 Aa± 1,0	76,83 Aa ± 3,0	116,13 Ab± 0,87	288,29 Ab± 0,88
M1 180°C	24,55 Aa± 1,1	93,61 Ab± 1,5	131,3 Ac± 1,01	294,32 Ac± 0,8
M2 45°C	24,87 Ba± 1,5	70,89 Ba± 2,08	125,49 Ba± 1,05	197,73 Ba± 1,01
M2 90°C	24,82 Ba± 0,8	71,82 Ba± 2,2	129,82 Bb± 0,91	180,80 Bb± 0,79
M2 180°C	24,41 Ba± 1,11	85,46 Bb± 1,23	129,93 Bb± 0,95	259,52 Bc± 0,81

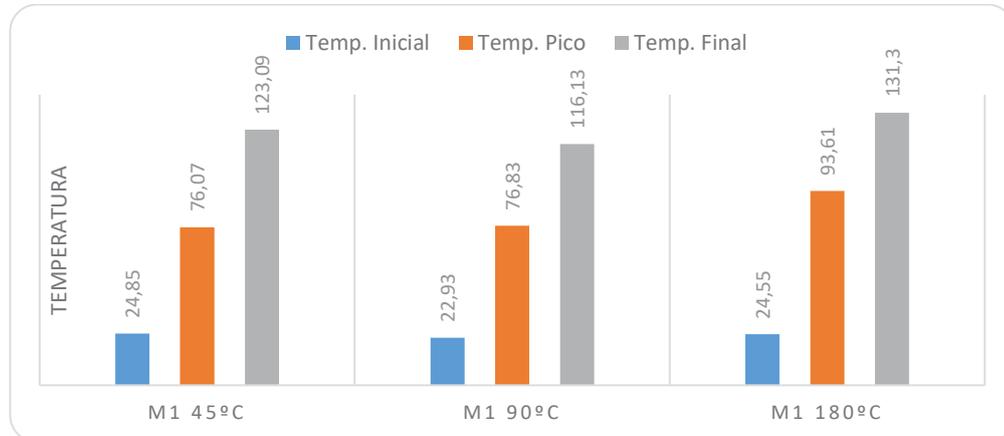
Fonte: Dados do autor, 2017.

Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão.

* Letras diferentes na mesma coluna, diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

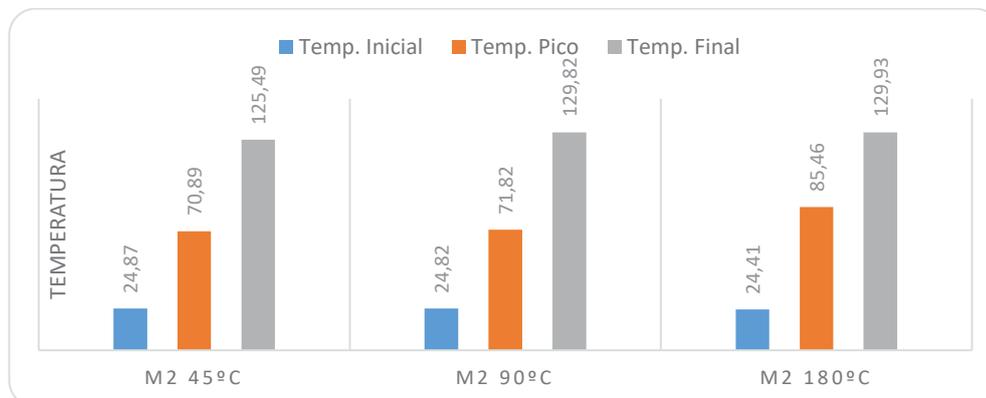
* Letras maiúsculas na mesma coluna, estão relacionadas a classificação do milho, conforme o teor de umidade que foram colhidos M1 com 22% de umidade, refere-se a letra A e M2 com 25% de umidade está correspondente a letra B.

Gráfico 5 - DSC dos grãos de milho (M1) colhido com teor de umidade de 22%, submetidos a temperaturas de 45, 90 e 180 °C



Fonte: Dados do Autor, 2017.

Gráfico 6 – DSC dos grãos de milho (M2) colhido com teor de umidade de 25%, submetidos a temperaturas de 45, 90 e 180 °C



Fonte: Dados do Autor, 2017.

Pode-se verificar analisando a Tabela 13, e os Gráficos 5 e 6 que o tratamento térmico não influenciou significativamente na temperatura inicial do amido de milho, no entanto, no pico de gelatinização e na temperatura final foi possível verificar um acréscimo, que promoveu, também, um aumento na diferença de temperaturas final e inicial. Os valores da temperatura de pico das amostras analisadas neste trabalho, estão parecidos com os observados por Sandhu et al. (2007), que encontraram a temperatura de pico em torno de 65,6, 69,9 e 75,1 °C para diferentes variedades de milho. Com estes resultados foi possível observar a temperatura de reação do material analisado, as diferenças de valores na entalpia, que foi crescente conforme a temperatura inicial do tratamento térmico, podendo estar relacionadas ao tipo de desordem dos cristais no grânulo devido as diferentes temperaturas que os grãos de milhos foram submetidos.

Quando a concentração de água é limitada e o amido de milho possui alterações na sua composição química, a gelatinização não ocorrerá completamente, observando que a temperatura final, bem como a entalpia de gelatinização aumenta os níveis com a diminuição de água (Wang et al., 1991), da mesma forma, Zhong et al.(2005) concluem que os dados fornecidos pelo DSC sobre o amido, tem objetivo de investigar as alterações na estrutura e composição, efeitos da água, através das propriedades de pasta

4.1.5 ANÁLISES DAS CARACTERÍSTICAS DA PASTA DE MILHO PROCESSADO

4.1.5.1 Perfil de textura da pasta de milho processado

Nas Tabelas 14 e 15, observa-se o perfil de textura da pasta de milho processado, submetido a cozimentos, os resultados estão separados por dia 1 e dia 2, conforme foram feitas as análises.

Tabela 14 - Perfil de textura da pasta de milho processado - Dia 1

Amostras	DUREZA	ADESIVIDADE	COESIVIDADE	GOMOSIDADE
M1 45°C	1044,90 Aa± 40,82	-25,531 Aa± 9,41	0,553 Aa± 0,04	577,31 Aa ± 36,65
M1 90°C	1022,28 Aa± 133,1	-42,157 Ab± 30,95	0,656 Ab± 0,09	664,64 Ab± 5,98
M1 180°C	1756,37 Ab± 13,03	-76,290 Ac± 56,51	0,563 Ac± 0,08	985,35 Ac± 138,60
M2 45°C	1318,69 Ba± 312,39	-42,360 Ba± 32,38	0,566 Ba±0,13	740,52 Ba± 178,5
M2 90°C	1330,28 Ba± 46,78	-61,908 Bb± 32,59	0,566 Ba± 0,086	756,14 Bb± 140,06
M2 180°C	1618,34 Bb± 51,05	-32,586 Bb± 30,98	0,587 Bb± 0,09	1056,32 Bc± 21,71

Fonte: Dados do autor, 2017.

Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão.

* Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

* Letras maiúsculas na mesma coluna, estão relacionadas a classificação do milho, conforme o teor de umidade que foram colhidos M1 com 22% de umidade, refere-se a letra A e M2 com 25% de umidade está correspondente a letra B.

Tabela 15 - Perfil de textura da pasta de milho processado - Dia 2

Amostras	DUREZA	ADESIVIDADE	COESIVIDADE	GOMOSIDADE
M1 45°C	1513,31 Aa±4,95	-10,17 Aa± 3,59	0,358 Aa± 0,02	545,85 Aa± 32,06
M1 90°C	1422,16 Ab± 45,98	-36,04 Ab± 4,01	0,370 Ab± 0,03	567,975 Aa± 62,77
M1 180°C	2222,01 Ac± 37,70	-28,32Ab± 16,67	0,446 Ab± 0,22	990,10 Ab± 486,89
M2 45°C	1792,77 Ba± 62,53	-23,24 Ba± 16,72	0,401 Ba± 0,07	717,16 Ba± 108,19
M2 90°C	1887,80 Ba± 167,87	-30,10 Ba±12,63	0,379 Ba± 0,082	737,06 Ba± 172,09
M2 180°C	2444,07 Bb± 264,60	-21,67 Ba± 16,51	0,248 Bb± 0,05	604,67 Ba± 134,73

Fonte: Dados do autor, 2017.

Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão

* Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

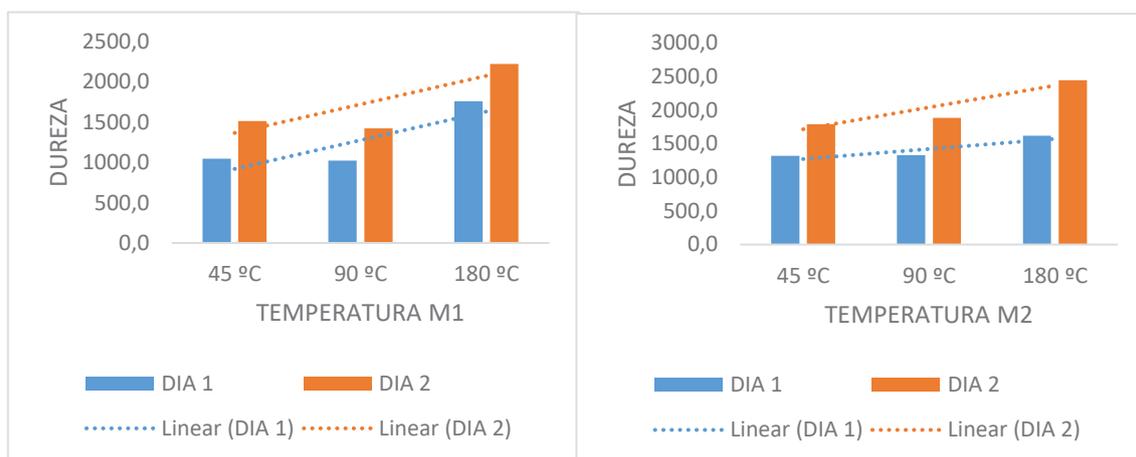
* Letras maiúsculas na mesma coluna, estão relacionadas a classificação do milho conforme o teor de umidade que foram colhidos M1 com 22% de umidade, refere-se a letra A e M2 com 25% de umidade está correspondente a letra B.

Embora a variação dos parâmetros tenha sido pequena entre as amostras de grãos de milho submetidos a diferentes temperaturas, pode-se verificar alterações na textura do gel, e propriedades de pasta. Observou-se maior rigidez dos grânulos com elevadas temperaturas e diminuição da umidade, devido fenômenos que ocorrem nos constituintes dos grãos, a energia precisa ser aumentada para o rompimento da estrutura.

A amilose está diretamente relacionada com a dureza e gomosidade dos géis (Sandhu e Singh, 2007), e o perfil de textura é alterado durante o aquecimento da água e o cisalhamento atribuído, forma grânulos inchados e deformados, ocorre atrito entre os mesmos, afeta a quantidade de amilose lixiviada e a amilopectina (JACOBS et al., 1998). Esses parâmetros de textura são muito importantes para produtos alimentícios, pois permitem antever o grau de adesão dos alimentos, aumentam a estabilidade e melhoram a absorção e a retenção de água durante os ciclos congelamento/descongelamento.

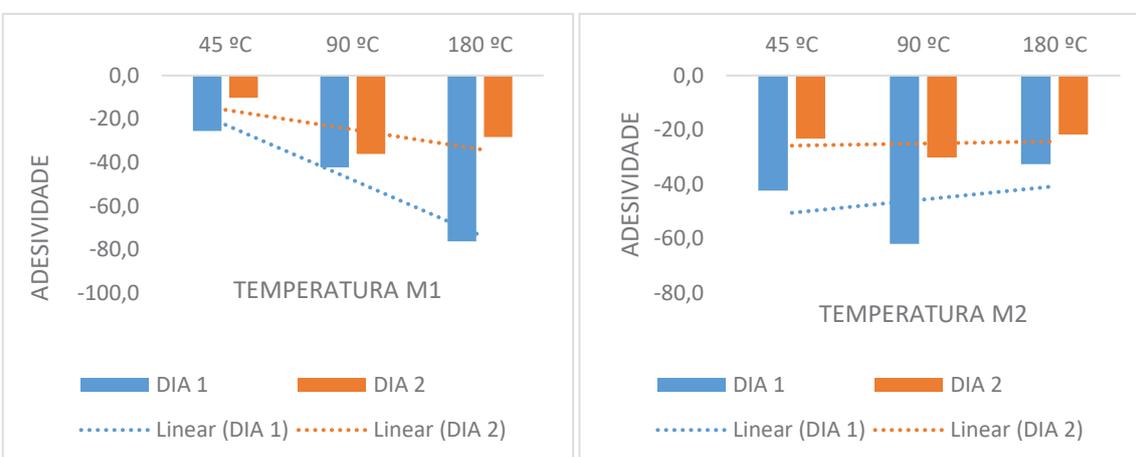
A comparação do primeiro e do segundo dia de análise está representada nas figuras 10, 11, 12 e 13 conforme cada parâmetro analisado para o perfil de textura e separadas por M1 e M2, milhos colhidos com diferente teor de umidade, 22 % e 25% respectivamente.

Figura 10 – Dureza da pasta de milho processado (M1 e M2)



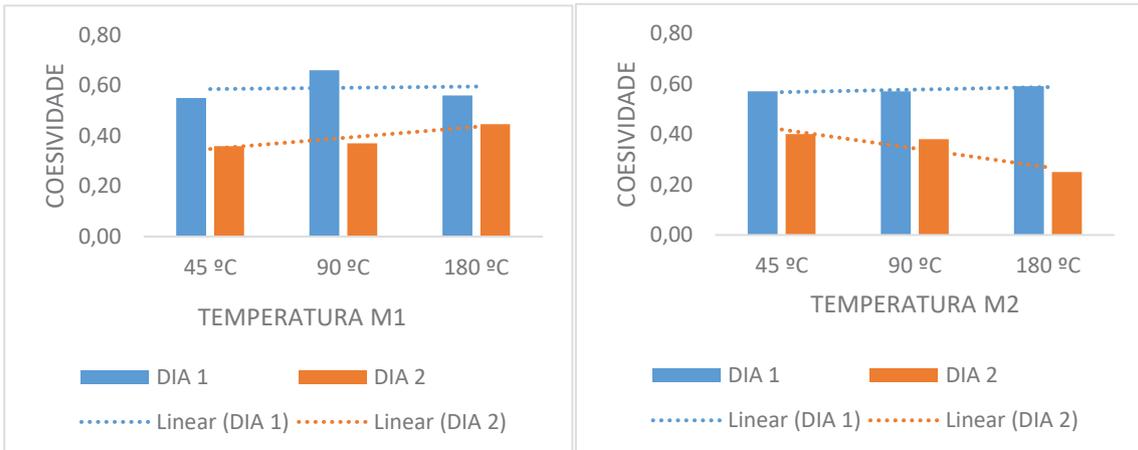
Fonte: Dados do autor, 2017.

Figura 11 – Adesividade da pasta de milho processado (M1 e M2)



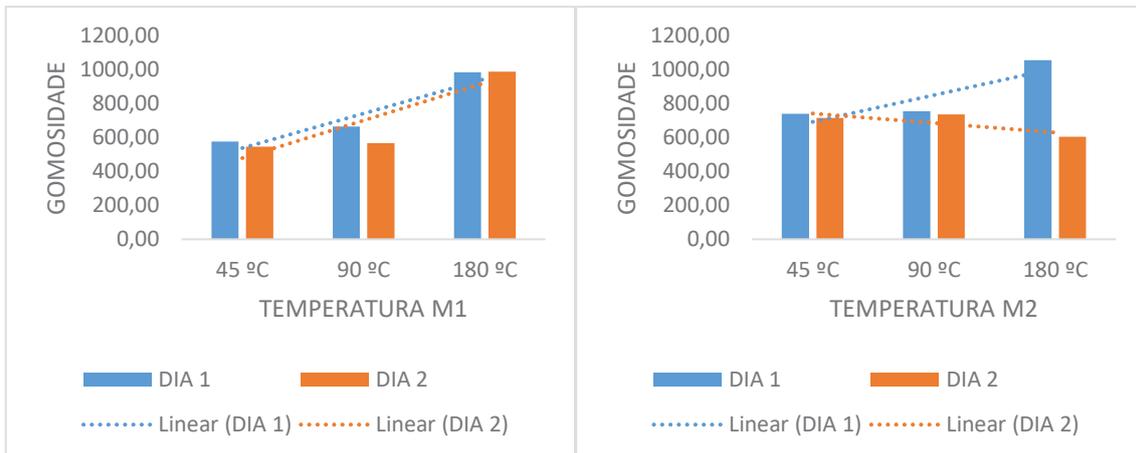
Fonte: Dados do autor, 2017.

Figura 12 – Coesividade da pasta de milho processado (M1 e M2)



Fonte: Dados do autor, 2017.

Figura 13 – Gomosidade da pasta de milho processado (M1 e M2)



Fonte: Dados do autor, 2017.

4.1.5.2 Determinação de atividade de água da pasta de milho processado

A Tabela 16, apresenta a determinação da atividade de água (a_w), das amostras da pasta do amido, a qual está dividida em primeiro e segundo dia de análise, separadas pela classificação do milho em M1 e M2.

Tabela 16 - Determinação a_w da pasta de milho processado

Amostras	a_w Dia 1	a_w Dia 2
M1 45°C	0,940 Aa±0,08	0,973 Aa±0,08
M1 90°C	0,960 Ab±0,01	0,962 Ab±0,01
M1 180°C	0,935 Aa±0,1	0,939 Ac±0,1
M2 45°C	0,940 Ba±0,09	0,947 Ba±0,09
M2 90°C	0,957 Bb±0,02	0,944 Bb±0,02
M2 180°C	0,963 Bb±0,01	0,965 Bc±0,01

Fonte: Dados do autor, 2017

Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão.

* Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

* Letras maiúsculas na mesma coluna, estão relacionadas a classificação do milho conforme sua umidade (M1 22% teor de umidade e M2 25 % teor de umidade)

Observa-se um equilíbrio higroscópico do amido nas diferentes temperaturas do tratamento térmico dos grãos, apresentaram valores de atividade de água na faixa de $a_w 0,95$, o que indica uma proporção boa para conservação e preservação da qualidade durante o armazenamento. Os microrganismos necessitam de água para se desenvolver, quando ocorre diminuição da atividade de água no produto, a velocidade de reações químicas diminui, aumentando a estabilidade e seguridade do produto final (GONELI et al., 2007; ORO., 2013).

4.1.5.3 Umidade da pasta de milho processado

A Tabela 18, segue a determinação umidade, das amostras da pasta de milho processado, referente ao primeiro e segundo dia de análise, separadas pela classificação do milho em M1 e M2.

Tabela 17 – Umidade da pasta de milho processado

Amostras	Umidade Dia 1	Umidade Dia 2
M1 45°C	79,9 Aa ±0,8	78,8 Aa ±0,5
M1 90°C	81,19 Aa ±1,0	80,3 Ab ±0,7
M1 180°C	79,75 Aa ±0,53	76,9 Ac ±0,3
M2 45°C	79,12 Ba ±0,8	79,9 Ba ±0,1
M2 90°C	79,8 Ba ±1,0	80,3 Ba ±0,3
M2 180°C	78,61 Ba ±1,0	79,1 Ba ±0,3

Fonte: Dados do autor, 2017.

Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão.

* Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

* Letras maiúsculas na mesma coluna, estão relacionadas a classificação do milho conforme sua umidade (M1 22% teor de umidade e M2 25 % teor de umidade)

De acordo com os resultados, não foi observado diferença significativa entre eles, contudo, nota-se que as amostras submetidas ao cozimento, obtiveram valores de umidade diferente em relação a farinha crua, o que pode ser atribuído a quantidade de água adicionada durante o preparo do produto, relacionado com o tratamento térmico que pode implicar no índice de absorção e solubilidade, nas propriedades térmicas reológicas e estruturais do amido. Os valores de umidade do produto, apresentam valores inferiores aos encontrados por GIACOMELLI et al. (2012), que foram de 84,77 e 83,03%, para polenta preparada com farinha de milho moída à pedra e para polenta preparada com farinha de milho pré-cozida, respectivamente.

5 CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que a aplicação controlada de calor e umidade modifica as propriedades físicas, químicas, reológicas e térmicas do milho, promovendo alterações nas temperaturas de gelatinização do amido, dureza de gel, poder de inchamento e solubilidade.

As temperaturas de tratamento térmico alteraram a morfologia do amido de milho, observada em microscopia eletrônica por varredura, evidenciando diferenças de dispersão e de tamanho de grânulos.

Na patologia dos grãos, os efeitos da temperatura foram favoráveis, ocorrendo redução de fungos em grãos submetidos às temperaturas mais elevadas.

Nas análises de propriedades térmicas do produto foi verificado efeitos adversos no perfil de textura devido as condições de temperatura de tratamento térmico. A temperatura de tratamento térmico que melhor preservou as características tecnológicas do milho foi 45 °C, avaliado através das análises de propriedades físico-químicas e de pasta de milho processado.

Com a elevação da temperatura de tratamento térmico ocorreu perda de qualidade tecnológica. A temperatura de 45°C, para a redução do teor de umidade em grãos de milho, é a mais recomendada, por interferir menos nas propriedades térmicas e reológicas dos grãos de milho, o que pode proporcionar a ampliação e a utilização industrial do produto.

6 REFERÊNCIAS

AACC - AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods of Analysis**. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A. 2010.

ABEBE, W; COLLAR, C; RONDA, F. Impact of variety type and particle size distribution on starch enzymatic hydrolysis and functional properties of tef flours. **Carbohydrate polymers**, v. 115, p. 260-268, 2015.

AHMED, J.; ALMUSALLAM, A. S.; AL-SALMAN, F.; ABDULRAHMAN, M. H.; ALSALEM, E. Rheological properties of water insoluble date fiber incorporated wheat flour dough. **LWT-Food Science and Technology**, v. 51, n. 2, p. 409-416, 2013

ALMEIDA AP, CORREA B, MALLOZZI MAB, SAWAZAKI E, SOARES LMV. Mycoflora and aflatoxin/fumonisin production by fungal isolates from freshly harvested corn hybrids. **Braz J Microbiol**. 2000;31(4):321-6.

ALVES WM, FARONI LRD, QUEIROZ DM, CORRÊA PC, GALVÃO JCC. Qualidade dos grãos de milho em função da umidade de colheita e da temperatura de secagem. **R Bras Eng Agr e Amb [online]**, 2001; disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662001000300017>

ALTAY, F.; GUNASEKARAN, S. Influence of drying temperature, water content, and heating rate on gelatinization of corn starches. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, p.4235–4245, 2006

ANTUNES, L. E.G.; VIEBRANTZ, P. C.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.615-620, 2011

ANVISA. **Nota Técnica nº 226/2013**. 3p. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil** Disponível em: <http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2014-01/nota-tecnica-alimentos--arquivo.pdf>.

ANVISA. **Resolução - RDC nº 274, de 15 de outubro de 2002**. Regulamento Técnico Sobre Limites Máximos de Aflatoxinas Admissíveis no Leite, no Amendoim, no Milho. Brasília - DF: **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2002. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/2002/274_02rdc.htm

ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN JUNIOR, L. Gelatinization of Corn Grits by Roll-and Extrusion-Cooking. **Cereal Science Today**, St. Paul, v.14, n.1, p. 4-12, 1969.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th ed. Washington, DC, 2010.

AOSANI, E. **Efeitos da temperatura do ar de secagem e das condições de armazenamento sobre a conservabilidade de grãos de soja**. 2007. 84f. Dissertação (Mestrado) UFPEL.

ASCHERI, J.L.R.; GERMANI, R. Protocolo de qualidade do milho. Rio de Janeiro: **Embrapa Agroindústria de Alimentos**, 2004.

ATHIÉ, I.; CASTRO, M. F. P. M.; GOMES, R. A. R.; VALENTINI, S. R. T. Conservação de grãos. Campinas, Fundação Cargill, 1998. 236p.

BILIADERIS, C. G. Structures and fase transitions of starch in food systems. **Food Technology**, v. 46, n. 6, p. 98-109, 1992.

BAKKER-ARKEMA, F.W. Selected aspects of crop processing and storage: a review. **Jornal of Agricultural Engineering research**, v.30, n.1, p.1-22, July, 1984.

BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. 2 ed. London: Academic Press, 2002.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Agronegócio – MAPA. **Instrução Normativa Nº 18, de 9 de agosto de 2012**. Especificações para a padronização, classificação e comercialização interna do milho (*Zea mays* L.)

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Agronegócio – MAPA. **Instrução Normativa Nº 60 de 22 de dezembro de 2011**. Especificações para a padronização, classificação e comercialização interna do milho (*Zea mays* L.)

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Agronegócio – MAPA. **Reglamentos a nivel mundial para las micotoxinas en los alimentos y en las raciones en el año 2003**. Estudio FAO: alimentación y nutrición.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Agronegócio – MAPA. **Resolução Nº 138, de 08/02/2017**. Altera a Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 7, de 18 de fevereiro de 2011, que dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos, para alterar os LMT da micotoxina deoxinivalenol (DON) em trigo e produtos de trigo prontos para oferta ao consumidor e os prazos para sua aplicação.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Agronegócio – MAPA. **Resolução Nº 59, de 30/12/2013**. Prorroga para 1 de janeiro de 2017 o prazo para adequação estabelecidos nos artigos 11 e 12 e respectivos anexos III e IV da Resolução - RDC nº 7, de 18 de fevereiro de 2011, que dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos. Disponível em:

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Agronegócio – MAPA. **Resolução RDC Nº 7, de 18/02/2011**. Dispõe sobre limites máximos tolerados para micotoxinas em alimentos.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Agronegócio – MAPA. **Portaria nº. 845 de 08 de novembro de 1976. Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Especificações para a padronização, classificação e comercialização interna do milho (*Zea mays* L.)

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília, Mapa / ACS, 399p., 2009

BRASIL. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária, 1992.

BHUIYAN, M.M.; ISLAM, A.F.; IJI, P.A.. Variation in nutrient composition and structure of high-moisture maize dried at different temperatures. **S. Afr. j. anim. sci.**, Pretoria, v. 40, n. 3,

p. 190-197, jan. 2010.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W. & HALL, C.W. **Drying cereal grains**, Westport: AVI Publishing, 1974.

BRUMOVSKY, J. O., THOMPSON, D. B. Production of boiling-stable granular resistant starch by partial acid hydrolysis and hydrothermal treatments of highamylose maize starch. **Cereal Chemistry**, v. 78, n. 6, p. 680-689, 2001.

BULÉON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V.; BALL, S. Starch granules: structure and biosynthesis. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 23, n. 2, p. 85-112, 1998.

CASA, R.T.; MOREIRA, E.N.; BOGO, A.; SANGOI, L. Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e rendimento de grãos em híbridos de milho submetidos ao aumento na densidade de plantas. **Summa Phytopathologica**, v.33, p.353-357, 2007.

CASA, R.T.; REIS, E.M.; KUHNEM, P.R.; HOFFMANN, L.L. **Doenças do milho: guia de campo para identificação e controle**. Lages, p.82, 2016

CARNEIRO, L. M. T. A.; BIAGI, J. D.; FREITAS, J. G.; CARNEIRO, M. C.; FELÍCIO, J. C. **Diferentes épocas de colheita, secagem e armazenamento na qualidade de grãos de trigo comum e duro**. *Bragantia*, v.64, p.127-137, 2005

CARVALHO, D. C. O. et al. Composição Química e Energética de Amostras de Milho Submetidas a Diferentes Temperaturas de Secagem e Períodos de Armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 358-364, mar./abr. 2004.

CARVALHO, D. C. O.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; OLIVEIRA, J. E.; JÚNIOR, J. G. V.; TOLEDO, R. S.; COSTA, C. H. R.; OLIVEIRA, J. E.; SOUZA, R. M. Coeficiente de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos e valores de aminoácidos digestíveis do milho submetido a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 38, n. 5, p. 850-856, maio 2009.

CEREDA, M. P. (org.). Propriedades gerais de amido. (Série: Culturas de tuberosas amiláceas latino-americanas, v. 1), São Paulo, Fundação Cargill, 2001, v. 1. Cap. 8. 221p.

COSTA C. A. Centro De Tecnologia E Recursos Naturais. Dissertação – Ppg Em Engenharia Agrícola. **Propriedades Físicas, Mecânicas E De Fluxo De Produtos Agroindustriais**. Universidade Federal De Campina Grande – Paraíba fevereiro de 2013.

CONAB - **Boletim de grãos de 2016/2017 da CONAB**. Acomp. safra bras. grãos, v. 4 Safra 2016/17 - Sétimo levantamento, Brasília, p. 1-160 abril 2017. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_04_17_17_20_55_boletim_graos_a_br_2017.pdf

CONAB - **Boletim de grãos de 2017/2018 da CONAB**. Acomp. safra bras. grãos, v. 5 Safra 2017/18 - Quinto levantamento, Brasília, p. 1-140. fevereiro 2018. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_02_08_17_09_36_fevereiro_2018.pdf

CHOI, S. G.; KERR, W. L. Water mobility and textural properties of native and hydroxypropylated wheat starch gels. **Carbohydrate Polymers**, v. 51, n. 1, p. 1-8, 2003.

DALPASQUALE, V.A., PEREIRA, D.A.M; SINICIO, R.; OLIVEIRA FILHO, D. Secado de granos a altas temperaturas. **Oficina Regional de la Fao para America Latina y el caribe**, Santiago-Chile. 1991. P.77.

DELCOUR, J.A.; HOSENEY, R.C. **Principles of Cereal Science and Technology**. Editora AACCI International, 270p., 3º edição. 2010

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Food Science and Technology**, v. 39, n. 3, p. 945-954, jun. 2009.

DEMIATE, I.M.; DUPUY, N.; HUVENNE, J.P.; CEREDA, M.P.; WOSIACKI, G. Relationship between baking behavior of modified cassava starches and starch chemical structure determined by FTIR spectroscopy. **Carbohydrate Polymers**, v. 42, n. 2, 149-158, 2000.

DEVILLA, I. A.; COUTO, S.M.; QUEIROZ, D.M. de; DAMASCENO, G. S.; REIS, F. P. Qualidade de grãos de milho submetidos ao processo de seca-aeração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v. 3, n. 2, p. 211-215, 1999.

DILKIN, P.; MALLMANN, C.A.; SANTURIO, J.M.; HICKMANN, J.L. Classificação macroscópica, identificação da microbiota fúngica e produção de aflatoxinas em híbridos de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, p.137-141, 2000.

DOUBLIER, J. L.; PATON, D.; LLAMAS, G. A rheological investigation of oat starch pastes. **Cereal Chemistry**, v. 64, n. 1, p. 21 – 26, 1987.

DUPUY, N. **Analyse quantitative par spectrométrie moyen infrarouge par transformée de Fourier. Mise au point des protocoles transposables en milieu industriel**. Lille. 1993. 120 p. These de doctorat. Université du Droit et de la Santé de Lille.

DUPUY, N. **Chimiometrie en spectrometrie infrarouge**. Lille. 1997. 90 p. Memoire présenté à l'Université des Sciences et Technologie de Lille pour obtenir l'habilitation a diriger les recherches.

EICHELBERGER, L., PORTELLA, J.A., **Secagem de Grãos**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa Trigo, Passo Fundo, 2001.

EIRAS D.L. **Perda de matéria seca em grãos de milho submetidos a sistemas de secagem natural e artificial**. Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp – Campus de Botucatu 2013.

ELIAS, M.C. Operações de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos. In: ELIAS, M.C. (Ed.) **Pós-colheita de Arroz: Secagem, Armazenamento e Qualidade**. Pelotas: Edgraf UFPel, 2007.

FAO. **Worldwide Regulations for Mycotoxins**. Un compendio. Estudio FAO: Alimentación y nutrición 64, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Itália. (1995)

FENNEMA, O. R. **Química de alimentos**. Editora Artmed, 4ª Ed., 2010

FLEURAT-LESSARD, F. Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach. **Journal of Stored Products Research**, v.38, n.2, p.191-218, 2002.

FORATO, L.A.; BERNARDES-FILHO, R.; COLNAGO, L.A. Protein Structure in KBr Pellets by Infrared Spectroscopy Protein Structure in KBr Pellets by Infrared Spectroscopy. **Analytical biochemistry**. V. 259, 1998.

FREITAS et al. A rheological description of mixtures of a galactoxiloglucan with high amylose and waxy corn starches. **Carbohydrate polymers**, v. 51, p. 25-32, 2003.

FROES L.O., FALQUETO M.A.O., CASTRO M. A.O., NAVES M.M.V. Gérmen com pericarpo de milho desengordurado na formulação de biscoitos tipo cookie. **Ciência Rural**, v.42, n.4. ISSN 0103-8478. abril 2012. Santa Maria.

GALLIARD, T.; Hydrolytic and oxidative degradation of lipids during storage of whole meal flour: Effects of bran and germ components. **Journal Cereal Science**, v.4, p.179-192, 1986.

GARCIA, V.; COLONNA, P.; BOUCHET, B.; GALLANT, D. J. Structural changes of cassava starch granules after heating at intermediate water contents. **Starch/Starke**, Weinheim, v. 49, n. 5, p. 171-179, 1997.

GERMANI, R.; WATANABE, E.; CARVALHO, J. L. V de; BENASSI, V. de T. **Curso de controle de qualidade tecnológica do grão e da farinha de trigo**. Rio de Janeiro: CTAA/EMBRAPA, 1998. 66p. (Apostila de curso).

GIACOMELLI, D.; MONEGO, B.; DELAGUSTIN, M. G.; BORBA, M. M.; RICALDE, S. R.; FACCO, E. M. P.; SIVIERO, J. Composição Nutricional das Farinhas de Milho Pré-Cozida, moída à Pedra e da Preparação Culinária "Polenta". **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 23, n. 3, p. 415-420, jul./set. 2012.

GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; REIS NETO, S. A dos. Estudo da difusão de umidade em grãos de trigo durante a secagem. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n.1, p. 135-140, 2007.

GOPINGER, E.; ZIEGLER, V.; CATALAN, A. A. S.; KRABBE, E. L.; ELIAS, M. C.; XAVIER, E. G. Whole rice bran stabilization using a short chain organic acid mixture. **Journal of Stored Products Research**, Manhattan, v. 61, n. 1, p. 108-113, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2015.01.003>.

GUERREIRO, L. M. R.; MENEGUELLI, F. C. Influência do tratamento térmico e da acidez no comportamento reológico de amidos nativos funcionais de milho cerosos orgânicos comerciais. **Food Science and Technology**, v. 29, n. 2, p. 412-419, jun. 2009.

GUTKOSKI, L. C.; EICHELBERGER, L.; SANTIN, J. A.; PORTELLA, J. A.; SPIER, F.; COLUSSI, R. Avaliação da composição química de milho seco e armazenado em silo tipo alambrado com ar natural forçado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s.l.], v. 29, n. 4, p.879-885, dez. 2009.

HARRINGTON, J.F. Seed storage and longevity. In: KOZLOWSKI, T.T., (Ed.). **Seed Biology**,

New York: Academic Press, 1972. v.3.p.145-245

HAROS, M.; TOLABA, M-P.; SUAREZ, C. Influence of corn drying on its quality for the wet-milling process. **Journal of Food Engineering**, v.60, p.177-184, 2003.

HASJIM J, LI E, DHITAL S. Milling of rice grains: effects of starch/flour structures on gelatinization and pasting properties. **Carbohydr Polym.** 2013 Jan 30;92(1):682-90. doi: 10.1016/j.carbpol.2012.09.023

HASJIM, J.; JANE, J.; Production of resistant starch by extrusion cooking of acid modified normal-maize starch. **Journal of Food Science**, v.74, p.C556- C562, 2009.

HONGSHENG LIU, LONG YU, GEORGE SIMON, KATHERINE DEAN, LING CHEN. Effects of annealing on gelatinization and microstructures of corn starches with different amylose/amylopectin ratios. **Carbohydrate Polymers** 77 (2009) 662–669

HORMDOK, R; NOOMHORM, A. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 40, n. 10, p. 1723-1731, 2007.

JACOBS, H.; DELCOUR, J. A. Hydrothermal Modifications of Granular Starch, with Retention of the Granular Structure: A Review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, n. 8, p. 2895-2905, 1998.

JANE, J.; CHEN, Y. Y.; LEE, L. F.; MCPHERSON, A. E.; WONG, K. S.; RADOSAVLJEVIC, M.; KASEMSUWAN, T. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chemistry**, v. 76, n. 5, p. 629-637, 1999

JULIATTI, F. C.; ZUZA, J. L. M. F; SOUZA, P. P de; POLIZEL, A. C. Efeito do genótipo de milho e da aplicação foliar de fungicidas na incidência de grãos ardidos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 34-41, Apr. /June de 2007.

KALVIAINEN, N.; ROININEN, K.; TUORILA, H. Sensory characterization of texture and flavor of high viscosity gels made with different thickeners. **Journal of Texture Studies**, v. 31, n. 4, p. 407-420, 2000.

KAWASHIMA, L. M.; SOARES, L. M. S. Incidência de fumonisina B1, aflatoxinas B1, B2, G1 e G2, ocratoxina A e zearalenona em produtos de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n.3, p. 516-521, 2006.

LAN, H.; HOOVER, R.; JAYAKODY, L.; LIU, Q.; DONNER, E.; BAGA, M.; ASARE, E.K.; HUCL, P.; CHIBBAR, R.N. Impact of annealing on the molecular structure and physicochemical properties of normal, waxy and high amylose bread wheat starches. **Food Chemistry**, v. 111, n. 3, p. 663-675, 2008.

LAZZARI FA. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. 2. ed. Curitiba: edição do autor; 1997

LI, J., CHENG, Y., TATSUMI, E., SAITO, M. & YIN, L. (2013). A novel approach to improving the quality of bittern-solidified tofu by w/o controlled-release coagulant using the improved coagulant in tofu processing and product evaluation. **Food Bioproc.Technol**, 6, 1801–1808

- LIMA, G.J.M.M. de; Milho e Subprodutos para alimentação animal. **Simpósio Sobre Ingredientes Na Alimentação Animal**, Campinas SP., 2001.
- LIU H, YU L, CHEN L, LI L. 2007. Retrogradation of corn starch after thermal treatment at different temperatures. **Carbohydr Polym** 69(4):756–62.
- LIU, H.; CORKE, H.; RAMSDEN, L. The effect of autoclaving on the acetylation of ae, wx and normal maize starches. **Starch/Stärke**, v. 52, n. 10, p. 353-360, 2000
- MALUMBA, P.; MASSAUX, C.; DEROANNE, C.; MASIMANGO, T.; BÉRA, F. Influence of drying temperature on functional properties of wet-milled starch granules. **Carbohydrate Polymers**, v.75, p.299-306, 2009.
- MALUMBA, P.; JANAS, S.; ROISEUX, O.; SINNAEVE, G.; MASIMANGO, T.; SINDIC, M.; DEROANNE, C.; BÉRA, F.; Comparative study of the effect of drying temperatures and heat-moisture treatment on the physicochemical and of corn starch. **Carbohydrate polymers**, v.79, p.633-641, 2010.
- MATSUGUMA, L. S. **Caracterização do amido de mandioca salsa (Arracacia xanthorrhiza) nativo e modificado por oxidação**. 2006. 112p. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, 2006.
- MAZIERO, M.T.; BERSOT, L.S. Micotoxinas em alimentos produzidos no Brasil. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.12, p.89-99, 2010.
- MAZZUCO, H.; LORINI, I.; BRUM, P.A.R.; ZANOTTO, D. L.; JUNIOR, W. B.; AVILA, V. S. Composição química e energética do milho com diversos níveis de unidade na colheita e diferentes temperaturas de secagem para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2216- 2220, 2002.
- MILMAN, M.J. Equipamentos para pré-processamento de grãos. Pelotas: **Editora e Gráfica Universidade - UFPEL**, 206p., 2002
- MOORE, R. P. **Effects of mechanical injuries on viability**. In: ROBERTS, E. H. (Ed.) Viability of seeds. London, Chapman and Hall, 1974. p. 94-113.
- MORETTO, E.; FETT, R. Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos. São Paulo: Varela Editora e Livraria Ltda, 1998.
- NAYAKA, S.C.; SHANKAR, A.C.; REDDY, M.S.; NIRANJANA, S.R.; PRAKASH, H.S.; SHETTY, H.S.; MORTENSEN, C.N. Control of *Fusarium verticillioides*, cause of ear rot of maize, by *Pseudomonas fluorescens*. **Pest Management Science**, London, v. 65, p. 769–775, 2009
- NAYOUF, M., LOISEL, C., DOUBLIER, J.L. Effect of thermomechanical treatment on the rheological properties of crosslinked waxy corn starch. **Journal of Food Engineering**, v.59, p.209–219, 2003.
- NONES, J. e SCUSSEL, V.M. Zearalenone, metabolites and their effects on swine reproductive performance: **a review**. **PUBVET**, Londrina, V. 7, N. 9, Maio, 2013.

ORO, T. **Adaptação de métodos para avaliação da qualidade tecnológica de farinha de trigo integral**. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

PARAGINSKI R. T. et al. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Campina Grande, PB, UAEA/UFCG – Disponível em: <http://www.agriambi.com.br> ISSN 1807-1929 v.19, n.4, p.358–363, 2015.

PARAGINSKI, Ricardo Tadeu. **Efeitos da temperatura de armazenamento de grãos de milho (*Zea mays* L.) nos parâmetros de qualidade tecnológica, metabólitos e propriedades do amido**. 2013, 111f. Dissertação (Mestrado) UFPEL

PATTISON, A. L. **Genetic improvement of grain quality for bread making in triticale**. 2013.

PIMENTEL, M. A. G.; FONSECA, M. J. O. Sistemas de Produção Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas: **Colheita e Pós colheita**, 2011.

PINTO, V. Z. **Efeito do tratamento térmico de baixa umidade e da oxidação nas propriedades físico-químicas, reológicas e térmicas do amido de pinhão (*Araucária angustifolia*, Bert, O. Ktze)**. 2011. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

PITT, J. I. **A laboratory guide to common *Penicillium* species**. Australia: Food Science Australia a Joint Venture of CSIRO and AFISC, 2002. 197 p.

PONS, A.; BRESOLIN, M. A cultura do milho. **Trigo e Soja**. Porto Alegre, n. 57, p. 6-31, 1981.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de Grãos**. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986.

RAGASIYA, I. Effect of drying on the baking quality of wheat. Cereal Research Communication. **Szeged**, v.21, n.1, p.87-92, 1993.

RIBEIRO, N. A.; CASA, R. T.; BOGO, A.; SANGOI, L.; MOREIRA, E. N.; WILLE, L. A. Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e produtividade de grãos de genótipos de milho em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v35, n.5, p.1003-1009, 2005

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher. Instituto de Mauá de Tecnologia, 2004.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2 a ed. São Paulo: Edgard Blücher. Instituto de Mauá de Tecnologia, 183p. 2007.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BRENSON, G. O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Piracicaba: Associação brasileira para pesquisa de potassa e do fosfato (Arquivo do agrônomo nº 15) –POTAFOS, 2003.20p.

- ROJAS, J. A.; ROSELL, C. M.; BENEDITO, C. Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. **Food Hydrocolloids**, v. 13, p. 27–33, 1999.
- RUPOLLO, G. et al . Sistemas de armazenamento hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. *Ciência Rural*, v.34, n.6, p.1715-1722, 2004.
- SANDHU, K.S.; SINGH, N.; Some properties of corn starches II: physicochemical, gelatinization, pasting and gel textural properties. **Food Chemistry**, v.101, p.1499-1507, 2007.
- SANTOS, J.P.; MANTOVANI, E.C.; Perdas de grãos na cultura do milho; pré-colheita, colheita, transporte e armazenamento. Sete Lagoas, MG: **EMBRAPA – CNPMS**. Circular Técnica Nº 24. 40p. 1997.
- SCUSSEL, V.M., MIKE, L.H. e LORENI, I., **Armazenagem de Grãos**. IBG – Campinas, SP, 2002.
- SILVA, J.S., AFONSO, D.L. & GUIMARÃES, A. C. Estudo dos Métodos de Secagem In: **Pré-Processamento de Produtos Agrícolas**, Juiz de Fora, Instituto Maria, 1995. 509p.
- SILVA, G. O.; TAKIZAWA, F. F.; PEDROSO, R. A.; FRANCO, C. M. L.; LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S.; DEMIATE, I. M. Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil. **Food Science and Technology**, v. 26, n. 1, p. 188-197, mar. 2006
- SILVA, J.S.; AFONSO, A.D.L.; DONZELLES, S.M.L. Secagem e secadores. In: Silva, J.S., **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**, Viçosa, 2000.
- SIMIONI, D.; OLIVEIRA, M.; PAGNUSSATT, F.A.; DEUNER, C.C.; GUTKOSKI, L.C.; ELIAS, M.C. Parâmetros operacionais na secagem intermitente de grãos de aveia branca cultivar UPFA 20 Teixeira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.2, p.497-502, 2008
- SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR L.; SODHI, N. S.; GILL, B. S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v. 81, n. 2, p. 219–231, maio 2003.
- SINGH, S.; SINGH, N.; MACRITCHIE, F. Relationship of polymeric proteins with pasting, gel dynamic- and Doug empirical-rheology in different Indian wheat varieties. **Food Hydrocolloids**, v. 25, p. 19-24, 2011.
- STRINGHINI, J.H.; MOGYCA, N.S.; ANDRADE, M.A. et al. Efeito da qualidade do milho no desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia** , v.29, n.1, p.191-198, 2000.
- TANAKA, E.K., NETTO, D.P.; SASSAHARA, M.; TAJIRI, A.N.; OLIVEIRA, A.M. Avaliação da presença de micotoxinas em milho e rações destinadas à avicultura comercial de postura nas regiões norte e noroeste do Estado do Paraná. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.24, supl.1, p.79, 2004.
- TECHAWIPHARAT, J.; SUPHANTHARIKA, M.; BEMILLER, J.N. Effects of cellulose derivatives and carrageenans on the pasting, paste, and gel properties of rice starches. **Carbohydrate Polymers**, v. 73, n. 3, p. 417-426, 2008.

TESTER, R. F.; MORRISON, W. R. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylose, and lipids. **Cereal Chemistry**, v. 67, n. 6, p. 551- 557, 1990. VAN ARSDEL, W. B., UND M. J. COPLEY: **Food Dehydration** Vol. II. Products and Technology. AVI Publishing Company, Inc., Westport, Conn. 1964. XI. 721 S., Gr.-8° mit 161 Abb., 65 Tab. geb.,

VERGARA, F.; AMÉZAGA, E.; BÁRCENAS, M.E.; WELTI, J. Analysis of the drying processes of osmotically dehydrated apple using the characteristic curve model. **Drying Technology**, London, v. 15, 1997.

WALTER M., MARCHEZAN E., AVILA L.A., Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.1184-1192, jul, 2008

WANG S.S., CHIANG W.C., ZHAO B.L., ZHENG X.Z. AND KIM I.H. (1991). Experimental analysis and computer simulation of starch-water interaction during phase transition. **Journal of Food Science** 56:121124

WANG, X.Y.; GUO, X.N; ZHU, K.X. Polymerization of wheat gluten and the changes of glutemin macropolymer (GMP) during the production of Chinese steamed bread. **Food Chemistry**, v 201, 2016.

WASSERMANN, L.; MUHLBAUER, W.; SCHREIBER, H. Influence of drying on wheat quality. Part 3: Influence of moisture content of the kernels on drying and baking behavior. **Getreide Mehl Brot. Bochum**, v. 37, n.9, p.268, 1983.

WEBER, F. H., COLLARES-QUEIROZ, F.P., CHANG, Y.K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 29(4): 748-753, out.-dez. 2009

WEBER, É.A., **Armazenagem Agrícola**. Porto Alegre: Kepler Weber Industrial, 1995.

WETZEL, M. M. V. S. Fungos do armazenamento. In: Fundação Cargil-Abrates. **Patologia de sementes**. Campina, SP, 1987.

YOENYONGBUDDHAGAL, S., & NOOHORM, A. (2002). Effect of physicochemical properties of high-amylose Thai rice flours on vermicelli quality. **Cereal Chemistry**, 79(4), 481–485

ZADERNOWSKI, R. et al. The influence of heat treatment on the activity of lipo and hydrophilic components of oat grain. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.23, p.177-191, 1999

ZAVAREZE, E. R. **Extração e tratamentos hidrotérmicos de amido de arroz**. 2009. 118p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal De Pelotas, Pelotas 2009.

ZEPPA G., BERTOLINO M., ROLLE L. Quantitative descriptive analysis of Italian polenta produced with different corn cultivars. **Research Article, SCI**. Published in August 2011.

ZHONG, Z; SUN, S. Thermal characterization and phase behavior of cornstarch studied by differential scanning calorimetry. **Journal of Food Engineering**, v. 69, n. 4, p. 453-459, 2005.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S.; BLANCHARD, C. Effect of rice storage on pasting properties of rice flour. **Food Research International**, v.36, p.625-634, 2003.

7 APÊNDICES

APÊNDICE A – Artigo científico

Efeito do tratamento térmico dos grãos de milho degerminados submetidos a diferentes temperaturas, para elaboração de pasta de milho processado

Bárbara Zago (1), Luiz Carlos Gutkoski (1), Tatiana Oro (1)

1 Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade de Passo Fundo, BR 285, CEP 99052-900, Passo Fundo, RS, Brasil

RESUMO

O milho é produzido em todos os continentes do mundo e utilizado na produção de alimentos em diversas formas para o consumo direto pelo homem e de forma indireta pela ingesta de produtos de origem animal em que se utiliza como um dos ingredientes da ração. O trabalho utilizou dois cultivares de milho, classificados como semiduro e duro, e colhidos com teor de umidade de 25 e 22% respectivamente, submetidos ao tratamento térmico com três diferentes temperaturas 45°C, 90°C e 180°C e controle de umidade de 13% e 10 %. Visando analisar o efeito do calor no milho em relação a qualidade do produto, através dos processos físicos que foram submetidos os grãos. A aplicação controlada de calor e umidade modifica as propriedades do milho, a análise da qualidade do produto, proporcionam diferentes características, aumenta a temperatura de gelatinização do amido, promove um aumento na dureza de gel, e ampliam assim, a utilização industrial. Com a elevação da temperatura de tratamento térmico ocorreu perda de qualidade tecnológica, sendo estas irreversíveis, e que exigem cuidados e controles nas condições empregadas para a redução do teor de umidade em grãos de milho, o que pode proporcionar produtos com diferentes propriedades reológicas resultante da temperatura de tratamento térmico empregado.

Palavras-chave: Zea mays. Grão de milho, Tratamento térmico, Qualidade.

1. INTRODUÇÃO

O milho apresenta grande variabilidade tanto de genótipos, quanto de elaboração de produtos resultando em diversas formas de utilização para a alimentação humana, indústria de rações, indústria de alimentos e na elaboração de produtos à base de milho. A preocupação do mercado consumidor está na presença de contaminantes químicos e biológicos devido o desenvolvimento de fungos, fermentos, bactérias, ácaros e micotoxinas, com menor valoração econômica devido à redução da produtividade e da qualidade industrial dos grãos de milho.

Para evitar a presença de contaminantes biológicos, a conservação dos grãos precisa atender princípios de boas práticas nas operações de pós-colheita e beneficiamento, que compreendem a exclusão, inibição e remoção de microrganismos indesejáveis e materiais

estranhos, sem que continue provocando perdas de massa, diminuição do poder germinativo, redução do vigor, valor nutritivo e comercial. As boas práticas para a conservação de grãos de milho precisam ser aplicadas em todas as etapas da cadeia produtiva, entre estas operações estão a retirada de impurezas, uniformização da umidade da massa de grãos na secagem e o monitoramento da temperatura para a manutenção da qualidade, como peso específico, valor nutritivo, ausência de grãos quebrados e danificados por fungos ou insetos.

A secagem permite o armazenamento de grãos de milho por maior tempo, porque reduz a água, diminui a atividade microbiana e reações químicas, conseqüentemente reduz a proliferação de fungos e produção indesejada de micotoxinas, permitindo a conservação segura e a manutenção da qualidade tecnológica e do milho. Esta operação tem sido realizada com grande intervalo de variação de temperatura. O emprego de temperatura elevada pode afetar as características dos grãos, principalmente o amido. Malumba et al. (2009) demonstraram que altas temperaturas de secagem interferem na extração de amido de milho, pelas alterações nas propriedades físico-químicas como capacidade de inchamento dos grânulos de amido e solubilidade.

Com este trabalho se objetivou estudar o efeito do tratamento térmico que foram submetidos os grãos de milho degerminados, realizado em diferentes temperaturas, no produto final elaborado com a farinha milho, contemplando a avaliação e controle de qualidade de alimentos e a relação dos efeitos que a temperatura de tratamento térmico pode exercer sobre seus componentes de propriedades de pasta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material

O milho foi cultivado na área experimental do CEPAGRO- Universidade de Passo Fundo (UPF), sendo realizada a colheita de dois cultivares. A colheita foi realizada nas umidades de 25% (M1) e 22% (M2). O milho colhido foi imediatamente transportado para o laboratório de Cereais do Cepa - UPF e iniciado os procedimentos de preparo das amostras.

2.2. Delineamento experimental

O trabalho foi realizado em delineamento experimental completamente casualizado do tipo fatorial com o emprego de 2 cultivares de milho cultivadas em mesmo local, três temperaturas de tratamento térmico e 1 tempo de cozimento da farinha (2 x 3 x 1), totalizando 6 tratamentos. As análises foram conduzidas em triplicata e os dados expressos como média \pm desvio padrão

(DP). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), ao nível de 5% de significância seguida pelo teste de Tukey, para comparação das médias.

2.3. PREPARO DAS AMOSTRAS

2.3.1. Classificação dos grãos de milho

A classificação foi realizada de acordo com a Instrução Normativa nº 18, de 9 de agosto de 2012 do MAPA (Brasil, 2012), conforme Art. 25 e também feito a quantificação dos defeitos realizada conforme Brasil (2012).

2.3.2. Tratamento térmico dos grãos de milho

O tratamento térmico dos grãos de milho de cada cultivar teve início no mesmo dia da colheita e foi realizado em seis amostras de 5 quilos cada, em estufas com circulação de ar reguladas nas temperaturas de 45 °C, 90 °C e 180 °C. O tempo de tratamento térmico foi definido pela umidade final, sendo de 13% para o milho seco a 45 °C (padrão) e de 10% nos demais tratamentos. A avaliação de todas as características do tratamento térmico foi através do acompanhamento da umidade dos grãos com medidor GAC 2100 (DICKEY-john, Europa 2009), as amostras foram retiradas em intervalos de tempo, até atingirem a umidade estabelecida 13% e 10%. As temperaturas do ar de tratamento térmico e da massa de grãos, foram monitoradas com termômetro de mercúrio, com escala de 0,5 °C. No momento do tratamento térmico, ficaram localizados em cada secador, com posicionamento específico. Para a temperatura da massa de grãos, após a colocação das amostras em sacos plásticos, foi colocado o termômetro bem ao fundo dos sacos, após 3 minutos efetuou-se a leitura.

2.3.3. Limpeza dos grãos de milho

As amostras secas em estufa e classificadas, submetidas à limpeza com máquina de ar e peneira (Sintel, Intecnial, Brasil), para a separação de materiais estranhos e impurezas. Os valores de materiais estranhos e impurezas foram expressos em porcentagem.

2.3.4. Degerminação

A degerminação com separação da farinha e do farelo foi realizada em moinho colonial, localizado no município de Passo Fundo, com separação do germe e parte do tegumento do restante do grão, obtendo assim o milho degerminado.

2.3.5. Moagem

As amostras de grãos de milho foram moídas a seco em moinho de laboratório (MA600, Marconi, Brasil), com fluxo contínuo de grãos e o material peneirado com emprego de peneira de 40 *mesh* de abertura, seguindo movimento manual por 60 segundos. O material retido na peneira foi submetido à nova moagem, até obter-se uma farinha de 40 *mesh*.

2.3.6. Composição química

A determinação do teor de umidade foi realizada de acordo com o método oficial n° 44-15.02, AACC (2010), em estufa com circulação de ar a 130 °C por uma hora, em triplicada. O valor médio do teor de umidade foi expresso em porcentagem.

As determinações de cinzas, fibras, proteína e amido foram realizadas no aparelho de reflectância do infravermelho proximal (DS 2500, Foss, Dinamarca), realizado de acordo com o manual do fabricante. Os constituintes químicos foram obtidos a partir da utilização da curva de calibração de milho grão, construída pelo laboratório de Físico-Química do Cepa a partir de métodos oficiais recomendados pela AOAC (2010). Os resultados médios das leituras realizadas em triplicata foram expressos em porcentagem e em base seca. O valor de proteína bruta foi obtido pelo uso do fator 6,25.

A determinação do teor de lipídios foi realizada pelo método da n° 30.20.01 de acordo com a AACC (2010). Esta análise se baseia na quantidade de material extraído com solvente por gravimetria.

Para determinar a acidez graxa, a análise se baseou na extração das gorduras e ácidos graxos de uma porção de farinha, utilizando-se tolueno como solvente. No método 02-02A (AACC, 2010), determina-se acidez graxa pela titulação do extrato, após filtração com solução padronizada de hidróxido de potássio (KOH), introduzida em uma microbureta. A fenolftaleína, solução a 0,04% m/v, foi utilizada como indicador. Faz a anotação da alíquota de KOH gasta para cada repetição. Para expressar o resultado em “mL de KOH/100g de matéria seca”, faz-se correções de acordo com o teor de umidade e o peso da amostra moída. A acidez graxa é estabelecida pelas equações:

- Branco: $0,70 \times 1,0378 = 0,72$
- Volume Gasto X Fator Correção = Volume Corrigido: $(VG \times 1,0378 = V.C)$
- Ac graxa. $Mg\ KoH / 100g = (volume - vol. Branco) / massa amostra \times 100$ perfil de textura

As amostras do produto foram submetidas à análise do perfil de textura (Texture Analyser TA XTplus, Stable Micro Systems, Inglaterra), equipado com software Exponent 32 e realizado de acordo com o método n° 74-09.01 da AACC (2010). Para avaliação de textura, o

produto foi cortado em porções de 25 mm de largura x 25 mm de altura. No equipamento foi utilizado o *probe* cilíndrico metálico P/36R e aplicadas velocidade de pré-teste de 5,0 mm/s, velocidade de teste de 1,7 mm/s, velocidade pós-teste de 5,0 mm/s, força de compressão de 40% e ciclo de contagem de 10 s, realizado em triplicata.

2.3.7. Atividade de água da pasta de milho processada

A atividade de água do produto (a_w) foi determinada em equipamento (modelo 3-TE, marca Decagon Devices Inc., EUA). Realizada em triplicata.

2.3.8. Umidade da pasta de milho processada

A determinação do teor de umidade foi realizada de acordo com o método o método nº 44-15.02 da AACC (2010), em estufa com circulação de ar a 130 °C por uma hora, realizada em triplicata.

2.3.9. Análise estatística

Os resultados foram analisados com o emprego do programa Statistica 7 através da análise de variância (Anova) e nos modelos significativos as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 95% de intervalo de confiança.

2.4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

2.4.1. Caracterização da matéria prima

A avaliação de todas as características das secagens foi através do acompanhamento da umidade dos grãos com medidor GAC 2100 (DICKEY-john, Europa 2009), as amostras foram retiradas em intervalos de tempo, até atingirem a umidade estabelecida 13% e 10%. Sendo que a determinação de umidade oficial foi feita em estufa a 105°C, conforme determinação no Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009). As temperaturas do ar de tratamento térmico e da massa de grãos, foram monitoradas com termômetro de mercúrio, com escala de 0,5 °C. No momento do tratamento térmico, ficaram localizados em cada secador, com posicionamento específico. Para a temperatura da massa de grãos, após a colocação das amostras em sacos plásticos, foi colocado o termômetro bem ao fundo dos sacos, após 3 minutos efetuou-se a leitura. Na tabela 1 estão representados os dados referentes a temperatura, umidade e temperatura de massa.

Tabela 1 – Umidade inicial e final dos grãos de milho e a temperatura da massa de grãos após o tratamento térmico. Médias aritméticas simples de três repetições \pm desvio padrão. Fonte: Dados do autor, 2017

	M1			M2		
	45°C	90°C	180°C	45°C	90°C	180°C
Umidade Inicial (%)	22 a \pm 0,01	22 a \pm 0,02	22 a \pm 0,01	25 b \pm 0,05	25 b \pm 0,09	25 b \pm 0,02
Umidade Final (%)	13,4 a \pm 0,14	10,4b \pm 0,1	9,85 b \pm 0,12	13,20 a \pm 0,13	10 b \pm 0,16	10 b \pm 0,12
Temperatura massa grãos (°C)	22,0 a \pm 1,3	65,0 b \pm 0,5	90,0 c \pm 2,8	20,0 a \pm 2,1	65,0 b \pm 0,1	85,0 c \pm 3,0

* Letras diferentes na mesma linha, diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

O tratamento térmico interferiu nas trocas de umidade com a atmosfera apresentando maior velocidade de transferências de água do grão para o ar de secagem com o aumento das temperaturas de secagem.

A umidade obtida está de acordo com o esperado, pois o tempo de tratamento térmico foi de 13% para os grãos de milho expostos a 45 °C e de 10% para os expostos a 90 °C e 180 °C. Segundo Brooker et al. (1974), grãos mais úmidos possuem maior quantidade de água livre e dessa forma, maior facilidade de ser removida.

Wasserman et al. (1983) explicaram que a temperatura elevada na secagem afeta principalmente quando a temperatura da massa é superior a 60 °C e que alterações químicas são afetadas pelos danos no endosperma do grão. Ragasiya (1993) demonstrou em trigo que essas alterações não afetam o alimento, porém Silva (2000) explanou a relação da alta temperatura e umidade, com a formação de trincas no interior do grão, centro para a periferia, diminuindo a extração do amido. Os autores relatam que o tipo de tratamento térmico e processamento empregado representa alterações na composição química dos alimentos, principalmente nos teores de lipídios (MAZZUCCO et al.,2002).

Contudo, também as falhas no processamento e na composição química do milho, podem ser devidos sua origem, cultivar e ataque de pragas, que afetam principalmente seu valor nutritivo. As condições para alterar a qualidade do grão de milho começam do campo e se prolonga até o armazenamento, ocasionando aumento na umidade dos grãos e, conseqüentemente, desenvolvimento de fungos e insetos pragas (BHUYAN et al.,2010).

2.4.2. Teor de impureza e classificação comercial

Os defeitos dos grãos de milho estão relacionados a limpeza e classificação, os resultados estão expressos em gramas de grão inteiros, separados e classificados através dos dois cultivares colhidos com umidade inicial de 22% (M1) e 25% (M2). Seguem as Tabelas 2 e 3 com os dados da classificação e percentual de pureza física dos grãos de milho, conforme legislação vigente.

Tabela 2 – Classificação comercial

	M1 - 250 gramas	M2 - 250 gramas
Cor	Amarelo / Alaranjado	Alaranjado
Ciclo	Precoce	Precoce
Grupo	Semi duro	Duro
Ardido	15 gramas	10 gramas
Quebrado	8,5 gramas	10,5 gramas
Mat. Estranho	8 gramas	2 gramas
Caruncho	9 gramas	8 gramas
Tipo	1 = 88%	1 = 84%
Total sem Defeitos	210 gramas	220 gramas

Fonte: Dados do autor, 2017.

Tabela 3– Percentual de pureza física dos grãos diferenciados em milho M1 e milho M2, conforme o teor de umidade que foram colhidos

250 gramas de milho	M1 **			M2 **			
	Trat. Térmico	45°C	90°C	180°C	45°C	90°C	180°C
Pré (%)		88 a ±0,1	88 a ±0,09	88 a ±0,1	84 b±0,01	84 b ±0,03	84 b ±0,01
Pós (%)		87,5 a ±0,13	85,3 b ±0,2	84,5 c ±0,19	83,8c ±0,1	81,5 d ±0,17	80,1 e ±0,21

Fonte: Dados do autor, 2017.

Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão.

* Letras diferentes na mesma linha, diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

** M1 – milho com umidade de 22%; M2 – milho com umidade de 25%.

Na classificação comercial dos grãos de milho, percebeu-se a diferença dos grãos duros e semiduros, os grãos colhidos com 25% de umidade, apresentaram grão mais duro, com o cristalino envolvendo quase todo o embrião, com menores danos, formato sem “dente”, liso na parte superior, já o outro milho, colhido com 22% de umidade, apontou maiores danos nos grãos, demonstrando o “dente” da parte superior, expondo o cilindro do embrião, deixando-o mais aberto, o que propicia maior desenvolvimento de fungos.

A susceptibilidade aos danos mecânicos é uma característica herdável conforme o grupo que o milho se encontra, seu tecido de reserva, tamanho e forma do grão, e também associado ao seu teor de água na colheita, após as diferentes intensidades de temperatura, percebeu que a temperatura acima de 90°C afeta a qualidade fisiológica e aumenta o número de quebra e trincados, diminuindo a pureza física da amostra. A alta temperatura modifica a estrutura do grão, além de causar alterações na coloração e na estrutura do amido (BAKKER-ARKEMA, 1984). Segundo Ascheri e Germani (2004), os defeitos de grãos quebrados e trincados, são danos mecânicos acometidos no momento da colheita e movimentação do grão, ou também, se pode levar em consideração os defeitos por dano térmico relacionado as altas temperaturas no processo de tratamento térmico.

Os danos térmicos, diminuem o valor comercial do milho, fazendo com que a limpeza pós tratamento térmico se torne mais rigorosa, deixando apenas os grãos com bons índices de pureza física. Leva-se em consideração a classificação do tipo de acordo com a sua qualidade e definidos pelos limites máximos de tolerâncias estabelecidos na Instrução Normativa nº18, podendo ainda ser enquadrado como fora de tipo ou desclassificado (MAPA 2012).

2.4.3. Composição química

Após a moagem do milho, foi analisada a composição química dos milhos M1 e M2, respectivamente. Na tabela 4, estão apresentados os dados referentes ao teor de umidade, proteína, fibras, cinzas e amido e também de lipídios e acidez graxa, em relação as 3 diferentes temperaturas de tratamento térmico

Tabela 4 – Determinação de composição química do milho, diferenciados em milho M1 e milho M2, conforme teor de umidade que foram colhidos e suas diferentes temperaturas no tratamento térmico

	Umidade	Proteína	Fibras	Cinzas	Amido	Lipídios	Acidez Graxa
M1 45°	12,19 Aa ±0,50	8,09 Aa ±0,20	2,08 Aa ±0,33	1,43 Aa±0,04	63,67 Aa ±1,31	3,06 Aa ±0,2	62,93 Aa±0,6
M1 90°C	11,33 Aa ±0,10	8,07 Aa ±0,24	2,21 Ab ±0,34	1,43 Aa ±0,02	62,61 Aa ±1,20	3,52 Ab ±0,5	37,43 Ab ±0,2
M1 180°C	10,26 Ab ±0,20	7,94 Aa ±0,28	2,22 Ab ±0,36	1,43 Aa ±0,01	65,58 Ab ±1,33	3,32 Ab ±0,3	31,48 Ab±0,5
M2 45°C	12,46 Ba ±0,40	8,41 Ba ±0,21	2,13 Ba ±0,36	1,47 Ba ±0,02	63,94 Ba ±1,12	4,11 Ba ±0,6	57,93 Ba ±0,3
M2 90°C	11,01 Bb ±0,22	8,07 Bb ±0,23	1,45 Bb ±0,33c	1,45 Ba±0,03	63,91 Ba ±1,18	4,04 Ba ±0,5	36,63 Bb±0,2
M2 180°C	10,97 Bb ±0,10	7,66 Bb ±0,26	1,41 Bb ±0,38c	1,41 Ba ±0,02	66,27 Bb±1,35	4,17 Bb ±0,2	28,44 Bc ±0,4

Fonte: Dados do autor, 2017.

Médias aritméticas simples de três repetições ± desvio padrão.

* Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

* Letras maiúsculas na mesma coluna, estão relacionadas a classificação do milho, conforme o teor de umidade que foram colhidos M1 com 22% de umidade, refere-se a letra A e M2 com 25% de umidade está correspondente a letra B.

A umidade da farinha está de acordo com o esperado, foi determinado pela obtenção da umidade de 13% para o milho submetido a 45 °C e 10% para as temperaturas de 90 °C e 180 °C, o fato de ter elevado um pouco a umidade em relação a Tabela 1, pode ser interferência da umidade relativa do ar no momento da moagem, citado por Carneiro et al. (2005), que o teor de água é resultado do equilíbrio higroscópico dos grãos com as condições do ambiente.

Normalmente o teor de proteínas encontrado fica na faixa de 9 a 11%, o que demonstra que a temperatura de tratamento térmico interferiu nas proteínas, principalmente nos grãos submetidos a elevadas temperaturas. Essa redução no teor de proteína para a mostras M2, pode causar alterações na temperatura de gelatinização do amido, afirmam Altay e Gunasekaran (2006), que as proteínas que permanecem no amido de milho, limitam as interações entre a água e os componentes de amido, causando um aumento nas temperaturas de gelatinização (HAROS et al., 2003), reduzindo a entrada de água para dentro dos grânulos.

As secagens do milho M1 não resultaram em diferenças estatísticas significativas na taxa fibras, possivelmente por ser um grão semiduro. Assim, entende-se com a análise de Walter et al. (2002), que a concentração de fibras é maior nas camadas externas do grão e diminui em direção ao centro. Dessa forma, percebe-se que os grãos duros M2, tiveram seu teor de fibras menores, principalmente os que foram submetidos a temperaturas mais altas, que modificam a concentração dos componentes dos grãos.

Em relação as cinzas, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as temperaturas de tratamento térmico, indo ao encontro do que relatam estudos de Fleurat-Lessard (2002). O rendimento do amido não sofreu alterações significativas com as diferentes temperaturas de tratamento térmico, o grão de milho é um alimento essencialmente energético, seu principal componente é o amido, ficando na faixa de 70%. Malumba et al., (2009), mostraram em estudo resultados semelhantes aos encontrados, variando de 64,4 % a 43,3 % para amido de milho.

Nos cereais, o teor de lipídios é em torno de 3,0 a 5,0% (GERMANI et al., 1998), em farinha de grão inteiro é de 4,0 a 4,8% (BRASIL, 2009), são compostos basicamente por ácidos graxos, a proporção de lipídios se altera facilmente com diferentes temperaturas no processamento empregado (CARVALHO et al., 2004). Nos resultados encontrados, o teor de lipídios sofreu alteração com aumento da temperatura, os valores foram maiores nas temperaturas acima de 45 °C, apresentando diferença estatística entre as temperaturas de tratamento térmico dos grãos. Esse resultado está parecido com Mazzucco et al. (2002), que o milho com tratamento térmico de baixa temperatura obteve um menor percentual de lipídios

que o milho com tratamento térmico elevada. Haros et al. (2003) explicam que a temperatura elevada, causa aumento no teor de lipídios, o que pode provocar rancidez oxidativa, o efeito negativo se torna perceptível nos grãos, resulta na deterioração do sabor, aparecimento de ranço com odor característico, altera a textura, reduz o valor nutricional e valor comercial (MORETTO E FETT, 1998).

Nos resultados encontrados neste estudo, o índice de acidez foi proporcional a umidade final dos grãos, após serem submetidos a três temperaturas, demonstra que temperaturas elevadas, causa envelhecimento acelerado dos grãos. A temperatura do ar de tratamento térmico afeta a atividade residual das enzimas lipase e peroxidase (RUPOLLO et al., 2004) e assim, explicam Zadernowski et al. (1999) que através da ação de peroxidase e fosfolipases presentes no grão, acontece o aumento de ácidos graxos dos lipídios, usado como um indicador da deterioração dos grãos.

2.4.4. Análise e característica da qualidade da pasta de milho processado

2.4.4.1. Perfil de textura

Nas figuras abaixo, observa-se o perfil de textura do produto, submetido a cozimento. A comparação do primeiro e do segundo dia de análise está representada conforme cada parâmetro analisado para o perfil de textura.

Figura 1 - Dureza

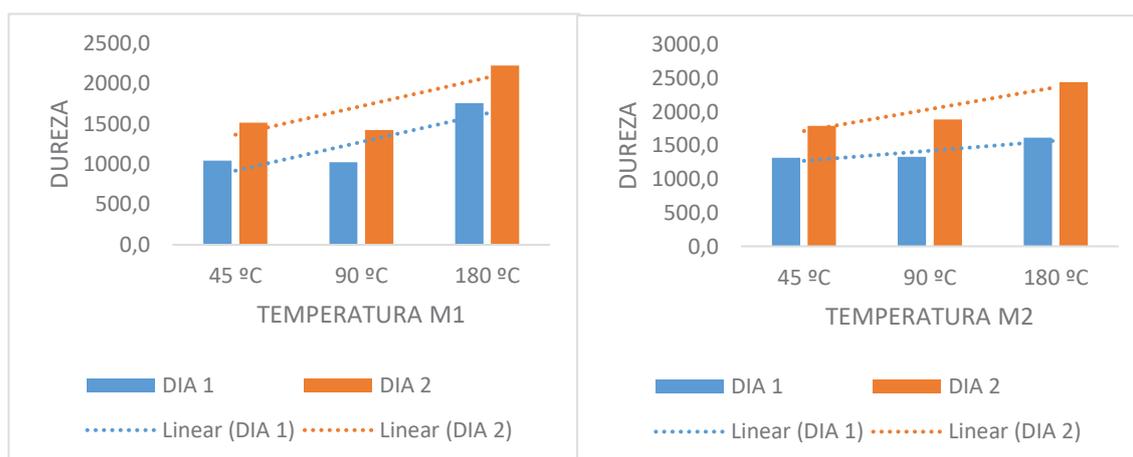


Figura 2 – Adesividade

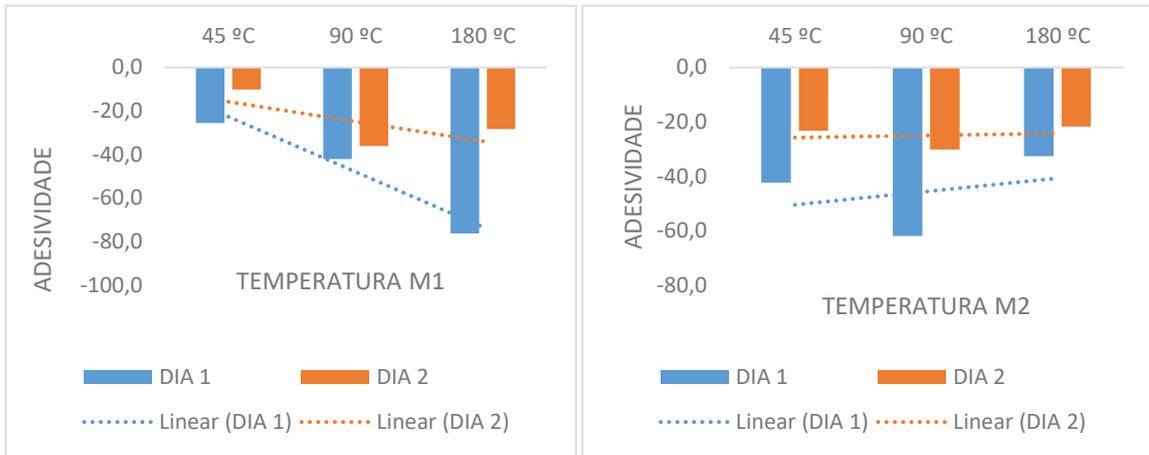


Figura 3 – Coesividade

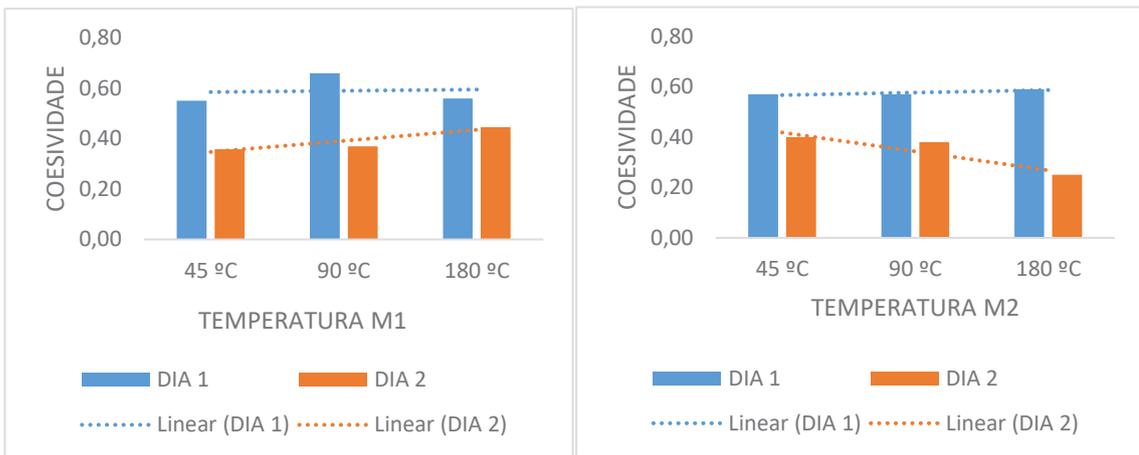
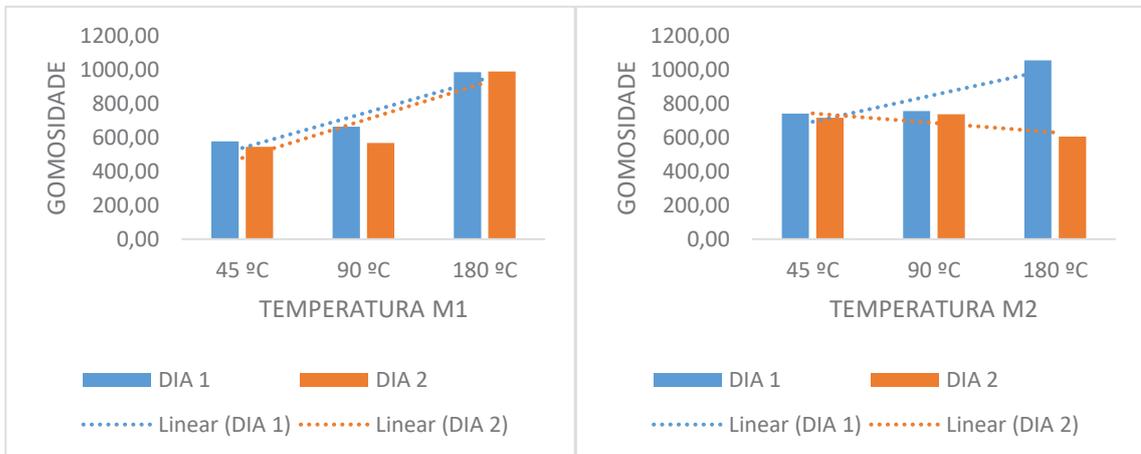


Figura 4 - Gomosidade



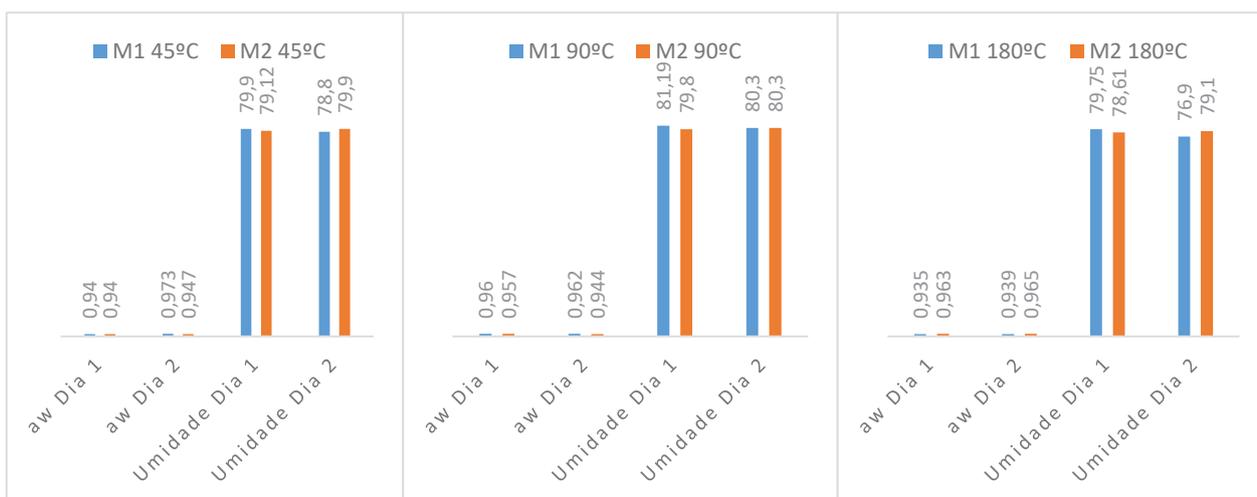
Embora a variação dos parâmetros tenha sido pequena entre as amostras de grãos de milho submetidos a diferentes temperaturas, apresentam alterações na textura do gel, e propriedades de pasta. Observou maior rigidez dos grânulos com elevadas temperaturas e diminuição da umidade, devido fenômenos que ocorrem nos constituintes dos grãos, a energia precisa ser aumentada para o rompimento da estrutura.

A amilose está diretamente relacionada com a dureza e gomosidade dos géis (Sandhu e Singh, 2007), e o perfil de textura é alterado durante o aquecimento da água e o cisalhamento atribuído, forma grânulos inchados e deformados, ocorre atrito entre os mesmos, afeta a quantidade de amilose lixiviada e a amilopectina (JACOBS et al., 1998). Esses parâmetros de textura são muito importantes para produtos alimentícios, pois permitem antever o grau de adesão dos alimentos, aumentam a estabilidade e melhoram a absorção e a retenção de água durante os ciclos congelamento/descongelamento.

2.4.4.2. Determinação de atividade de água (a_w) e umidade da pasta de milho processado

Na figura 5 segue a determinação da atividade de água (a_w) e umidade das amostras da pasta de milho processado conforme as temperaturas que os grãos de milho foram submetidos.

Figura 5 – Atividade de água e umidade do produto feito com a farinha dos grãos de milho submetido a diferentes temperaturas.



Conforme os resultados da tabela, de atividade água, as amostras não obtiveram diferenças estatísticas entre si. Observa-se um equilíbrio higroscópico do amido nas diferentes temperaturas do tratamento térmico dos grãos, apresentaram valores de atividade de água na

faixa de a_w 0,95, o que indica uma proporção boa para conservação e preservação da qualidade durante o armazenamento.

De acordo com os resultados, não foi observado diferença significativa entre eles, contudo, nota-se que as amostras submetidas ao cozimento, obtiveram valores de umidade diferente em relação a farinha crua, o que pode ser atribuído a quantidade de água adicionada durante o preparo do produto, relacionado com o tratamento térmico que pode implicar no índice de absorção e solubilidade, nas propriedades térmicas reológicas e estruturais do amido. Os valores de umidade do produto, estão de acordo com os encontrados por GIACOMELLI et al. (2012), que foram de 84,77 e 83,03%, para polenta preparada com farinha de milho moída à pedra e para polenta preparada com farinha de milho pré-cozida, respectivamente.

3. CONCLUSÃO

A aplicação controlada de calor e umidade modifica as propriedades físicas, químicas, reológicas e térmicas do milho, promovendo alterações na temperatura de gelatinização do amido, dureza de gel, poder de inchamento e solubilidade. Nas análises de propriedades térmicas do produto foram verificados efeitos adversos no perfil de textura devido as condições de temperatura de tratamento térmico. A temperatura de tratamento térmico que melhor preservou as características tecnológicas do milho foi 45 °C, avaliado através das análises de propriedades físico-químicas e de pasta de milho processado.

4. REFERÊNCIAS

- AACC - AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods of Analysis**. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A. 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília, Mapa / ACS, 399p., 2009
- GIACOMELLI, D.; MONEGO, B.; DELAGUSTIN, M. G.; BORBA, M. M.; RICALDE, S. R.; FACCO, E. M. P.; SIVIERO, J. Composição Nutricional das Farinhas de Milho Pré-Cozida, moída à Pedra e da Preparação Culinária “Polenta”. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 23, n. 3, p. 415-420, jul./set. 2012.
- MAZZUCO, H.; LORINI, I.; BRUM, P.A.R.; ZANOTTO, D. L.; JUNIOR, W. B.; AVILA, V. S. Composição química e energética do milho com diversos níveis de unidade na colheita e diferentes temperaturas de secagem para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2216- 2220, 2002.
- MALUMBA, P.; MASSAUX, C.; DEROANNE, C.; MASIMANGO, T.; BÉRA, F. Influence of drying temperature on functional properties of wet-milled starch granules. **Carbohydrate Polymers**, v.75, p.299-306, 2009.
- MALUMBA, P.; JANAS, S.; ROISEUX, O.; SINNAEVE, G.; MASIMANGO, T.; SINDIC, M.; DEROANNE, C.; BÉRA, F.; Comparative study of the effect of drying temperatures and

heat-moisture treatment on the physicochemical and of corn starch. **Carbohydrate polymers**, v.79, p.633-641, 2010.

SILVA, J.S.; AFONSO, A.D.L.; DONZELLES, S.M.L. Secagem e secadores. In: Silva, J.S., **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**, Viçosa, 2000.