

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS**

**RICARDO SEIJI YAMAUCHI  
ROBSON DE ALMEIDA**

**ANÁLISE DO TEMPO DE ESCOAMENTO DE SUSPENSÕES  
AQUOSAS DE AMIDOS DE MILHO NATIVO E MODIFICADOS DE  
MILHO CEROSO EM VISCOSÍMETRO COPO FORD**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2014**

**RICARDO SEIJI YAMAUCHI**

**ROBSON DE ALMEIDA**

**ANÁLISE DO TEMPO DE ESCOAMENTO DE SUSPENSÕES  
AQUOSAS DE AMIDOS DE MILHO NATIVO E MODIFICADOS DE  
MILHO CEROSO EM VISCOSÍMETRO COPO FORD**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos, à Coordenação do Curso de Tecnologia em Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Luis Alberto Chavez Ayala

Co-orientador (a): Prof.<sup>a</sup> Sabrina Ávila Rodrigues

**PONTA GROSSA**

**2014**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Ponta Grossa



Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Alimentos

---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **ANÁLISE DO TEMPO DE ESCOAMENTO DE SUSPENSÕES AQUOSAS DE AMIDOS DE MILHO NATIVO E MODIFICADOS DE MILHO CEROSO EM VISCOSÍMETRO COPO FORD**

por

**RICARDO SEIJI YAMAUCHI**

**ROBSON DE ALMEIDA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em dezessete de dezembro de 2014, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof<sup>o</sup>. Msc. Luis Alberto Chavez Ayala  
Prof. Orientador.

---

Prof. Dra. Sabrina Àvila Rodrigues  
Membro titular

---

Mestranda Flavia Aparecida Henrique  
Membro titular

O termo assinado encontra-se disponível na coordenação do curso

Com efeito, grandes coisas fez o Senhor  
por nós, por isso estamos alegres  
(Salmos 126, 3).

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus acima de tudo, que é fiel em todos os momentos e que me permitiu concluir mais uma etapa em minha vida.

Aos meus pais Mario e Maristella pelo amor e oração, e que sem dúvida foi muito importante.

Aos meus irmãos Rafael e Henrique pela torcida e pelo apoio durante essa caminhada.

A minha namorada Aline, pela paciência e compreensão durante esses anos.

Aos nossos professores que emprestaram seus conhecimentos, em especial, ao professor Ayala e a professora Sabrina que nos orientaram nesse trabalho.

E aos nossos colegas de curso, pela alegria e pelo divertimento que nos proporcionaram durante todos os dias.

**Ricardo**

Agradeço a Deus por ter me dado saúde, e uma família linda que me motiva a alcançar meus objetivos.

A minha esposa Milena pelo apoio, paciência, incentivo e umas ajudinhas em alguns trabalhos.

Ao meu pai Vilson que descansa em paz, e minha mãe Eva, pelo apoio e por tudo que sempre fizeram por mim, com exemplo, ensinamentos, amizade, e carinho, fundamentais na construção do meu caráter, e meus irmãos sempre contribuindo de alguma maneira.

As minhas lindas filhas, Clarissa e Letícia que vieram para alegrar minha vida, e me dar motivação, tudo que faço é para elas!

A todos os professores que sempre estavam prontos a ajudar!

Aos nossos professores orientadores Ayala e Sabrina pelos conhecimentos e paciência e pela dedicação em seu tempo livre.

E a todos os amigos que me apoiaram.

**Robson**

## RESUMO

YAMAUCHI, Ricardo Seiji; ALMEIDA, Robson de. **Análise do tempo de escoamento de suspensões aquosas de amidos de milho nativo e modificados de milho ceroso em viscosímetro Copo Ford**. 2014. Nº total de folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2014.

O amido é uma das matérias-primas mais utilizadas na indústria alimentícia devido ao seu baixo custo, ser renovável, além de poder ser obtido de diversas fontes botânicas. Neste trabalho, foram avaliados os tempos de escoamento de três suspensões de amidos diferentes, sendo uma de amido nativo e outras duas de amidos modificados, que foram formuladas com concentração de 3% cada em base aquosa. Para a análise destes tempos, foi utilizado um viscosímetro de orifício no qual nos possibilitou cronometrar os tempos dessas suspensões quando submetidas a diferentes temperaturas de aquecimento e resfriamento. Verificou-se que a temperatura empregada influenciou na viscosidade das amostras. Ao final dos experimentos constatou-se que as três amostras de amido distinguiram-se estatisticamente ao nível de significância de 5%, e que as amostras de amido modificado (*Rezista* e *Snow Flake*) tiveram comportamento similar nas temperaturas de aquecimento a 70° C e resfriamento a 30°C. Apesar dos resultados obtidos, não foi possível compará-los com dados de outros trabalhos, devido à falta de pesquisas utilizando o mesmo procedimento de análise adotado nesse projeto.

**Palavras-chave:** Amido. Viscosidade. Temperatura.

## ABSTRACT

YAMAUCHI, Ricardo Seiji; ALMEIDA, Robson de. **Analysis of flow time of aqueous suspensions of corn starches native and modified waxy maize in viscometer Cup Ford**. 2014. Número total de folhas. End of Course Paper (Technology in Food) - Coordination of Food at the Federal Technological University of Paraná. Ponta Grossa, 2014.

Starch is one of the most used raw materials in the food industry due to their low cost, being renewable, and can be obtained from various botanical sources. In this work, we evaluated the flow times three suspensions of different starches, being a native starch and two other modified starches, which were formulated with 3% concentration in each aqueous base. For the analysis of these times, a hole viscometer in which allowed us to time the times of such suspensions when subjected to different temperatures of heating and cooling was used. It was found that the temperature employed influence the viscosity of the samples. At the end of the experiments it was found that the three samples of starch distinguished statistically at a significance level of 5%, and that the modified starch samples (*Rezista and Snow Flake*) showed similar results in the heating temperature to 70° C and cooling 30° C. Although the results obtained, it was not possible to compare them with data from other studies due to lack of research using the same analysis procedure adopted in this project.

**Keywords:** Starch. Viscosity. Temperature.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Gráfico 1:</b> Variação dos tempos de escoamento dos amidos nativo, amido modificado <i>Rezista</i> e <i>Snow Flake</i> em diferentes temperaturas.....	17
--	----

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Tempos de escoamento e medidas de dispersão do amido nativo comercial.....	15
<b>Tabela 2:</b> Tempos de escoamento e medidas de dispersão do amido modificado <i>Rezista Starch</i> .....	15
<b>Tabela 3:</b> Tempos de escoamento e medidas de dispersão do amido modificado <i>Snow Flake 6420</i> .....	16
<b>Tabela 4:</b> Análise de variância entre as médias dos amidos nativo, <i>Rezista</i> e <i>Snow Flake</i> .....	19
<b>Tabela 5:</b> Teste de Tukey para a comparação das médias entre os amidos nativo, <i>Rezista</i> e <i>Snow Flake</i> .....	20

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
2.1 PREPARO DAS AMOSTRAS .....	13
2.2 ANÁLISE DO TEMPO DE ESCOAMENTO.....	13
2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	14
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>15</b>
3.1 ANÁLISE DO TEMPO DE ESCOAMENTO.....	15
3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	19
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>22</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O amido é o principal carboidrato de reserva produzido pelas plantas e consumido pelo homem (CORDENUNSI, 2006). Normalmente está presente na forma de grãos birrefringentes, cuja aparência varia de acordo com a origem (BOBBIO; BOBBIO, 1995).

O amido é constituído por uma mistura de dois polissacarídeos denominados amilose e amilopectina, em proporções que variam entre os amidos procedentes de diferentes espécies vegetais, e mesmo entre amidos provenientes da mesma espécie, as proporções de amilose e amilopectina variam de acordo com o grau de maturação da planta (BOBBIO; BOBBIO, 1995).

Os amidos normalmente contêm cerca de 25% de amilose. Variedades mutantes de milho, denominadas de amidos com alto teor de amilose, apresentam um teor de amilose de 85%. As variedades comerciais normalmente apresentam no máximo 65% de amilose (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Alguns amidos são constituídos inteiramente de amilopectina, sendo denominados como cerosos ou amidos de amilopectina. O milho ceroso, primeiro grão reconhecido entre os que contêm amido constituído apenas por amilopectina, é assim denominado porque, quando cortado, a superfície do miolo do grão apresenta aparência vítrea ou cerosa. A maioria dos outros amidos constituídos apenas de amilopectina é chamada de cerosa, embora, no caso do milho, não haja cera em sua constituição (DAMODARAN et.al., 2010).

Como o amido é considerado um produto de grande potencial, tanto para a alimentação humana e animal, quanto para a utilização nas indústrias, faz-se necessário o conhecimento de suas propriedades. A sua estrutura macro molecular lhe confere propriedades particulares, tais como solubilidade, inchamento, absorção de água, viscosidade e gelatinização (RIBEIRO, 2011).

A grande variedade de novos produtos alimentícios e de outros usos industriais tem ocasionado uma demanda crescente por amidos com propriedades físico-químicas modificadas. As pastas e géis de amidos derivadas de amidos nativos de várias espécies vegetais apresentam propriedades físico-químicas limitadas, que restringem suas aplicações diretas a uma gama relativamente pequena de produtos (NASCIMENTO, 2006).

As modificações podem ser físicas, químicas, enzimáticas ou combinadas, visando modificar a estrutura do amido para que assim ele possa ser ajustado à determinada aplicação produzindo os efeitos desejados. Exemplos de modificações são: extrusão, anelring, gelatinização, oxidação, acidificação, dextrinização. Os efeitos em processos industriais podem ser: maior resistência ao cisalhamento e a ciclo de congelamento/descongelamento, manutenção de viscosidade e estrutura, formação de géis, produção de monossacarídeos, entre outros (SANTOS, 2012). Dependendo do tipo de modificação que é feito na molécula de amido, uma ou mais propriedades funcionais são alteradas, o que favorece a aplicação em uma nova gama de produtos, que anteriormente, antes da modificação, não aconteceria (Muccillo, 2009).

O processamento de alimentos usualmente envolve alterações significativas na reologia dos produtos, as quais são intimamente relacionadas à sua estrutura e qualidade (ALBANO, 2012).

O processo de gelatinização que ocorre durante o aquecimento de suspensões aquosas de amido encaixa-se nessa situação. Durante o processamento as suspensões de amido são, de modo geral, submetidas a operações de aquecimento combinadas com a aplicação de taxas de deformação que afetam o seu comportamento reológico, bem como as características do produto final. (ALBANO, 2012).

O conhecimento do comportamento reológico de um fluido é indispensável nas operações unitárias da indústria de processamento de alimentos (GOTSCHLICH, 2011). O estudo do comportamento reológico consiste na aplicação de uma força no material a ser investigado e medir sua deformação, ou então, mais frequentemente, aplicar uma deformação e medir sua resistência ao escoamento (DINIZ, 2009).

A viscosidade é considerada a principal propriedade reológica de um fluido (VENDRÚSCOLO, 2005), e é uma das propriedades mais importantes dos materiais amiláceos (COUTINHO; CABELLO, 2005).

No processamento de alimentos, a medição da viscosidade permite controlar a qualidade das matérias-primas, avaliar o efeito das variações nas condições de processamento sobre os produtos durante a fabricação e estimar o produto final. Essa medição constitui uma valiosa informação para otimização das propriedades dos produtos na indústria alimentícia, para a redução dos custos nos ingredientes e

para garantir uma melhor consistência do produto (VENDRÚSCOLO, 2005). O mesmo autor destaca que em muitas operações das indústrias de alimentos, conhecer a viscosidade do fluido é essencial para a definição do equipamento mais apropriado.

Segundo Costa (2006) um dos equipamentos para se medir a viscosidade de um material é o viscosímetro de orifício, em que a viscosidade é medida pelo tempo que um volume fixo de um líquido gasta para escoar, através de um orifício existente no fundo de um recipiente. A viscosidade assim determinada é chamada cinemática e sua unidade no Sistema Internacional é  $m^2/s$  apesar de seu submúltiplo  $mm^2/s$  ser mais usado (ABNT, 1986).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os tempos de escoamento dos amidos em suas formas nativa e modificada quando submetidos a diferentes temperaturas de aquecimento e resfriamento, utilizando para isso um viscosímetro do tipo Copo Ford.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os testes foram realizados no laboratório de Industrialização de Laticínios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) no Câmpus de Ponta Grossa.

Para a realização dos experimentos foram utilizados três tipos de amidos, dos quais, um amido nativo comercial (Maizena), foi adquirido no comércio local da cidade de Ponta Grossa/PR, e outros dois amidos modificados, *Rezista Starch (Tate & Lyle)* e *Snow Flake 6420 (Ingredion)* foram cedidos por uma empresa alimentícia da cidade de Carambeí/PR.

### 2.1 PREPARO DAS AMOSTRAS

Foram preparadas três suspensões de amido. Cada uma delas continha 3% de amido (base seca), que foram dissolvidos em um béquer contendo 500 ml de água. Em seguida, aqueceu-se cada solução em banho-maria até a temperatura de 70° C para a completa dissolução do amido. Após a homogeneização, as suspensões permaneceram em repouso durante 24 horas em geladeira antes do início dos experimentos.

### 2.2 ANÁLISE DO TEMPO DE ESCOAMENTO

Os tempos de escoamento das suspensões aquosas de amido foram avaliados com o auxílio de um Viscosímetro do tipo Copo Ford com orifício de nº 2 (2,53 mm), no qual foi usado para observar o tempo que o fluído levava para escoar através desse orifício existente no fundo do equipamento.

Inicialmente, cada amostra foi aquecida em banho-maria até a temperatura de análise com a ajuda de um termômetro. Após o aquecimento, a suspensão foi despejada no copo até o seu nível máximo. Com o dedo fechando o orifício, o excesso da suspensão foi removido com uma espátula. Em seguida o orifício foi liberado e o cronômetro foi acionado simultaneamente para marcar o tempo de escoamento. Observou-se o filete da amostra que escoou e à primeira interrupção o cronômetro foi parado. O tempo decorrido desde a liberação do orifício até a interrupção do filete é o valor da viscosidade que foi medida em segundos. Esse

procedimento também se repetiu para com todas as amostras. Os testes resultaram em 105 tempos de escoamento obtidos a partir de cinco repetições em quatro temperaturas diferentes de aquecimento, 10, 30, 50 e 70° C. Também foram analisadas as amostras durante o seu resfriamento nas temperaturas de 50, 30 e 10° C. Durante os testes, o Copo Ford permaneceu em estufa na temperatura que se realizaria a análise para não interferir nos resultados.

### 2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A coleta e análise dos resultados foram feitas a partir do cálculo das medidas de dispersão (médias, desvio padrão) de cada amostra, e posteriormente foi realizada a análise de variância (ANOVA), seguido pelo Teste de Tukey para a comparação das médias com o auxílio do programa estatístico ASSISTAT 7.7.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 ANÁLISE DO TEMPO DE ESCOAMENTO

Alguns dos produtos produzidos, após o processamento são acondicionados nas temperaturas médias de 70° C para facilitar o envase, que é o caso, por exemplo, de algumas sobremesas lácteas, por este motivo a escolha dessas temperaturas para a realização dos testes. Alves et.al. (1997) afirmam que o acondicionamento a quente (68-75 °C) visa aproveitar a fluidez do alimento, além de ser uma garantia microbiológica.

Os resultados dos tempos de escoamento, média e desvio padrão obtidos durante os experimentos podem ser visualizados nas tabelas 1, 2 e 3.

**Tabela 1: Tempos de escoamento e medidas de dispersão do amido nativo comercial**

NATIVO	Tempo de escoamento					MÉDIA	DESVIO PADRÃO
	Temperatura	T1	T2	T3	T4		
10°C	23,94	23,54	23,41	23,25	23,63	23,55	0,2589
30°C	22,86	22,15	22,53	22,41	22,20	22,43	0,2857
50°C	23,87	24,12	23,20	23,68	23,38	23,65	0,3693
70°C	22,50	22,75	22,40	22,59	22,37	22,52	0,1542
50°C	24,21	23,77	23,55	24,29	25,27	24,22	0,6631
30°C	23,59	23,71	23,67	24,55	24,42	23,99	0,4581
10°C	25,47	24,84	25,42	25,04	25,10	25,17	0,2660

Fonte: Autoria própria, 2014.

**Tabela 2: Tempos de escoamento e medidas de dispersão do amido modificado *Rezista Starch***

REZISTA	Tempo de escoamento					MÉDIA	DESVIO PADRÃO
	Temperatura	T1	T2	T3	T4		
10°C	27,42	27,19	27,12	26,63	26,50	26,97	0,3905
30°C	25,02	25,09	25,22	25,11	25,12	25,11	0,0719
50°C	25,81	25,04	25,49	25,71	25,27	25,46	0,3156
70°C	24,32	23,68	24,21	23,50	23,77	23,90	0,3527
50°C	26,28	26,12	27,42	26,94	26,50	26,65	0,5285
30°C	30,45	29,42	29,63	28,97	29,24	29,54	0,5625
10°C	35,50	36,47	35,39	35,06	36,22	35,73	0,5927

Fonte: Autoria própria, 2014.

**Tabela 3: Tempos de escoamento e medidas de dispersão do amido modificado *Snow Flake 6420***

<b>SNOW FLAKE</b>	<b>Tempo de escoamento</b>						<b>MÉDIA</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>
<b>Temperatura</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>			
<b>10°C</b>	25,65	25,10	25,09	25,30	25,08	25,24	0,2446	
<b>30°C</b>	25,32	24,51	24,80	25,16	25,46	25,05	0,3896	
<b>50°C</b>	26,32	26,70	25,92	26,10	26,20	26,25	0,2921	
<b>70°C</b>	25,10	24,63	24,42	24,34	23,72	24,44	0,5001	
<b>50°C</b>	29,55	29,53	28,87	28,79	28,99	29,15	0,3667	
<b>30°C</b>	33,89	33,12	32,94	33,14	32,35	33,09	0,5508	
<b>10°C</b>	37,08	37,11	36,28	36,00	36,45	36,58	0,4935	

**Fonte: Autoria própria, 2014.**

Analisando apenas os tempos de escoamento dos três amidos testados, pôde-se perceber que à medida que a temperatura do sistema foi elevada, os tempos diminuíram, representando, portanto, uma diminuição da viscosidade. Paraguaio et.al. (2010) ao analisarem os tempos de escoamento de pastas de amido nativo e modificado com tripolifosfato de sódio a 5% entre as temperaturas de 20 a 80° C também observaram o mesmo comportamento.

Bobbio & Bobbio (1995) descrevem que quando grãos de amido são suspensos em água e a temperatura é aumentada gradualmente, nada acontece até que se atinja exatamente um determinado intervalo de temperatura, que é chamado de temperatura de gelatinização. Nesta temperatura, específica para amidos de diferentes origens, as ligações de hidrogênio mais fracas entre as cadeias de amilose e de amilopectina são rompidas e os grãos de amido nessas regiões começam a intumescer e formar soluções consideravelmente viscosas. Já Grangeiro et.al. (2007) diz que as reduções de viscosidade aparente com o aumento da temperatura são atribuídas ao aumento das distâncias intermoleculares provocadas pelo aquecimento. O mesmo autor conclui que o aumento das distâncias reduz as forças atrativas entre as moléculas, elevando a fluidez.

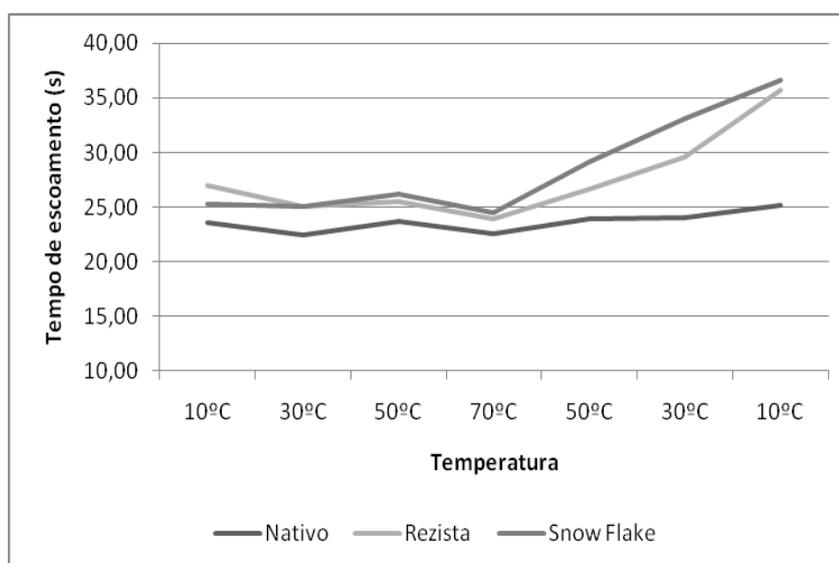
Por outro lado, quando a temperatura diminuiu, foi verificado que os tempos aumentaram significativamente, isso porque durante o resfriamento de suspensões de amido, inicia-se o processo de retrogradação que, segundo Vilela e Ferreira (1987) tende a aumentar a viscosidade do gel. Franco et.al (2001) relatam que durante a retrogradação, o gel se resfria, as cadeias do amido perdem energia e as

pontes de hidrogênio entre os grupos hidroxila das moléculas de amilose adjacentes ficam mais fortes, proporcionando firmeza do gel e aumento da opacidade do mesmo.

Após o término dos testes, as amostras de amido foram acondicionadas sob refrigeração, e logo nos primeiros dias percebeu-se que o amido nativo liberou parte da sua água enquanto que os amidos modificados mantiveram a consistência de um gel firme. Esse efeito, que ocorre em decorrência da retrogradação do amido é conhecido como sinérese, na qual a água é desprendida do sistema. Nunes (2009) afirma que com a formação do gel, as moléculas do amido firmemente associadas fazem com que a água presente entre suas cadeias seja expulsa. Este fato comprova o que afirma Castro (2002), que diz que na retrogradação, a molécula de amilose é responsável pelas alterações em curto prazo, enquanto a amilopectina é responsável pelas alterações em longo prazo. De acordo com Limberger (2006), a retrogradação prejudica os alimentos que contêm amido e que são estocados por um longo período de tempo, sobretudo se o armazenamento for sob refrigeração, fator este que acelera o fenômeno.

No gráfico 1 abaixo, pode-se enxergar de uma forma mais clara a diferença de comportamento desses amidos durante as variações de temperatura que as amostras sofreram.

**Gráfico 1: Variação dos tempos de escoamento dos amidos nativo, amido modificado *Rezista* e *Snow Flake* em diferentes temperaturas**



Fonte: Autoria própria, 2014.

Observando o gráfico, concluiu-se que durante as fases de aquecimento e resfriamento, o amido nativo manteve-se praticamente com o mesmo desempenho. Já os amidos modificados *Rezista* e *Snow Flake* mantiveram o mesmo comportamento apenas durante o aquecimento, quando, passaram a apresentar mudanças nos seus tempos com o início do resfriamento das amostras, sendo que o amido *Snow Flake* ao final dos testes obteve a maior média de tempo de escoamento.

Nas mesmas concentrações, os amidos modificados apresentaram maior viscosidade durante o resfriamento que o amido nativo, o que possibilitaria usá-los em quantidades menores nos alimentos durante o processamento dos mesmos, sempre respeitando os limites estabelecidos para a sua aplicação.

Esses diferentes comportamentos observados comprovam as características de funcionalidade distintas existente entre os amidos nativos e modificados. De acordo com Santos (2012), o amido nativo muitas vezes não promove nos produtos às características desejáveis, por esse motivo, as modificações do amido nativo visam proporcionar produtos amiláceos com propriedades específicas para sua utilização em diversos processos, podendo com isso aumentar sua valorização e seu uso.

Lewis (1993) explica que em um processo industrial, o comportamento de um alimento pode variar, pois devido algumas etapas como mistura, aquecimento, resfriamento, homogeneização, aeração, fermentação e cristalização, a consistência e a composição podem sofrer alterações, modificando assim, a viscosidade.

Fica claro reconhecer que a viscosidade aparece como um importante parâmetro analítico dentro de um processo, pois está relacionado com uma série de decisões que devem ser avaliadas durante a de fabricação dos produtos. Brock et.al (2008) ressalta que o conhecimento das propriedades termofísicas de um alimento, incluindo entre elas a viscosidade, é de fundamental importância para a indústria de alimentos na consecução das etapas de projeto de equipamentos e de processos ou mesmo para especificação do produto, como o desenvolvimento de cálculos, de equipamentos e de processos que envolvam transferência de calor, podendo-se citar o exemplo de projetos para equipamentos voltados à refrigeração, tratamento térmico e armazenamento de alimentos.

### 3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A partir dos resultados obtidos, os dados foram submetidos à análise estatística de variância (ANOVA) e do Teste de Tukey para verificar se havia diferença entre as médias encontradas. O software utilizado para a realização dos cálculos foi o ASSISTAT 7.7, e os resultados estão descritos nas tabelas 4 e 5.

**Tabela 4: Análise de variância entre as médias dos amidos nativo, Rezista e Snow Flake**

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
Nativo	7	165, 204	23, 60057143	0, 874236		
Rezista	7	193, 366	27, 62371429	15, 93286		
Snow Flake	7	199, 802	28, 54314286	21, 808		
Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	Valor-P	F crítico
Entre grupos	96, 74009257	2	48, 37004629	3, 757861 *	0, 04327	3, 554557146
Dentro dos grupos	231, 69056	18	12, 87169778			
Total	328, 4306526	20				

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

Fonte: Aatoria própria, 2014.

Anjos (2009) descreve que a Análise de Variância (ANOVA) é um procedimento utilizado para comparar três ou mais tratamentos dentro de um experimento. Nesse caso existe o interesse em testar se há diferenças entre as médias dos tratamentos, o que equivale a testar as hipóteses. Caso a hipótese nula  $H_0$  for verdadeira, todos os tratamentos terão uma média comum  $\mu$ . Porém, se a hipótese de nulidade  $H_0$  for rejeitada, existem evidências de diferença significativa entre pelo menos um par de médias de tratamentos, ao nível  $\alpha$  de significância escolhido.

A partir desses entendimentos, concluímos que existe diferença significativa entre as médias alcançadas nos testes, pois nesse caso, o F calculado foi maior que o F tabelado ou F crítico.

**Tabela 5: Teste de Tukey para a comparação das médias entre os amidos nativo, Rezista e Snow Flake**

Temperatura	Nativo	Rezista	Snow Flake
10°C	23,55 ± 0,26c	26,97 ± 0,39a	25,24 ± 0,24b
30°C	22,43 ± 0,28b	25,11 ± 0,07a	25,05 ± 0,39a
50°C	23,65 ± 0,37c	25,46 ± 0,31b	26,25 ± 0,29a
70°C	22,52 ± 0,15b	23,90 ± 0,35a	24,44 ± 0,50a
50°C	23,89 ± 0,34c	26,65 ± 0,53b	29,15 ± 0,37a
30°C	23,99 ± 0,46c	29,54 ± 0,56b	33,09 ± 0,55a
10°C	25,17 ± 0,27c	35,73 ± 0,59b	36,58 ± 0,49a

**As médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.**

**Fonte: Autorial própria, 2014.**

Ainda de acordo com Anjos (2009), após verificar que existe diferença significativa entre tratamentos, pode haver o interesse em avaliar a magnitude destas diferenças. Para isso, utiliza-se um teste de comparações múltiplas, nesse caso o teste de Tukey, que permite testar qualquer contraste, sempre, entre duas médias de tratamentos, ou seja, não permite comparar grupos entre si. O teste baseia-se na Diferença Mínima Significativa (DMS).

O teste foi aplicado em cada faixa de temperatura para saber quais das três amostras apresentavam diferença.

Os resultados dos testes mostraram que os tempos médios da amostra de amido nativo foram os únicos que se diferenciaram dos demais amidos durante todo o experimento.

O amido modificado *Rezista* e o amido modificado *Snow Flake* não tiveram diferenças estatísticas significativas nas temperaturas de 70° C durante o aquecimento e 30° C durante o resfriamento.

## CONCLUSÃO

Os testes mostraram que as três amostras de amido se comportaram diferente durante as fases do tratamento térmico, sendo essas diferenças significativas estatisticamente ao nível de 5%, exceto nas temperaturas 70° C durante o aquecimento e 30° durante o resfriamento, onde o amido modificado *Rezista* e o amido modificado *Snow Flake* não mostraram distinção. Já o amido nativo não apresentou grandes alterações nos seus tempos de escoamento, mesmo durante o seu resfriamento já que a viscosidade da suspensão tende a aumentar. A amostra de amido nativo também apresentou maior tendência a retrogradação, já que possui em sua estrutura maior quantidade de amilose do que as amostras de amido modificado.

Apesar de atualmente o viscosímetro de Copo Ford não ser o equipamento mais indicado para se analisar viscosidade de suspensões de amido, ele se mostrou eficiente para as análises na qual foram propostas nesse trabalho, por ser um método mais rápido e prático, mesmo que na literatura não se tenha conhecimento de outro trabalho envolvendo esse método, dificultando a comparação dos resultados.

## REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Tintas – Determinação de viscosidade pelo Copo Ford, **NBR 5849**, Março 1986.

ALBANO, K. M. **Comportamento reológico de géis de amido de mandioca salsa (*Arracacia xanthorrhiza* B.)**. 2012. 113f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2012.

ALVES, R.M.V.; GARCIA, E.E.C.; DANTAS, S.T.; PADULA, M. Embalagem: qualidade e vida de prateleira. **Leite e Derivados**, Campinas, v. 3, n. 14, p.26 - 31, 1994.

ANJOS, A. **Análise de Variância**. Notas de Aula, Capítulo 7, Disciplina: ce003, Curitiba, 2009. Disponível em: <<http://www.est.ufpr.br/ce003/material/apostilace003.pdf>>. Acesso em: 9 dez.2014.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Livraria Varela, 1995.

BROCK, J.; NOGUEIRA, M. R.; ZAKRZEWSKI, C.; CORAZZA, F. C.; CORAZZA, M. L.; OLIVEIRA, J. V. Determinação experimental da viscosidade e condutividade térmica de óleos vegetais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 3, p. 564 - 570, jul - set. 2008.

CORDENUNSI, B. R.; **Utilização de novas técnicas de microscopia na caracterização do amido**. In: Elisabete Wenzel de Menezes; Franco Maria Lajolo. (Org.). Carbohidratos en alimentos regionales Iberoamericanos. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006, v., p. 47-62

COSTA, T. L. **Características físicas e físico - químicas do óleo de duas cultivares de mamona**. 2006. 113f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

COUTINHO, A. P. C.; CABELLO, C. Caracterização reológica da fécula de mandioca. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**. Botucatu, v. 1, p. 40 - 48, out. 2005.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. Tradução Adriano Brandelli et.al. 4. Ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2010.

DINIZ, M. D. M. S. **Caracterização do comportamento reológico e determinação de propriedades termofísicas de polpa de manga ubá**. 2009. 71f. Dissertação (*Magister Scientiae*) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

FRANCO, C. M.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. **Propriedades gerais do amido**. Série Cultura de tuberosas amiláceas latino americanas. São Paulo. Fundação Cargill, 2001.

GOTSCHLICH, M. F. L. **Escoamento de fluídos não newtonianos: revisão da literatura e análise de correlações para o fator de atrito e coeficientes de perda localizada**. 2011. 91f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

GRANGEIRO, A. A.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; MATA, M. E. R. M. C. Viscosidade de polpas concentradas de figo-da-índia. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 219-224, abr-jun, 2007.

LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos en alimentos regionales iberoamericanos**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

LEWIS, M. J. **Propriedades físicas dos alimentos y de los sistemas de processado**. 1 ed. Ed. Acribia: Zaragoza, 1993.

LIMBERGER, V. M. **Modificação física e química de quirera de arroz para aproveitamento na indústria de alimentos**. 2006. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Santa Maria, 2006.

MUCCILLO, R. C. S. T. Caracterização e avaliação de amido nativo e modificado de pinhão mediante provas funcionais e térmicas. 2009. 156f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

NASCIMENTO, J. R. O. **Uso da biotecnologia para modificação do amido em plantas**. In: Elisabete Wenzel de Menezes; Franco Maria Lajolo. (Org.). **Carboidratos en alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006, v., p. 213-233.

NUNES, L. S. **Obtenção de amido de inhame e sua utilização no preparo de alimentos à base de leite**. 2009. 107f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

PARAGUAIO, T.; LUDEWIG, D. R.; NABI, A. F. Aplicação de ferramentas estatísticas na análise dos tempos de escoamento das pastas de amido. In: IV ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL. 2010, CAMPO MOURÃO. **Anais Eletrônicos**. Campo Mourão: FECILCAM, 2010. Disponível em: <[http://www.fecilcam.br/anais\\_iveepa/arquivos/14/14-01.PDF](http://www.fecilcam.br/anais_iveepa/arquivos/14/14-01.PDF)>. Acesso em 7 dez. 2014.

RIBEIRO, A. P. L. **Estudo dos amidos de mandioca nativo, modificados e modificados combinados por via química para utilização na indústria alimentícia**. 2011. 110f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de alimentos, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2007.

SANTOS, T. P. R. **Produção de amido modificado de mandioca com propriedade de expansão**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrônômica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.

VENDRÚSCOLO, A. T. **Comportamento reológico e estabilidade física de polpa de carambola (*Averrhoa carambola L.*)**. 2005. 90f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

VILELA, E. R.; FERREIRA, M. E. Tecnologia de produção e utilização do amido de mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 69-73, jan. 1987.