

# AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO PODER ESPESSANTE DE DIFERENTES FARINHAS EM MOLHOS BASES BECHAMEL E VELOUTÉ

*Julyetty Crystyne da Silva e Fabiana Mortimer Amaral*

## RESUMO

Neste trabalho foi estudado o poder espessante das farinhas de arroz (FAR), banana (FBA), coco (FCO), feijão branco (FFB), grão de bico (FGB), mandioca (FMA), trigo (FTR), pinhão (FPI), amido de milho (AMI), araruta (ARA), fécula de batata (FBT) e polvilho doce (PDO), em diversas concentrações na produção de molhos base bechamel e *velouté*. A partir de estudos de viscosidade específica foram elaborados gráficos exponenciais de viscosidade versus concentração de *roux* permitindo a obtenção de relações de porcentagens entre o *roux* produzido com a farinha de trigo e as outras fontes estudadas. A análise sensorial de aceitabilidade realizada nos molhos bechamel e *velouté* produzidos com farinha de trigo, araruta, farinha de arroz, fécula de batata e polvilho doce, mostrou que a fécula de batata e a araruta são bons substituintes na produção do molho bechamel e a farinha de arroz é um bom substituinte na produção de molho *velouté*.

## PALAVRAS-CHAVE

Molho bechamel, molho *velouté*, amido, *roux*, viscosidade específica, análise sensorial.

## ABSTRACT

In this work the thickening power of rice flour (FAR), coconut (FCO), white bean (FFB), chickpea (FGB), cassava (FMA), wheat (FTR), pinion (FPI), corn starch (AMI), arrowroot (ARA), potato starch (FBT) and sweet manioc starch (PDO), in various concentrations in the production of *béchamel* and *velouté* sauces was studied. From the studies of specific viscosity were drawn exponential graphs of viscosity versus concentration of *roux* allowing to obtain relations of percentages between *roux* produced with wheat flour and other sources studied. The sensorial analysis of acceptability carried out on *béchamel* and *velouté* sauces produced with wheat flour, arrowroot, rice flour, potato starch and sweet manioc starch showed that potato starch and arrowroot are good substituents in the production of *béchamel* sauce and rice flour is a good substitute in the production of *velouté* sauce.

## KEY-WORDS

*Béchamel* sauce, *velouté* sauce, starch, *roux*, specific viscosity, sensory analysis

## 1. INTRODUÇÃO

Grande parte das técnicas de produção na gastronomia tem origem francesa e foram sistematizadas por Carême e Escoffier entre os séculos XXI e XX. Entre as técnicas de produção realizadas por estes celebres cozinheiros e que são usadas até os dias de hoje, constituindo a base de várias receitas, estão os molhos base.

Dois tipos de molhos bases, o bechamel e *veloute*, levam como espessante em sua composição a farinha de trigo, devido as propriedades do amido de aumento de viscosidade quando sua solução é submetida ao aquecimento.

Desde a época de Carême até os dias de hoje, esses molhos ainda são amplamente utilizados, no entanto outros conceitos foram incorporados na gastronomia ao longo do tempo que geram questionamentos tais como: Esses molhos poderiam ser realizados com amidos provenientes de outra fonte além do trigo? Se realizar a substituição da farinha de trigo por outro ingrediente contendo amido qual seria a concentração que deveria se usar?

Esses questionamentos surgem muitas vezes devido a demandas sociais modernas relacionadas a intolerâncias alimentares, como no caso das desordens relacionadas ao glúten, ou mesmo porque a gastronomia deixou de ser uma replicação de receitas prontas para uma reflexão mais aprofundada sobre a função de cada ingrediente em uma produção e as possibilidades de desenvolvimento de diferentes produtos por meio da alteração de ingredientes.

Neste último caso a reflexão de base mais científicas na gastronomia está associada ao movimento da gastronomia molecular. Iniciado em 1988 por Hervé This e Nicolas Kurti ela visa estudar os processos físico e químicos envolvidos na produção de uma receita e insere no contexto da gastronomia estudos de base científica para analisar uma receita.

Desta forma esse trabalho busca verificar a possibilidade de substituição da farinha de trigo por outros tipos de farinha como: coco, banana, grão de fico, fécula de batata, amido de milho, polvilho doce, entre outros.

Para melhor compreensão do estudo foi realizado um referencial teórico apontando conceitos importantes para a compreensão do trabalho.

Nesse contexto, a pesquisa teve como objetivo avaliar o poder espessante de diversas fontes de amido em molhos base (bechamel e *velouté*), a partir da viscosidade específica criar relações de porcentagens entre a farinha de trigo e outras fontes de amido, analisar as propriedades térmicas e microscópicas das farinhas e ainda analisar sensorialmente os produtos obtidos.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Molhos bases na gastronomia

As principais funções de um molho nas produções gastronômicas são introduzir sabores complementares ou de contraste, acrescentar umidade ou suculência na preparação, auxiliar no interesse visual e textura do prato.(INSTITUTO AMERICANO DE CULINÁRIA, 2011)

Na gastronomia os molhos podem ser divididos em diversos grupos, os principais são os molhos bases, também chamados de molhos-mãe. No século XXI Carême, um dos chefs responsáveis pela criação da alta gastronomia francesa, descreveu os molhos bases em quatro tipos diferentes, bechamel, *velouté*, espanhol e *allemande*. No século XX, Escoffier<sup>1</sup> incluiu o molho *hollandaise* e de tomate entre os molhos bases e classificou o molho *allemande* como derivado do molho *velouté*. (BURTON, 2011; ESCOFFIER, 2014)

Um molho é constituído, basicamente, por um líquido, um espessante e aromatizantes. O molho bechamel é produzido com leite como o líquido, *roux* claro como espessante e aromatizantes como cebola, cravo, sal, louro e noz moscada. O molho *velouté* clássico é preparado com um fundo claro (de galinha, vitela, peixe ou vegetais) e *roux* claro ou amarelo.(INSTITUTO AMERICANO DE CULINÁRIA, 2011)

O *roux* é um ingrediente essencial em algumas preparações gastronômicas clássicas, como os molhos já citados. A função predominante dele é espessar molhos, sopas e ensopados, isso é possível pela presença da farinha de trigo, uma fonte de amido, na sua constituição.

Usualmente, o *roux* é constituído por partes iguais de farinha de trigo e manteiga, essa mistura é cozida, podendo ser obtido 4 tipos de *roux*, de acordo com o tempo de cocção da mistura, o claro, amarelo, marrom e escuro. Devido as reações químicas de caramelização e Millard do amido que ocorrem durante a cocção, quanto mais escuro for o *roux*, menos irá espessar. (ALVAREZ-RAMIREZ et al., 2018; ESCOFFIER, 2014; INSTITUTO AMERICANO DE CULINÁRIA, 2011)

Além de fonte de amido, a farinha de trigo também é rica em proteínas, as principais são a gliadina e a glutenina, que constitui, respectivamente, cerca de 33 % e 16 % das

---

<sup>1</sup> Chef e escritor responsável por popularizar e renovar os métodos na cozinha francesa

proteínas da farinha de trigo. A união dessas duas proteínas forma complexo proteico conhecido como glúten. A presença do glúten nas farinhas é de grande importância para várias áreas da gastronomia, como a panificação e confeitaria. (FINNIE, 2016; INSTITUTO AMERICANO DE CULINÁRIA, 2011)

Atualmente existem várias patologias relacionada com o efeito do glúten no organismo humano, elas são tratadas como “desordens relacionadas ao glúten”, algumas são: a sensibilidade ao glúten não celíaca, dermatite herpetiforme, ataxia do glúten, alergia ao trigo e a doença celíaca. As pessoas que sofrem com alguma dessas síndromes, em geral, devem retirar qualquer fonte de glúten de sua dieta, como o trigo, centeio, aveia, cevada, entre outros. (DI CAIRANO et al., 2018; HERA; MARTINEZ; GÓMEZ, 2013)

A gastronomia atual apresenta um papel essencial no desenvolvimento de produtos que não possuem glúten para atender a demanda cada vez mais crescente de pessoas com as desordens relacionadas ao glúten.

Dentro dessa perspectiva, a fim de manter os atrativos sensoriais de uma produção gastronômica com molho, os quais, na maioria das vezes, são derivados de um molho base que possuem na sua composição farinha de trigo como elemento espessante, torna-se essencial buscar substitutos para a farinha de trigo presente no *roux* por algum ingrediente rico em amido e que não possua o glúten, como por exemplo a farinha de arroz, amido de milho ou fécula de batata, mas que possibilitem o aumento da viscosidade devido ao aquecimento, graças as características funcionais do amido

## **2.2. Farinhas e amido**

Farinhas são produtos obtidos pela moagem e peneiração de diversos ingredientes como grão, sementes, raízes, tubérculos e frutas. Em geral elas contêm polissacarídeos como amido, açúcar, proteínas, lipídios e materiais inorgânicos. A quantidade destes componentes várias de acordo com a fonte da farinha.(ANVISA, 1978; PUNCHA-ARNON; UTTAPAP, 2013)

O amido presente nas farinhas é a principal fonte de calorias na dieta humana e a principal reserva de polissacarídeo em plantas superiores. Apresenta-se na forma de grânulos de tamanho e formato variados. Ele é um polissacarídeo heterogêneo composto essencialmente por dois polímeros de  $\alpha$ -D-glicose em proporções variadas, a amilose e a amilopectina, e como componentes minoritários lipídios e proteínas. A proporção entre amilose e amilopectina é dependente da espécie vegetal e do grau de maturação das

plantas provenientes de uma mesma espécie. (HALLEY; AVÉROUS, 2014; KLAOCHANPONG et al., 2015; LUCHESE; SPADA; TESSARO, 2017)

A amilose é um polissacarídeo, em essência, linear constituído por unidades de *D*-glicose ligadas entre si por ligações  $\alpha$  (1,4) e poucas por  $\alpha$  (1,6), a massa molecular é aproximadamente 250.000 Daltons (1.500 unidades de glicose), podendo variar de acordo com a fonte do amido. A amilopectina é um polissacarídeo altamente ramificado constituído de resíduos de glicose unidas por ligações  $\alpha$  (1,4) e  $\alpha$  (1,6), a massa molecular varia entre 50 e 500 x10<sup>6</sup> Daltons (4700 a 12800 unidades de glicose), sendo considerada uma das maiores moléculas encontradas na natureza. (DENARDIN; SILVA, 2009; KLAOCHANPONG et al., 2015)

A frio, a estrutura do amido permanece inalterada e insolúvel em água. Porém, quando aquecida em presença de água, essa mistura sofre um processo conhecido como gelatinização, esta é uma transformação irreversível do amido granular em uma pasta viscoelástica, onde ocorre a destruição da estrutura granular semicristalina do amido através do rompimento das ligações de hidrogênio que mantinham a sua integridade.

Esta destruição resulta em uma matriz polimérica homogênea e essencialmente amorfa. Esse poder de inchamento, solubilidade e gelatinização varia de acordo com a fonte do amido e são controladas, sobretudo, pela amilopectina (comprimento da cadeia, extensão de ramificações e massa molecular), composição do amido (proporção entre amilose e amilopectina) e arquitetura granular (proporção de regiões cristalinas e amorfas). (DENARDIN; SILVA, 2009; LUCHESE; SPADA; TESSARO, 2017)

Tanto o processo de gelatinização, que ocorre durante o aquecimento, quanto o de retrogradação, que ocorre no resfriamento de soluções com amido, desempenham um importante papel na gastronomia, eles estão relacionados, principalmente, com o aumento da viscosidade de soluções, como em molhos que contém *roux*. Na gelatinização o aumento da viscosidade está relacionado com o inchamento granular e na retrogradação com a formação de uma rede granular do amido parcialmente inchado. Ainda, com o resfriamento da solução o gel formado tem tendência a liberar água, processo conhecido como sinérese, a extensão desse processo depende das características do amido e possui uma grande importância, principalmente por alterar a textura e aparência dos molhos formados a base de *roux*. (DENARDIN; SILVA, 2009; LUCHESE; SPADA; TESSARO, 2017)

Além disso, o amido também pode produzir outra reação de grande importância na gastronomia. A reação de Maillard ocorre a partir da interação das proteínas e lipídeos,

como os presentes na manteiga e um polissacarídeo, como o amido, essa reação é responsável principalmente por atribuir aroma e cor a certas preparações gastronômicas.

Na produção do *roux* além de adicionar cor e aroma na produção ela também influencia no poder espessante do mesmo, isto pode estar relacionado com o fato de que quanto mais ocorrer a reação de Maillard, menos amido terá disponível para espessar a solução. (ALVAREZ-RAMIREZ et al., 2018; KATO, 2003)

### **2.3. Gastronomia molecular**

A gastronomia molecular é uma ciência que visa principalmente compreender os mecanismos físico químicos básicos que ocorrem durante o processo de cozinhar. Seus principais objetivos são a exploração científica dos aspectos artísticos e sociais da culinária; adição de técnicas as receitas pretendendo maior precisão na reprodução e a exploração científica das definições culinárias, fazendo assim, em especial, com que os fenômenos químicos e físicos envolvidos nos processos presentes na cozinha ganhem uma explicação científica. (AMARAL; SOUTHGATE, 2018; BURKE; THIS; KELLY, 2016; SARIOĞLAN, 2014)

Um dos principais parâmetros avaliados quanto a qualidade de um alimento é a textura, ela é a resposta dos sentidos táteis aos estímulos físicos que resultam do contato entre a comida e a boca. A gastronomia molecular introduziu utilização da técnica de medida de viscosidade na cozinha. Ela pode ser definida como a resistência interna de uma substância ao fluxo quando submetida a tensão, essa medida tem importância para a gastronomia pois pode ser utilizada para o desenvolvimento e controle de produtos, desde aparência a percepção gustativa.(AMARAL; SOUTHGATE, 2018; BOURNE, 1982; MCKENNA; LYNG, 2013)

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1. Materiais**

Foram usados 12 tipos de fontes de amido. As farinhas de arroz (FAR), banana (FBA), coco (FCO), feijão branco (FFB), grão de bico (FGB), mandioca (FMA), trigo (FTR), amido de milho (AMI), araruta (ARA), fécula de batata (FBT) e polvilho doce (PDO) foram adquiridas em mercados locais. A farinha de pinhão (FPI) foi produzida pelo Núcleo de Estudos em Gastronomia. Todos os outros ingredientes e aromatizantes dos molhos foram adquiridos em mercados locais.

### 3.2. Preparação do molho Bechamel e Velouté

Inicialmente foi preparado o *roux* claro utilizando quantidades iguais dos diferentes tipos de farinhas e manteiga clarificada (ESCOFFIER, 2014). A farinha foi misturada na manteiga derretida e levada para a cocção a 90 °C por 30 segundos. Após foi adicionado 100 mL de leite para o molho bechamel ou 100 mL de fundo de vegetais para o molho *velouté* no sistema e este aquecido a 90 °C com agitação constante por 5 minutos.

Com o objetivo de se obter uma curva padrão da viscosidade específica em relação a porcentagem de *roux* nas amostras foram testadas diversas porcentagens de *roux*, de 0 a 10 % ou até que não fosse possível a aferição no viscosímetro. Todas as amostras foram realizadas em triplicada.

Para os molhos utilizados na análise sensorial as diferentes concentrações das farinhas utilizadas foram determinadas a partir da fórmula obtida pelos gráficos de viscosidade específica. Foi preparado 1 litro de cada molho cozinhando o *roux* por 30 segundos, o molho por 10 minutos e adicionando 4,5 g de sal.

### 3.3. Viscosidade específica

As análises de viscosidade foram feitas a partir de um viscosímetro de Canon-Fenske. O viscosímetro de Canon-Fenske permite uma determinação simples do coeficiente de viscosidade, desde que seja conhecida sua constante, no entanto, quando se desconhece a constante, as medidas de viscosidade são feitas por comparação entre o tempo de vazão do líquido cuja viscosidade se deseja determinar e de um líquido de viscosidade conhecida. Na mesma temperatura e no mesmo aparelho (REOLON, 2011). A viscosidade específica foi calculada utilizando a equação 1, onde foi considerado o leite puro ou fundo de vegetais como solvente e os diferentes molhos preparados como soluções. (ROCHA; DEMIATE; FRANCO, 2008)

$$\eta_{sp} = \frac{n_{sol}}{n_0} - 1 = \frac{t_{sol}}{t_0} - 1 \quad \text{Eq. 1}$$

Em que:  $\eta_{sp}$  = viscosidade específica,  $\eta_{sol}$  = viscosidade solução,  $t_{sol}$  = taxa de escoamento solução,  $\eta_0$  = viscosidade solvente e  $t_0$  = taxa de escoamento solvente.

Todas as análises foram realizadas a temperatura constante de 70°C e em triplicata, calculado média e desvio padrão.

### **3.4. Análise sensorial**

A aceitabilidade dos molhos bechamel e velouté preparados com araruta, farinha de trigo (referência), farinha de arroz, fécula de batata e polvilho doce foram avaliadas utilizando uma escala hedônica com referência. A escala é estruturada em 9 pontos, de -4 a +4, onde -4 corresponde a gostei muitíssimo menos que a referência e +4 corresponde a gostei muitíssimo mais que a referência. (BERGARA-ALMEIDA; APARECIDA; SILVA, DA, 2002; DUTCOSKY, 2013)

Os resultados do teste de aceitação foram analisados por meio de Análise de Variância (ANOVA) com significância de 5 % e teste de Tukey para comparação entre as médias.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

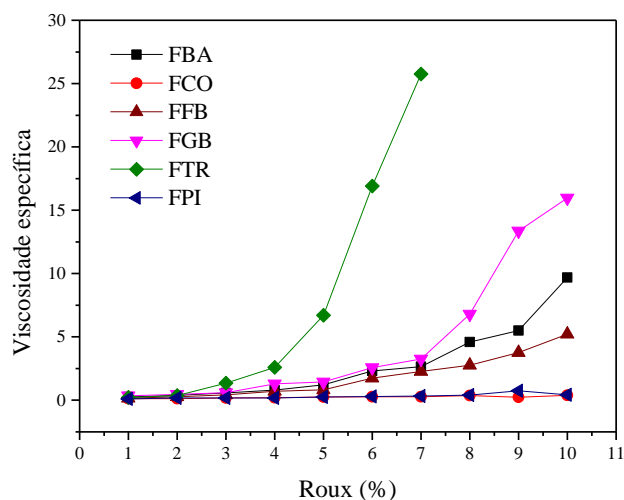
### **4.1. Viscosidade específica**

#### **4.1.1. Molho bechamel**

Com o objetivo de obter uma relação entre a quantidade de *roux* e a viscosidade específica dos molhos, foram preparadas amostras de molho bechamel com diversas farinhas em diferentes concentrações. A **Figura 1** apresenta os resultados de viscosidade específica versus concentração de *roux* com as farinhas de: trigo, grão de bico, feijão branco, coco, banana e pinhão.



**Figura 1.** Variação da viscosidade específica em função a concentração de *roux* no molho bechamel.



Fonte: autoras

O padrão de comparação das viscosidades específicas obtidas nos molhos elaborados com diferentes fontes de amido foi o *roux* realizado com farinha de trigo (FTR), visto que esse é o ingrediente do *roux* na preparação clássica do molho bechamel. (ESCOFFIER, 2014)

O gráfico apresentado na figura 1 mostra que a relação entre a viscosidade específica do molho bechamel versus a concentração de *roux* é uma curva exponencial crescente, onde a partir de ponto de inflexão há uma grande aumento da viscosidade a medida que a concentração de *roux* aumenta. ou seja, apresentam em ponto um crescimento muito rápido.

Observa-se no gráfico que nos molhos preparados com a farinha de coco (FCO) e farinha de pinhão (FPI) não houve variação significativa de viscosidade relativa em função concentração de *roux*, sugerindo pouco efeito espessante destes dois ingredientes quando aplicados como substitutos da farinha de trigo na elaboração do bechamel.

Este fato pode ser explicado pois a farinha de coco é elaborada a partir do coco triturado que não possui um teor significativo de amido.

No caso da farinha de pinhão, mesmo sendo uma semente rica em amido (HENRÍQUEZ et al., 2008), o pouco efeito espessante pode estar associado ao método de obtenção da farinha, produzida a partir do pinhão torrado e triturado, cujo processo possivelmente degradou o amido impedindo o espessamento. Uma solução seria realizar a extração do amido do pinhão ou a produção da farinha sem os processos de cocção, porém como ainda não existe comercialmente esses produtos a utilização da farinha de pinhão, assim como a de coco, foi considerada inviável para espessar molhos.

A farinha de banana (FBA), em geral, é produzida com a fruta verde, apresentando um teor alto de amido resistente, fibra alimentar e potássio, além de atividade antioxidante e capacidade de redução do índice glicêmico, por isso vem sendo bastante aplicada para a produção de pães, biscoitos e massas (CAMPUZANO; ROSELL; CORNEJO, 2018). Na utilização como espessante no molho bechamel pode-se observar que a farinha de banana possui essa capacidade, tendo um poder espessante mais fraco que a farinha de trigo. Porém, notou-se que na produção do molho, a farinha de banana muda a coloração do mesmo para um tom bem mais escuro que o desejado. Sendo assim ela também foi considerada inadequada para a produção de molho bechamel e *velouté*, os quais possuem como atributos sensorial a cor branca e bege claro respectivamente. Ficando a possibilidade de ser aplicada para a elaboração de um molho base espanhol ou para outras preparações mais escuras em que a cor não tenha influência no produto final.

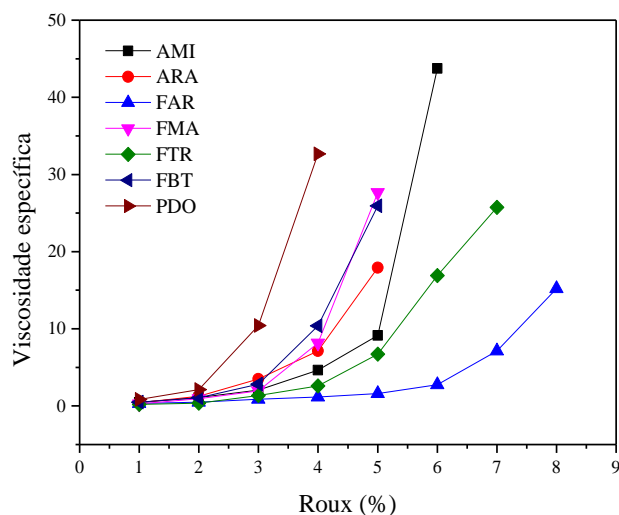
Na produção do molho bechamel com farinha de feijão e de grão de bico se constatou um poder espessante inferior a farinha de trigo. No entanto os molhos produzidos apresentaram forte gosto residual dos ingredientes utilizados. Assim, também se considerou as farinhas de feijão branco e grão de bico inadequadas para a produção de molho bechamel e *velouté*, por alterarem consideravelmente o gosto característico desses molhos bases. Porém ambas podem ser aplicadas como espessante em preparações com o sabor mais intenso, que se queira o gosto característico dos legumes ou ainda com mais tempo de cocção, visando diminuir o gosto residual das farinhas

Assim como a farinha de banana, as farinhas de feijão branco (FFB) e grão de bico (FGB) também são produzidas com ingredientes crus. Os dois legumes são boas fontes de proteína, fibras, minerais, vitaminas e amido (KAUR; SINGH, 2005; SIDDIQ et al., 2010). Na produção do molho bechamel com farinha de feijão e de grão de bico se constatou um poder espessante inferior a farinha de trigo. No entanto os molhos produzidos apresentaram forte gosto residual dos ingredientes utilizados. Assim, também se considerou as farinhas de feijão branco e grão de bico inadequadas para a produção de molho bechamel e *velouté*, por alterarem consideravelmente o gosto característico desses molhos bases. Porém ambas podem ser aplicadas como espessante em preparações com o sabor mais intenso, que se queira o gosto característico dos legumes ou ainda com mais tempo de cocção, visando diminuir o gosto residual das farinhas.

Continuando os estudos da relação entre a viscosidade específica e a porcentagem de *roux* de diferentes fontes de amido a **Figura 2** apresenta os resultados obtidos quando

utilizado amido de milho, araruta, farinha de arroz, farinha de mandioca, fécula de batata e polvilho doce como fonte de amido na produção do *roux*.

**Figura 2.** Variação da viscosidade específica em função a concentração de roux no molho bechamel.



Fonte: autoras

O amido de milho (AMA), segundo os testes, é um ótimo espessante para molhos a base de leite, tendo seu crescimento exponencial entre 5 e 6 %, sendo que a partir de 6% a solução se tornou muito espessa para a mensurar a taxa de escoamento no viscosímetro de Canon-Fenske. Porém foi observado que ao resfriar a solução a temperatura ambiente ocorria a formação de uma película espessa na superfície da solução, essa película foi considerada prejudicial para a aparência do molho quando servido em preparações gastronômicas.

Outro fator de destaque está no fato da dificuldade de controle no processo de espessamento de molhos, pois como observado no gráfico pequenas variações da concentração do *roux* causam grades variações de viscosidade dificultando sua aplicação. Por esses motivos o molho preparado com amido de milho também foi excluído de testes sensoriais posteriores.

A araruta (ARA) (*Maranta arundinaceae L.*) é uma planta encontrada nas florestas tropicais. Economicamente, o rizoma da araruta tem sido usado para extração de amido, que tem uma excelente digestibilidade, capacidade de gelificação e características físico-químicas especiais, tais como alto teor de amilose (NOGUEIRA; FAKHOURI; OLIVEIRA, DE, 2018). Ao preparar o molho bechamel com araruta pode-se observar um alto poder espessante. A concentração máxima possível de ser mensurada pelo método utilizado no trabalho foi de 5% de *roux*, devido ao crescimento exponencial

da curva em 4% de concentração. O molho não apresentou nenhuma alteração marcante de seus atributos sensoriais, sendo escolhido para os testes sensoriais posteriores.

A farinha de mandioca (FMA) e a fécula de batata (FBT) tiveram um poder espessante muito similares com o da aratura. Eles apresentaram o início do crescimento exponencial entre 3 e 4% não sendo possível medir a taxa de escoamento a partir de 5%. Contudo a farinha de mandioca forma grumos no molho, o comprometendo sensorialmente, sendo eliminada de testes posteriores. No molho produzido com fécula de batata não foi possível observar mudanças macroscópicas, sendo este produto selecionado para o teste de análise sensorial.

Dentre os espessantes testados, a farinha de arroz (FAR) foi a que apresentou uma curva mais próxima da farinha de trigo, tendo um menor crescimento exponencial de viscosidade. Não foi possível observar mudanças macroscópicas no molho se comparado com a farinha de trigo, entretanto, constatou-se um fraco gosto residual da farinha de arroz, o qual não pareceu ter grande impacto sensorial, sendo aplicado testes de análise sensorial neste molho.

O polvilho doce foi o que apresentou o maior poder espessante, alcançando a viscosidade específica de ~30 quando utilizado 4% de *roux*. O aumento exponencial de viscosidade foi observado entre 2 e 3%, tendo seu máximo mensurável em uma concentração de 4% de *roux*. Embora o polvilho doce também seja proveniente da mandioca (amido de mandioca), não foi possível observar formação de grumos ou qualquer mudança macroscópica, sendo ele também escolhido para testes posteriores.

Ainda com os gráficos obtidos de cada farinha foi possível calcular o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) para todas as curvas. Com exceção das farinhas de coco e de pinhão todos os gráficos apresentaram um  $r^2$  superior a 0,95. O  $r^2$  é uma medida estatística que indica o quanto o modelo consegue explicar os valores observados. Esses valores de  $r^2$  mostram que o modelo de equação exponencial  $y = a \cdot e^{(b \cdot x)}$  consegue explicar mais de 95 % dos resultados obtidos.

Além disso, a fórmula  $y = a \cdot e^{(b \cdot x)}$  possibilitou calcular as relações de porcentagens equivalentes para cada farinha em relação a farinha de trigo.

Na equação exponencial obtida para cada curva foram usados os valores de viscosidade específica ( $y$ ) obtidos na produção do molho bechamel com farinha de trigo, onde  $a$  e  $b$  são os coeficientes maiores que zero e  $x$  é a porcentagem de *roux* que se deseja calcular para cada tipo de farinha. A **Tabela 1** apresenta os resultados obtidos para  $x$ , para os diferentes tipos de farinha usados na elaboração do *roux*.

**Tabela 1.** Relação entre % de farinha de trigo e outras farinhas na produção de *roux* para molho bechamel

Fonte de amido	Quantidade de <i>roux</i> (%) *										
Farinha de trigo	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	
Amido de milho	0,0	1,4	2,6	4,0	4,7	5,3	5,6	6,1	6,6	7,0	
Araruta	0,2	0,7	2,0	2,7	3,6	4,5	5,0	5,6	6,3	6,9	
Farinha de arroz	2,4	3,1	4,8	5,7	6,9	8,1	8,7	9,6	10,4	11,2	
Farinha de banana	0,6	1,9	5,2	6,8	9,2	11,5	12,5	14,2	15,8	17,4	
Farinha de feijão branco	0,0	1,6	5,7	7,8	10,8	13,7	15,0	17,1	19,1	21,1	
Farinha de grão de bico	0,2	1,3	4,3	5,8	7,9	10	10,9	12,4	13,9	15,3	
Farinha de mandioca	0,9	1,4	2,7	3,4	4,3	5,3	5,7	6,3	7,0	7,6	
Fécula de batata	0,2	0,7	2,0	2,7	3,6	4,6	5,0	5,7	6,3	7,0	
Polvilho doce	0	0,2	1,3	1,9	2,7	3,4	3,8	4,4	4,9	5,4	

\* valor de % de *roux* equivale a 50 % de farinha

Fonte: autoras

A relação teórica possibilita a elaboração de um *roux* com diferentes tipos de farinha, obtendo viscosidade similares ao padrão gastronômico do bechamel, o qual é elaborado com a farinha de trigo. Cabe notar na **Tabela 1** que a concentração de farinha em cada *roux* varia dependendo da fonte de amido usada para obter um molho com a mesma viscosidade específica. Por exemplo, um molho com 10% de *roux* produzido com farinha de trigo, tem viscosidade equivalente a um molho com 7% de *roux* produzido com amido de milho e a outro com 11,2% de *roux* produzido com farinha de arroz.

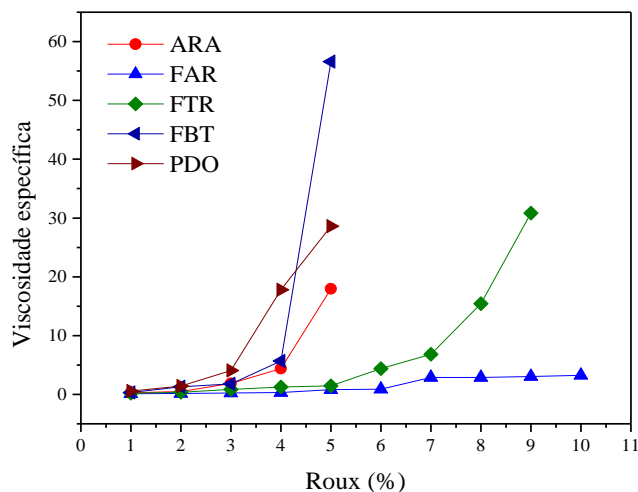
Os molhos produzidos com araruta, farinha de arroz, farinha de trigo, fécula de batata e polvilho doce, foram submetidos a análise sensorial de aceitabilidade para verificar as possibilidades de substituição em produções que tenham como base o molho bechamel.

#### 4.1.2. Molho *velouté*

A partir do estudo da produção do molho bechamel elaborado com 12 tipos diferentes de farinha, observou-se que as farinhas de araruta, arroz, fécula de batata, e polvilho doce apresentaram menor alteração de atributos sensoriais, e por esse motivo foram aplicadas no estudo comparativo para o molho base *velouté*. A **Figura 3** apresenta os resultados

obtidos no teste de viscosidade específica em relação a porcentagem de *roux* das diferentes farinhas.

**Figura 3.** Variação da viscosidade específica em função a concentração de *roux* no molho *velouté*.



Fonte: autoras

Assim como as análises feitas para o molho bechamel, a relação entre a viscosidade específica e a concentração de *roux* em todas as amostras testadas foi exponencial. No entanto observa-se um padrão de comportamento distinto ao obtido para molho bechamel, essas alterações podem estar relacionadas a diferença na composição dos macronutrientes, sugerido diferentes interações entre o amido e os componentes do leite e do fundo.

A farinha de araruta e fécula de batata apresentaram o crescimento exponencial entre 4 e 5%, sendo a fécula de batata o espessante que apresentou maior viscosidade, ~50 com 5% de *roux*. As duas farinhas não apresentaram alteração nos atributos sensoriais.

A farinha de arroz foi a que apresentou menor relação entre a viscosidade específica e a concentração do *roux* entre os molhos *velouté* testados, isso é esperado já que todos os outros espessantes, com exceção da farinha de trigo, são constituídos de amidos puros. Também é possível observar o gráfico da farinha de arroz possui dois pontos de crescimento, um entre 4 e 5 % e outro entre 6 e 7 % e embora tenha apresentado o menor crescimento foi o mais semelhante com a farinha de trigo.

O polvilho doce apresentou o crescimento exponencial mais rápido, entre 3 e 4% e como a fécula de batata e a araruta só foi possível medir a viscosidade do molho pelo

método escolhido até a concentração de 5 % de *roux*. Além disso, o polvilho doce não apresentou nenhuma alteração macroscópica ou sensorial.

Dentre os gráficos a farinha de arroz foi o que apresentou menor  $r^2$  (0,81), todas as outras farinhas testadas apresentaram o  $r^2 > 0,95$ , mostrando, assim como no molho bechamel, que o modelo de equação exponencial  $y = a \cdot e^{(b \cdot x)}$  consegue explicar mais de 95 % dos resultados obtidos.

Foi calculado então as porcentagens equivalentes para cada farinha em relação a farinha de trigo. Isso foi feito a partir de equação exponencial obtida para cada curva e os valores de viscosidade específica obtidos na produção do molho *velouté* com farinha de trigo. A **Tabela 2** apresenta os resultados obtidos.

**Tabela 2.** Relação entre % de farinha de trigo e outras farinhas na produção de *roux* para molho *velouté*.

Fonte de amido	Quantidade de <i>roux</i> (%)*									
Farinha de trigo	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
Araruta	1,2	1,8	2,7	3,1	3,2	4,3	4,8	5,6	6,3	7,0
Farinha de arroz	3,2	3,9	4,8	5,1	5,2	6,4	6,8	7,6	8,3	9,0
Fécula de batata	1,5	2,2	3,1	3,4	3,6	4,7	5,1	5,9	6,6	7,3
Polvilho doce	0,0	0,0	0,5	0,7	0,9	2	2,4	3,2	3,9	4,6

\* valor de % de *roux* equivale a 50 % de farinha

Fonte: autoras

Como esperado, a relação mostra que é necessária uma concentração menor de *roux* produzido com araruta, fécula de batata e polvilho doce para se obter a uma viscosidade equivalente ao do *roux* produzido com farinha de trigo e uma concentração maior de *roux* produzido com farinha de arroz para a mesma equivalência.

Visando a comprovação de similaridade com o molho *velouté* clássico, para possíveis substituições em produções gastronômicas, foi realizada uma análise sensorial de aceitabilidade dos molhos produzidos.

## 4.2. Análise sensorial

### 4.2.1. Molho bechamel

Inicialmente foi feito um teste com 35 consumidores não treinados para a validação do método de produção dos molhos para a análise sensorial. Constatou-se que os molhos apresentaram grumos, estavam em temperaturas diferentes e a noz moscada

atribuiu gosto característico. Sendo assim optou-se por excluir a noz moscada do teste, misturar os molhos para retirada dos grumos e separar as amostras em porções menores antes da análise.

Para a análise dos molhos bechamel participaram do teste 39 consumidores não treinados (18 homens e 21 mulheres) com idade entre 18 e 55 anos. Antes da realização do teste, os consumidores foram advertidos sobre as possíveis reações alérgicas devido à ingestão do produto. O teste foi realizado sob condições controladas. Cada provador recebeu aproximadamente 20 mL de cada amostra a temperatura ambiente em copinho descartável codificado com números de três dígitos aleatórios e uma amostra de referência, sendo-lhe solicitado provar o produto e avaliar a amostra de uma forma global utilizando a escala hedônica já citada, a amostra de referência também foi adicionada como uma amostra codificada para a comparação de valores atribuídos.

Os molhos foram preparados utilizando a relação entre as porcentagens de *roux* produzido com farinha de trigo e outras fontes de amido obtidas nos testes de viscosidade específica, a Tabela 3 mostra as porcentagens de *roux* utilizadas na produção dos molhos bechamel e *velouté* para a análise de aceitabilidade.

**Tabela 3.** Proporção de *roux* com diferentes fontes de amido para 1 litro dos molhos bechamel e *velouté*

Fonte de amido	% de <i>roux</i> bechamel	% de <i>roux</i> <i>velouté</i>
Araruta	6,9	7,0
Farinha de arroz	11,2	9,0
Farinha de trigo	10,0	10,0
Fécula de batata	7,0	7,3
Polvilho doce	5,4	4,6

Fonte: Autoras

A análise de variância (ANOVA) mostrou que as médias dos valores obtidos no estudo do molho bechamel produzidos com diferentes farinhas diferiram entre si ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) de significância ( $F$  calculado = 5,89 e  $F$  crítico = 2,42), foi realizado então o teste de Tukey para a constatação da diferença entre cada amostra em relação a referência. Os resultados obtidos estão apresentados na **Tabela 4**.



**Tabela 4.** Valores das médias das avaliações e *p* para diferentes farinhas em relação a farinha de trigo na produção de molho bechamel e *velouté*

<i>Fonte de amido</i>	<b>BECHAMEL</b>		<b>VELOUTÉ</b>	
	<i>Média das avaliações</i>	<i>p</i>	<i>Média das avaliações</i>	<i>p</i>
<b>Araruta</b>	-0,67 *	0,3104	-1,89	2,07x10 <sup>-5</sup>
<b>Farinha de arroz</b>	-1,82	6,899 x10 <sup>-5</sup>	0,41 *	0,37
<b>Farinha de trigo</b>	0,15	-	-0,22	-
<b>Fécula de batata</b>	-0,64 *	0,3428	-1,62	5,67x10 <sup>-4</sup>
<b>Polvilho doce</b>	-1,21	0,0147	-2,70	0

\* amostras que não se diferem ao nível de 5 % de significância da farinha de trigo

Fonte: autoras

O teste de aceitabilidade mostrou que, entre as amostras codificadas, o molho mais aceito foi a própria referência (0,15), mostrando os avaliadores foram capazes de identificar a diferença existente entre as amostras e conferindo um certo grau de qualidade dos julgadores.

Dentre os molhos preparados com diferentes fontes de amido, excluindo a referência, o mais aceito foi aquele produzido com fécula de batata (-0,64), seguido pelo produzido com araruta (-0,67), polvilho doce (-1,21) e farinha de arroz (-1,82). O polvilho doce apresentou textura diferente do padrão e a farinha de arroz textura diferente e gosto residual.

Ao analisar os valores de *p* pode-se observar que os molhos produzidos com fécula de batata e araruta não se diferiram da referência ao nível de 5 % de significância, comprovando que além de mais aceitas essas farinhas também foram as mais parecidas com a referência. Enquanto na farinha de arroz e no polvilho doce foi possível notar diferença em um nível de 5 % de significância.

Indicando um alto grau de possibilidade de substituição da farinha de trigo pela fécula de batata ou araruta na produção de molhos bechamel. Lembrando sempre da necessidade de fazer as adaptações de concentração para a viscosidade desejada.

#### **4.2.2. Molho *velouté***

A análise dos diferentes molhos *velouté* produziu seguiu os mesmos parâmetros que a metodologia desenvolvida para molho bechamel. Participaram do teste 37 consumidores não treinados (19 homens e 18 mulheres) com idade entre 18 e 44 anos. Antes da realização do teste, os consumidores foram advertidos sobre as possíveis reações

alérgicas devido à ingestão do produto. A concentração de cada *roux* produzido para a análise estão apresentadas na **Tabela 3**.

A análise de variância (ANOVA) mostrou que as médias dos valores obtidos nos molhos produzidos pelas diferentes farinhas se diferem entre si ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) de significância ( $F$  calculado = 27,63 e  $F$  crítico = 2,42), foi realizado então o teste de Tukey para a constatação da diferença entre cada amostra em relação a referência. Os resultados obtidos estão apresentados na **Tabela 4**.

O teste de aceitabilidade mostrou que, entre as amostras codificadas, o molho mais aceito quando avaliado em relação a referência foi o produzido com farinha de arroz (0,41), isso mostra a possibilidade de se obter um molho mais agradável que o *velouté* clássico fazendo a substituição de farinha de trigo por farinha de arroz.

O segundo mais aceito foi a referência (-0,22), seguido pelo molho produzido com fécula de batata (-1,62), araruta (-1,89) e polvilho doce (-2,70), sendo que o último apresentou textura diferente do padrão.

Ao analisar os valores de  $p$  pode-se observar que apenas o molho produzido com farinha de arroz não se diferencia da referência ao nível de 5 % de significância, mostrando que além de mais aceita a farinha de arroz se assemelha a farinha de trigo.

Os resultados de análise mostram que a alteração da farinha de trigo nos molhos a base de água, como o *velouté*, apresenta uma maior dificuldade de aceitação pelo público se comparado aos molhos a base de leite, como o bechamel. Porém a farinha de arroz é um substituído que pode ser aplicado com eficiência.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção dos gráficos de viscosidade específica versus concentração de *roux* utilizando diferentes fontes de amido na produção dos molhos bechamel e *velouté* se mostrou eficaz, sendo obtido um  $r^2$  superior a 0,95, para uma equação exponencial  $y = a \cdot e^{(b \cdot x)}$ , em quase todas as amostras.

A equação possibilitou a obtenção de porcentagens e equivalência entre as farinhas e a farinha de trigo para os molhos estudados, indicando que a utilização do conhecimento científico das ciências exatas (química, física e matemática) auxiliam nos processos de produção culinária permitindo uma maior eficiência e eficácia no desenvolvimento de produtos, para atender as atuais demandas da sociedade.

A análise sensorial de aceitabilidade foi realizada com as farinhas de araruta, arroz, fécula de batata e polvilho doce, as quais não apresentaram significativa alteração macroscópica durante a elaboração dos molhos. A análise mostrou que para o molho bechamel os melhores substituintes da farinha de trigo no *roux* foram a fécula de batata e a araruta, tendo aceitabilidade de -0,64 e -0,67, respectivamente. Além disso, as duas amostras não se mostraram diferentes da referência quando aplicado o teste de Tukey.

O teste de aceitabilidade do molho *velouté* mostrou que a farinha de arroz é um ótimo substituinte da farinha de trigo no *roux* possuindo uma aceitabilidade de 0,41, superior a aceitabilidade da referência, e não se diferenciando da mesma, segundo o teste de Tukey.

O estudo mostrou que é possível a obtenção de molhos bases com as mesmas características que os molhos base clássicos substituindo a farinha de trigo por outros espessantes, desde que utilizado um gráfico para obtenção da fórmula que permita o cálculo da concentração de *roux* para a viscosidade desejada. Isso é de grande interesse pois esses molhos podem ser utilizados em preparações que passam a abranger um mercado cada vez mais crescente, o das pessoas com desordens relacionadas ao glúten ou outras restrições à ingestão do trigo.

Como já mencionado alguns espessantes podem modificar a coloração, como a farinha de banana, ou o sabor, como a farinha de grão de bico, entretanto dependendo da preparação gastronômica podem ser aplicadas.

O estudo mostra a importância da interdisciplinaridade da área da gastronomia, bem como demonstra que procedimentos empíricos, podem induzir ao erro em processos culinários. Pois se a substituição das farinhas estudadas fosse realizada com a mesma concentração de *roux* a base de farinha de trigo, certamente seria considerada inadequada ao processo de substituição. Ressaltando que estudos científicos básicos, como o da medida de viscosidade, levam a resultados de grande impacto culinário.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALVAREZ-RAMIREZ, J. et al. Effects of cooking temperature and time on the color, morphology, crystallinity, thermal properties, starch-lipid complexes formation and rheological properties of roux. *LWT*, [s.l.], v. 91, p. 203–212, 2018. ISSN: 00236438, DOI: 10.1016/j.lwt.2018.01.038.
- AMARAL, F. M.; SOUTHGATE, A. Nogueira novaes. Aplicação de hidrocoloides na elaboração de panna cotta. *Arquivos brasileiros de alimentação*, [s.l.], v. 3, n° 1, p. 2–10, 2018.
- ANVISA. Resolução - CNNPA n° 12, de 1978. 1978.
- BERGARA-ALMEIDA, S.; APARECIDA, M.; SILVA, A. . DA. Hedonic scale with reference: performance in obtaining predictive models. *Food Quality and Preference*, [s.l.], v. 13, n° 1, p. 57–64, 2002. ISSN: 09503293, DOI: 10.1016/S0950-3293(01)00057-X.
- BOURNE, M. C. Food texture and viscosity: concept and measurement. New York: Academic Press, 1982. 325 p. ISBN: 978-0-12-119060-6.
- BURKE, R.; THIS, H.; KELLY, A. L. Molecular Gastronomy: An Introduction. *Reference Module in Food Science*. [s.l.]: Elsevier, 2016. ISBN: 978-0-08-100596-5, DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.03384-9.
- BURTON, J. The five french mother sauces: the mother of all resources. *Stelaa culinary*. 2011. Disponível em: <<https://stellaculinary.com/content/five-french-mother-sauces-mother-all-resources>>. Acesso em: 02/set./18.
- CAMPUZANO, A.; ROSELL, C. M.; CORNEJO, F. Physicochemical and nutritional characteristics of banana flour during ripening. *Food Chemistry*, [s.l.], v. 256, p. 11–17, 2018. ISSN: 03088146, DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.02.113.
- DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Da. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. *Ciência Rural*, [s.l.], v. 39, n° 3, p. 945–954, 2009. ISSN: 1678-4596, DOI: 10.1590/S0103-84782009005000003.
- DI CAIRANO, M. et al. Focus on gluten free biscuits: ingredients and issues. *Trends in Food Science & Technology*, [s.l.], 2018. ISSN: 09242244, DOI: 10.1016/j.tifs.2018.09.006.
- DUTCOSKY, S. De. Análise sensorial de alimentos. 4 ed. Curitiba: Champagnat, 2013. 531 p.
- ESCOFFIER, A. Le guide culinaire: aide-mémoire de cuisine pratique. Paris: Flammarion, 2014. ISBN: 978-2-08-122929-7.
- FINNIE, S. Wheat flour. 2nd edition ed. St. Paul, MN: AACC International, 2016. ISBN: 978-1-891127-90-8.
- HALLEY, P. J.; AVÉROUS, L. Starch polymers: from genetic engineering to green applications. First edition ed. Amsterdam ; Boston: Elsevier, 2014. 461 p. ISBN: 978-0-444-53730-0.
- HENRÍQUEZ, C. et al. Characterization of piñon seed (*Araucaria araucana* (Mol) K. Koch) and the isolated starch from the seed. *Food Chemistry*, [s.l.], v. 107, n° 2, p. 592–601, 2008. ISSN: 03088146, DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.08.040.

HERA, E. De la; MARTINEZ, M.; GÓMEZ, M. Influence of flour particle size on quality of gluten-free rice bread. *LWT - Food Science and Technology*, [s.l.], v. 54, n° 1, p. 199–206, 2013. ISSN: 00236438, DOI: 10.1016/j.lwt.2013.04.019.

INSTITUTO AMERICANO DE CULINÁRIA. Chef profissional. 4 ed. São Paulo (SP): Senac, 2011.

KATO, Y. Chemical and Sensory Changes in Flavor of Roux Prepared from Wheat Flour and Butter by Heating to Various Temperatures. *Food Science and Technology Research*, [s.l.], v. 9, n° 3, p. 264–270, 2003. ISSN: 1344-6606, 1881-3984, DOI: 10.3136/fstr.9.264.

KAUR, M.; SINGH, N. Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Food Chemistry*, [s.l.], v. 91, n° 3, p. 403–411, 2005. ISSN: 03088146, DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.06.015.

KLAOCHANPONG, N. et al. Physicochemical and structural properties of debranched waxy rice, waxy corn and waxy potato starches. *Food Hydrocolloids*, [s.l.], v. 45, p. 218–226, 2015. ISSN: 0268005X, DOI: 10.1016/j.foodhyd.2014.11.010.

LUCHESE, C. L.; SPADA, J. C.; TESSARO, I. C. Starch content affects physicochemical properties of corn and cassava starch-based films. *Industrial Crops and Products*, [s.l.], v. 109, p. 619–626, 2017. ISSN: 09266690, DOI: 10.1016/j.indcrop.2017.09.020.

MCKENNA, B. M.; LYNNG, J. G. Principles of food viscosity analysis. *Instrumental Assessment of Food Sensory Quality*. [s.l.]: Elsevier, 2013. p. 129–162. ISBN: 978-0-85709-439-1, DOI: 10.1533/9780857098856.1.129.

NOGUEIRA, G. F.; FAKHOURI, F. M.; OLIVEIRA, R. A. DE. Extraction and characterization of arrowroot (*Maranta arundinaceae* L.) starch and its application in edible films. *Carbohydrate Polymers*, [s.l.], v. 186, p. 64–72, 2018. ISSN: 01448617, DOI: 10.1016/j.carbpol.2018.01.024.

PUNCHA-ARNON, S.; UTTAPAP, D. Rice starch vs. rice flour: Differences in their properties when modified by heat–moisture treatment. *Carbohydrate Polymers*, [s.l.], v. 91, n° 1, p. 85–91, 2013. ISSN: 01448617, DOI: 10.1016/j.carbpol.2012.08.006.

REOLON, T. N. Determinação da viscosidade do biopolímero produzido pelo fungo nativo *Botryosphaeria rhodina* MMPI. 33 p. Trabalho de conclusão de curso - Universidade tecnológica do Paraná, 2011.

ROCHA, T. S.; DEMIATE, I. M.; FRANCO, célia M. Landi. Características estruturais e físico-químicas de amidos de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). *Ciência e Tecnologia de alimentos*, [s.l.], v. 3, n° 28, p. 620–628, 2008. ISSN: 0101-2061.

SARIOĞLAN, M. New Orientations in Gastronomy Education: Molecular Gastronomy. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, [s.l.], v. 143, p. 320–324, 2014. ISSN: 18770428, DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.07.412.

SIDDIQ, M. et al. Physical and functional characteristics of selected dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. *LWT - Food Science and Technology*, [s.l.], v. 43, n° 2, p. 232–237, 2010. ISSN: 00236438, DOI: 10.1016/j.lwt.2009.07.009.