

# OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE MOSTURAÇÃO UTILIZANDO FEIJÃO PRETO (*Phaseolus Vulgaris Black Turtle*) COMO ADJUNTO PARA PRODUÇÃO DE CERVEJA

BRANDÃO, Eduardo Haberbeck<sup>1</sup>

SANTOS, Gustavo Rodrigues dos<sup>2</sup>

ELIAS, Amanda Monteiro<sup>3</sup>

ALMEIDA e SILVA, João Batista de<sup>4</sup>

Nas últimas décadas, houve um aumento notável no universo cervejeiro e, junto com isso, o crescimento do mercado de cervejas especiais que utilizam diferentes adjuntos cervejeiros convencionais e não convencionais (como trigo, arroz, banana, canela ou arroz preto), visando a obtenção de características sensoriais diferentes, aliado à redução de custos pela diminuição do uso de malte de cevada. Nesse cenário, o feijão surge como alternativa de adjunto para a produção de cerveja. O mesmo possui aproximadamente 30% de amido, não possui glúten, possui baixo teor de gorduras e possui cascas com compostos que podem conferir coloração e aromas diferenciados ao produto. O principal objetivo deste trabalho foi desenvolver e otimizar um processo de mostura (também chamado de sacarificação) (também conhecido como mosturação) utilizando feijão preto (*Phaseolus Vulgaris Black Turtle*) como adjunto na produção de cerveja.

Foram realizados 10 testes de mosturação para volume final de 250 mL de mosto, todos com a proporção feijão e malte de cevada de  $\frac{1}{3}$  e  $\frac{2}{3}$  respectivamente, variando-se os pré-tratamentos do feijão e as rampas de mosturação. A secagem, a maceração e a remoção de cascas se mostraram ineficientes na inativação de inibidores enzimáticos. Em contrapartida o pré-cozimento do feijão se mostrou de suma importância para viabilizar a sacarificação. Das rampas de mosturação testadas a mais eficiente foi: 52°C por 20 min, 62°C por 30 min, 70°C por 30 min e 80°C por 15 min. Foi possível extrair aproximadamente 30% de sólidos solúveis do feijão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cerveja, mosturação, feijão preto, adjunto, *Phaseolus vulgaris*.

<sup>1</sup>Eduardo Haberbeck Brandão: Técnico em Química pela ECOMPO – Engenheiro de Alimentos pela UEPG – Especialista em Gestão da Qualidade e Segurança dos Alimentos pela UNICAMP – Mestre em Processamento de Materiais e Catálise pela UNIVAP – Engenheiro de Segurança do Trabalho pela UNIP - Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Industrial da Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo (EEL – USP), Campus Lorena/SP - Brasil.  
Endereço postal: Rua Trajano Vieira de Macedo, 132 - CEP:12240-090 – Jd. das Industrias – São José dos Campos/SP - Brasil – Tel: (12) 982386972 - eduardohbrandao@usp.br

<sup>2</sup>Gustavo Rodrigues dos Santos - Cervejeiro Artesanal pelo INEAD - Graduando em Engenharia Bioquímica da Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo (EEL – USP), Campus Lorena/SP - Brasil. gustavo.rs-contato@live.com

<sup>3</sup>Amanda Monteiro Elias – Graduada em Engenharia Química pela FAENQUIL, Engenheira de Segurança pelo PECE/PROMINP/POLI – USP, Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Industrial da Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo (EEL – USP), Campus Lorena/SP - Brasil. amandinhamm@yahoo.com.br

<sup>4</sup>João Batista de Almeida e Silva – Engenheiro Químico pela FAENQUIL – Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela UFV – Doutor em Tecnologia Bioquímica Farmacêutica pela USP – Livre-Docente pela Esalq – USP – Prof. Dr. da Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo (EEL – USP), Campus Lorena/SP - Brasil. joabatista@debiq.eel.usp.br

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. CERVEJA**

De acordo com o decreto Nº 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a lei nº 8.918, de 14/07/1994 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a cerveja é definida como “a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro, oriundo do malte de cevada e água potável, por ação de levedura, com adição de lúpulo”.

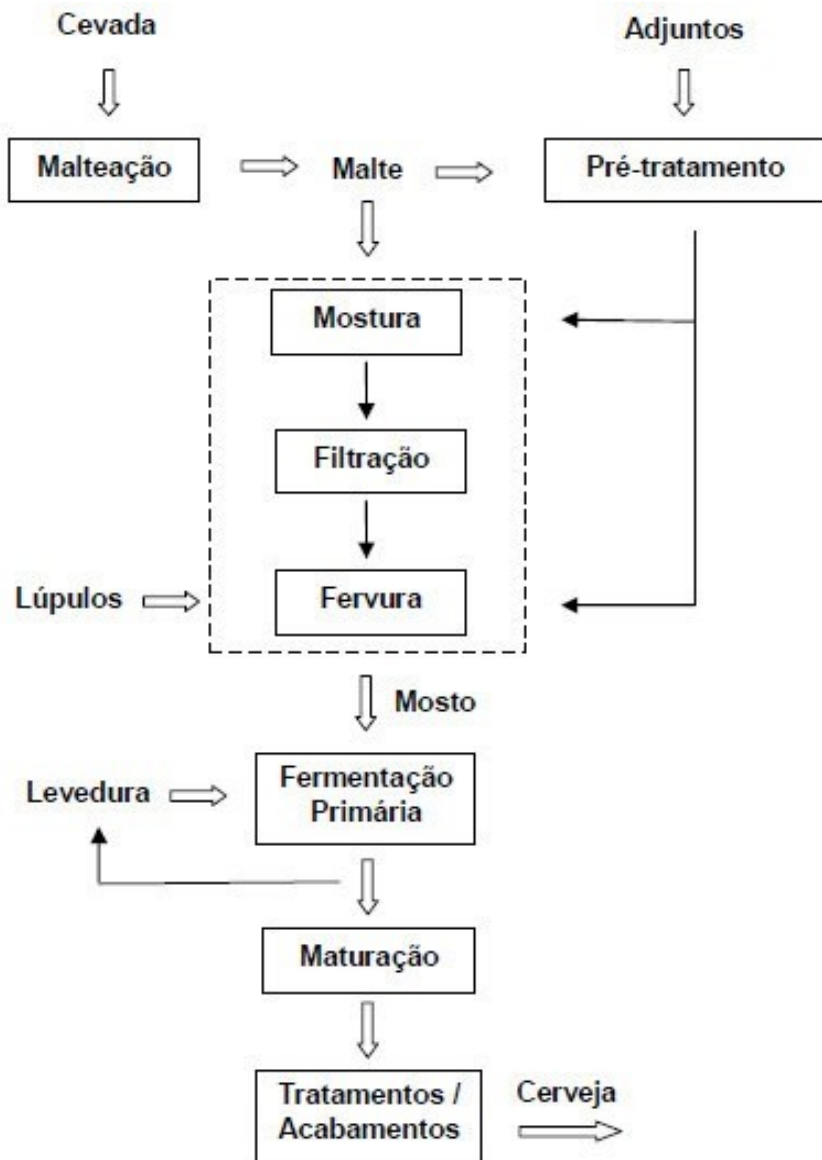
Na elaboração de cerveja, o malte de cevada e o lúpulo poderão ser substituídos por seus respectivos extratos. Parte do malte de cevada pode ser substituído por adjuntos cervejeiros, cujo emprego não pode ser superior a 45% em relação ao extrato primitivo, pois nesse caso a bebida não pode mais ser chamada de cerveja.

Consideram-se adjuntos cervejeiros a cevada cervejeira e os demais cereais aptos para o consumo humano, maltados ou não-maltados, bem como os amidos e açúcares de origem vegetal (D’AVILA et al, 2012).

A utilização de adjuntos na composição da cerveja possui o intuito de modificar suas características sensoriais além de poder contribuir para diminuição do preço da bebida, uma vez que os maltes utilizados em grandes cervejarias são importados de outros países.

### **1.2. PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE CERVEJAS**

O processo de produção de cerveja é composto pelas seguintes etapas: moagem, mosturação, filtração ou clarificação do mosto, fervura, resfriamento do mosto, fermentação, maturação, filtração e envase, que serão abordadas com mais detalhes a seguir (Figura 1).



**Figura 1:** Esquema simplificado do processo cervejeiro convencional  
**Fonte:** Modificado (LINKO et al., 1998).

A primeira etapa consiste em quebrar os grãos de malte e de outros cereais com a finalidade de expor e triturar o endosperma amiláceo, e assim facilitar a ação das enzimas na etapa seguinte (TSCHOPE, 2001; MORADO, 2009).

Na mosturação, a água primária é adicionada ao malte moído e esta mistura é submetida a temperaturas controladas para ação das diferentes enzimas do malte (Tabela 1) (TSCHOPE, 2001; MORADO, 2009). Segundo Brandam et al. (2003), as principais reações enzimáticas que ocorrem durante a mosturação são a hidrólise do amido em carboidratos fermentáveis, a hidrólise de proteínas em aminoácidos livres e a degradação das cadeias de  $\beta$ -glucano.

**Tabela 1:** Temperaturas de ativação das enzimas presentes no malte de cevada.

Enzima	Temperatura Ótima na Mosturação (°C)	pH Ótimo na Mosturação	Substrato	Produto
Hemicelulase	40 - 45	4,5 - 4,7	Hemicelulose	Glucanos
Endopeptidases	45 - 50	3,9 - 5,5	Proteínas	Peptídeos e Aminoácidos Livres
Exopeptidases	40 - 50	5,2 - 8,2	Proteínas	Aminoácidos Livres
$\alpha$ -amilases	65 - 75	5,6 - 5,8	$\alpha$ -Glucanos de Baixo Peso Molecular	Dextrinas
$\beta$ -amilase	60 - 65	5,4 - 5,6	$\alpha$ -Glucanos	Maltose
Dextrinase Limite	55 - 65	5,1	Dextrina Limite	Dextrina

**Fonte:** Adaptado (TSCHOPE, 2001)

Para abranger o perfil de temperatura ótima de cada enzima, a mosturação é geralmente operada com sucessivos descansos entre os aumentos de temperatura: primeiro descanso a 50°C para a hidrólise de proteínas e de  $\beta$ - glucanos, segundo descanso a 65°C para a sacarificação, e aumento final da temperatura a 76°C com o objetivo de assegurar a dissolução final de pequenos grãos de amido (BRANDAM et al., 2003). No entanto, o perfil da mosturação varia de acordo com o estilo de cerveja a ser produzido (TSCHOPE, 2001; MORADO, 2009).

Após a mosturação, o mosto primário é separado da fração insolúvel do malte (bagaço de malte) através da filtração. O principal objetivo da filtração é obter um mosto clarificado e extrair açúcares fermentescíveis dos materiais sólidos residuais através da

lavagem do bagaço com a água secundária (DRAGONE; ALMEIDA e SILVA, 2010). Nessa etapa, a temperatura da água não deve exceder 80°C para não extrair polifenóis em excesso, o que prejudica o sabor da cerveja (MORADO, 2009).

Notamos, portanto, que a ação das enzimas é a “alma” do processo de mostura. Caso haja qualquer inibidor enzimático nas matérias primas utilizadas, o processo todo será comprometido.

### 1.3. FEIJÃO

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de feijão com uma produção 2017/2018 estimada em 3,12 milhões de toneladas (CONAB, 2018) e em cerca de 3,4 milhões de toneladas em 2015 (CONAB, 2016). O feijão é cultivado em sistemas diversificados por pequenos e grandes produtores, em todas as regiões brasileiras, devido à sua facilidade de adaptação. O cultivo ocorre em três ciclos de semeadura-colheita, o que torna o Brasil um dos maiores produtores mundiais (AIDAR, 2003).

Como o feijão é produzido em três safras ao longo do ano, sempre ocorrem perdas durante a colheita, secagem, armazenamento e também algumas alterações em sua qualidade. Por isso, é crescente o interesse em pesquisas sobre novas aplicações tecnológicas para minimizar as perdas destes grãos e também sobre propriedades nutricionais. RIOS et al. (2003) avaliaram o efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão. PROLIA et al. (2010) avaliaram se a qualidade nutricional do feijão é influenciada pelas condições de armazenamento entre outros aspectos. Outros autores tentando aproveitar o feijão reportam a produção de isolados proteicos, processos de descascamento e maceração de grãos, extração de amido e outras tecnologias (BOYE et al. 2010; BRIGIDE; CANNIATTI-BRAZACA, 2011; RUIZ-RUIZ et al. 2012; BEDIN, 2014).

Intentando diminuir o custo na produção de cervejas, a indústria cervejeira habitualmente utiliza como fonte de carboidratos adjuntos como o arroz, trigo, milho, sorgo, e também os adjuntos designados como não convencionais como a banana, o arroz preto e a pupunha. Os adjuntos geralmente são escolhidos pela disponibilidade regional, o que contribui ainda mais na redução de custos e confere características regionais ao produto.

No caso do feijão, o mesmo possui composição centesimal variável, dependendo de vários fatores como condições de plantio, armazenamento, variedade genética e

espécie e outros fatores. De um modo geral, o feijão apresenta cerca de 20% de proteína, sendo rico em aminoácidos essenciais como a lisina. Os carboidratos ficam em torno de 60%, sendo o amido seu principal constituinte, e a parte fibrosa corresponde a cerca de 25% (FIGUEROA, 2016). O feijão ainda apresenta baixo teor lipídico e é uma excelente fonte de minerais como ferro, cálcio, zinco, fósforo, potássio e magnésio (BONETT et al., 2007; SILVA, ROCHA, CANNIATTI-BRAZACA, 2009; PROLLA et al., 2010; BOYE et al., 2010). Mais pesquisas investigando suas influências nas cervejas são necessárias.

### **1.3.1. Fatores Antinutricionais**

O feijão também apresenta alguns fatores antinutricionais, como fitatos, inibidores de proteases, compostos fenólicos, fibras e amidos resistentes, que podem ser modificados após o processo de maceração e cozimento dos grãos (MECHI, CANNIATTI-BRAZACA, ARTHUR, 2005; BONETT et al., 2007; PROLLA et al., 2010).

#### **ÁCIDO FÍTICO**

Além de representar a principal forma de armazenamento de fósforo em sementes de cereais e leguminosas, juntamente com seus sais, o ácido fítico possui fator antinutricional baseado na capacidade de formar complexos insolúveis com minerais e proteínas, diminuindo a biodisponibilidade destes, além de inibir enzimas proteolíticas e amilolíticas (SILVA; SILVA, 1999; DOMÍNGUEZ; GÓMEZ; LÉON, 2002).

O efeito da cocção do feijão como forma de processamento doméstico, causa redução no teor de fitatos principalmente quando cozido sem a água de maceração. A maceração dos grãos contribui para a redução no conteúdo de fitatos, podendo ser explicada pela lixiviação dos íons fitatos na água sob a influência de um gradiente de concentração (RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008).

#### **INIBIDORES DE PROTEASES**

Um dos fatores envolvidos na baixa biodisponibilidade de proteínas do feijão é a presença de inibidores de proteases digestivas humanas, tripsina e quimotripsina (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996). Existem dois tipos de inibidores de proteases: o tipo Kunitz e o tipo Bowman-Birk. Os Kunitz são termoestáveis, enquanto os Bowman-Birk são estáveis sob condições de processamento normal. Assim, em geral, as proteínas

dos grãos de feijão tratadas pelo calor são mais digeríveis do que os isolados proteicos naturais (DAMODARAN, 2010).

Após cocção em água a 90°C por 15 minutos, a atividade do inibidor de tripsina reduziu drasticamente entre 5 a 20%. A inativação dos inibidores de tripsina ocorre nos primeiros minutos do tratamento térmico (JOURDAN; NOREÑA; BRANDELLI, 2007).

## INIBIDORES DA ALFA-AMILASE

As  $\alpha$ -amilases são enzimas largamente distribuídas na natureza, produzidas por animais, vegetais (principalmente em sementes amiláceas, especialmente durante a germinação) e microrganismos. São endocarboidrases que hidrolisam ligações  $\alpha$ -1,4, existentes na amilase e na amilopectina de forma aleatória, na porção central das moléculas (KOBBLITZ, 2013).

Os inibidores da  $\alpha$ -amilase são glicoproteínas que inibem a ação catalítica dessas enzimas, sendo capazes de retardar a ação das amilases de insetos e mamíferos (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996).

A extrusão em farinhas de feijão sobre o teor de antinutricionais, causa uma redução significativa nos teores de inibidores de  $\alpha$ -amilase (BATISTA; PRUDÊNCIO; FERNANDES, 2011).

## COMPOSTOS FENÓLICOS - TANINOS

Compondo uma pequena parte de um amplo grupo de compostos fenólicos produzidos como metabólitos secundários por plantas, os taninos são flavonóides poliméricos. Nos feijões, encontram-se principalmente no tegumento e, juntamente com as antocianinas, determinam a tonalidade e intensidade da cor das sementes (DÍAZ; CALDAS; BLAIR, 2010).

O feijão quando macerado, cozido em outra água, apresenta teores de taninos menores do que os do feijão cozido na mesma água de maceração. Porém, o cozimento sem maceração prévia é mais efetivo para redução do conteúdo de taninos, devido ao fato de ser maior o tempo de exposição das amostras ao calor para cocção (TOLEDO, T. C. F.; CANNIATTI-BRAZACA, 2008).

## 2. OBJETIVO

Desenvolver um processo de mosturação (sacarificação) de feijão (*Phaseolus Vulgaris Black Turtle*) como adjunto para produção de cerveja.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi desenvolvido nas instalações da Planta Piloto de Bebidas do Departamento de Biotecnologia da Escola de Engenharia de Lorena-USP.

#### **3.1. MATERIAL**

##### **3.1.1. Água**

A água empregada no processo de produção do mosto cervejeiro foi obtida do poço artesiano localizado no Campus I da Escola de Engenharia de Lorena.

##### **3.1.2. Malte de Cevada**

O malte utilizado foi o malte claro tipo Pilsen, gentilmente doado pela Soufflet do Brasil S/A, situada em Taubaté – SP, em sacos de 50 Kg.

##### **3.1.3. Feijão**

O feijão da variedade preto da marca "Fantástico" foi adquirido em um supermercado da região.

#### **3.2. MÉTODOS**

##### **3.2.1. Preparo das Matérias Primas**

Para os testes o feijão foi submetido a 4 tratamentos:

1. Hidratado por 15 horas, trocando-se a água de 3 em 3 horas, visando retirar as anti enzimas do mesmo e triturado junto com a água de mosturação utilizando um Hand Mixer da marca Mondial (modelo: Versatile NM03 200W).



2. Hidratado por 15 horas, trocando-se a água de 3 em 3 horas, descascado manualmente visando retirar as anti enzimas do mesmo, triturado junto com a água de mosturação utilizando um Hand Mixer da marca Mondial (modelo: Versatile NM03 200W).
3. Seco em estufa a 70°C por 24 horas para facilitar a moagem do mesmo (testes preliminares mostraram que o feijão é difícil de ser moído com sua umidade natural) e moído em um moedor de grãos manual de bancada.
4. Seco em estufa a 70°C por 24 horas para facilitar a moagem do mesmo (testes preliminares mostraram que o feijão é difícil de ser moído com sua umidade natural), moído em um moedor de grãos manual de bancada e cozido em banho maria a 90°C por 15min visando inativar os inibidores enzimáticos.

### 3.2.2. Mostura e Centrifugação

Visando abranger da melhor forma possível o pH ótimo e o perfil de temperatura ótima das enzimas presentes no malte, o pH foi ajustado para 5,0 - 5,2 utilizando ácido sulfúrico 25%. A aferição dos valores de pH e da temperatura foram realizadas com um pHmetro da marca MARCONI, modelo MA522.

A mosturação foi operada com os seguintes descansos entre os aumentos de temperatura: primeiro descanso a 52°C (ação das Hemicelulases, Endopeptidases e Exopeptidases), segundo descanso a 62°C (ação das  $\beta$ -amilases e Dextrinases limite) para a primeira fase da sacarificação, terceiro descanso a 70°C (ação das  $\alpha$ -amilases) para a segunda fase da sacarificação e aumento final da temperatura a 80°C com o objetivo de inativar as enzimas.

Foram realizados 10 testes de mosturação para volume final de 250ml de mosto em um banho de brassagem (Lochner Labor Technik), todos com a proporção feijão e malte de cevada de  $\frac{1}{3}$  e  $\frac{2}{3}$  respectivamente.

Em todos os testes haviam 4 copos de mosturação, 1 contendo apenas malte moído e água (branco) e 3 contendo a mistura de malte de feijão.

As quantidades de malte utilizadas foram calculadas para um mosto com concentração de 8°P ( $\frac{2}{3}$  do extrato) considerando o rendimento do malte como 76% e do processo como 90%. As quantidades de feijão utilizadas foram calculadas para um mosto com concentração de 4°P ( $\frac{1}{3}$  do extrato) considerando o rendimento do feijão como 30% e do processo como 90%,

As rampas de mosturação e os pré-tratamentos das amostras estão descritos na tabela a seguir.

**Tabela 2:** Pré-Tratamento das amostras de feijão e Rampas de Brassagem dos testes

Teste	Pré tratamento submetido	Rampas de Brassagem			
		52 °C	62 °C	70 °C	80 °C
01	hidratado por 15 horas (água trocada de 3 em 3 horas) triturado com mixer	20 min	30 min	30 min	15 min
02	hidratado por 15 horas (água trocada de 3 em 3 horas) cascas removidas manualmente e triturado com mixer	20 min	30 min	30 min	15 min
03	seco a 70°C por 24 horas e moído	20 min	30 min	30 min	15 min
04	seco a 70°C por 24 horas e moído	20 min	30 min	60 min	15 min
05	seco a 70°C por 24 horas e moído	20 min	30 min	90 min	15 min
06	seco a 70°C por 24 horas, moído e cozido a 90°C por 15min	20 min	30 min	30 min	15 min
07	seco a 70°C por 24 horas, moído e cozido a 90°C por 15min	20 min	30 min	60 min	15 min
08	seco a 70°C por 24 horas, moído e cozido a 90°C por 15min	20 min	30 min	90 min	15 min
09	seco a 70°C por 24 horas, moído e cozido a 90°C por 15min	20 min	60 min	30 min	15 min
10	seco a 70°C por 24 horas, moído e cozido a 90°C por 15min	20 min	60 min	60 min	15 min

**Fonte:** Os Autores

Testes preliminares mostraram que não é possível filtrar o mosto de feijão + malte por meio de filtração a vácuo ou por recirculação, portanto, volumes de 250ml e 300ml dos mostos produzidos foram centrifugadas em tubos falcon a 5.000rpm por 6min em centrífuga CIENTEC, modelo CT 5000d.

Os volumes e as massas dos sobrenadantes foram medidos para calcular a % de precipitado formado e foram avolumados para 250 mL.

Os sólidos solúveis do mosto foram quantificados com auxílio de um refratômetro portátil e os resultados foram expressos em graus Brix.

A determinação do teor de umidade foi realizado colocando-se aproximadamente 1,5g de amostra (matéria prima ou mosto) em uma balança de umidade da marca Denver Instruments IR-30 a 105°C até massa constante.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As tabelas a seguir mostram os resultados obtidos nos testes de mosturação:

**Tabela 3:** Testes de Mostura 1 e 2

	TESTE 01				TESTE 02				
	Copos de Mosturação				Copos de Mosturação				
	A	B	C	D	A	B	C	D	
Malte	Massa Total (g)	32,77	33,61	34,01	33,60	33,10	33,26	33,52	33,77
	Umidade (%)	8,70				8,70			
	Massa Seca (g)	29,92	30,69	31,05	30,68	30,22	30,37	30,6	30,83
Feijão	Massa Total (g)	0,00	78,20	78,03	78,75	0,00	78,15	78,48	75,60
	Umidade (%)	52,00				46,42			
	Massa Seca (g)	0,00	37,50	37,50	37,80	0,00	41,90	42,00	40,50
Água (g)	100,23	189,00	188,11	188,24	99,81	169,86	170,98	171,72	
pH Inicial	5,0	5,0	5,0	5,1	5,0	5,1	5,1	5,1	
Temperatura Inicial (°C)	22,3	23,0	23,0	23,0	25,0	25,1	25,3	25,7	
pH Final	5,7	5,5	5,3	5,4	5,7	5,5	5,6	5,5	
Temperatura Final (°C)	21,0	21,0	21,0	21,0	23,0	22,6	22,3	22,4	
Volume Final (mL)	250,63	252,10	251,15	251,76	251,24	250,12	252,1	251,44	
°Brix Final	8,5	8,5	8,5	8,5	9,0	9,0	8,5	8,5	
Umidade (%)	91,13	91,00	91,10	91,24	91,53	90,44	90,22	90,67	
Sólidos Solúveis	Totais (%)	8,87	9,00	8,90	8,76	8,47	9,56	9,78	9,33
	% Malte	8,87		8,87		8,47		8,47	
	em Massa de Malte (g)	22,23	22,36	22,28	22,33	21,28	21,19	21,35	21,30
	% Feijão	0,00	0,13	0,03	-0,11	0,00	1,09	1,31	0,86
	em Massa de Feijão (g)	0,00	0,33	0,08	-0,28	0,00	2,73	3,30	2,16
Rendimento	Malte (%)	74,30	72,87	71,74	72,79	70,42	69,77	69,77	69,07
	Feijão (%)	0,00	0,87	0,20	-0,73	0,00	6,51	7,85	5,34

**Fonte:** Os Autores

**Tabela 4:** Testes de Mostura 3 e 4

	TESTE 03				TESTE 04				
	Copos de Mosturação				Copos de Mosturação				
	A	B	C	D	A	B	C	D	
Malte	Massa Total (g)	33,35	33,38	33,46	33,29	33,06	33,12	33,53	33,55
	Umidade (%)	8,90				6,59			
	Massa Seca (g)	30,38	30,41	30,48	30,33	30,88	30,94	31,32	31,34
Feijão	Massa Total (g)	0,00	40,80	40,76	40,72	0,00	40,80	41,01	41,11
	Umidade (%)	4,47				4,81			
	Massa Seca (g)	0,00	39,00	38,90	38,90	0,00	38,80	39,00	39,10
Água (g)	105,30	224,70	223,04	222,46	201,62	190,27	191,40	190,00	
pH Inicial	5,1	5,1	5,1	5,1	5,0	5,1	4,9	5,0	

Temperatura Inicial (°C)	20,1	20,8	20,9	20,9	24,5	24,5	25,8	26,0	
pH Final	5,8	5,4	5,4	5,4	5,8	5,4	5,2	5,4	
Temperatura Final (°C)	22,0	21,3	21,5	21,1	25,2	25,4	26,0	26,5	
Volume Final (mL)	250,54	250,33	250,16	251,45	251,50	250,80	250,95	251,15	
°Brix Final	9,0	8,0	8,2	8,4	8,5	10,2	9,8	11,0	
Umidade (%)	90,50	89,45	89,74	89,16	91,00	89,00	89,00	88,00	
Sólidos Solúveis	Totais (%)	9,50	10,55	10,26	10,84	9,00	11,00	11,00	12,00
	% Malte	9,50		9,50		9,00		9,00	
	em Massa de Malte (g)	23,80	23,78	23,77	23,89	22,64	22,57	22,59	22,60
	% Feijão	0,00	1,05	0,76	1,34	0,00	2,00	2,00	3,00
	em Massa de Feijão (g)	0,00	2,63	1,90	3,37	0,00	5,02	5,02	7,53
Rendimento	Malte (%)	78,34	78,20	77,96	78,77	73,30	72,96	72,11	72,13
	Feijão (%)	0,00	6,74	4,88	8,66	0,00	12,92	12,86	19,25

**Fonte:** Os Autores

**Tabela 5:** Testes de Mostura 5 e 6

		TESTE 05				TESTE 06			
		Copos de Mosturação				Copos de Mosturação			
		A	B	C	D	A	B	C	D
Malte	Massa Total (g)	32,31	32,33	32,41	32,31	32,80	32,59	32,68	32,66
	Umidade (%)	5,79				6,70			
	Massa Seca (g)	30,44	30,46	30,53	30,44	30,60	30,41	30,49	30,47
Feijão	Massa Total (g)	0,00	40,91	40,41	42,38	0,00	40,84	40,82	40,73
	Umidade (%)	3,20				4,37			
	Massa Seca (g)	0,00	39,60	39,10	41,00	0,00	39,06	39,04	38,95
Água (g)		101,41	175,91	176,50	177,11	100,15	196,08	196,68	198,16
pH Inicial		5,0	5,1	5,1	5,1	5,0	5,0	5,0	5,0
Temperatura Inicial (°C)		23,7	25,0	24,3	25,4	25,3	35,4	36,0	36,4
pH Final		6,0	5,4	5,5	5,4	5,9	5,3	5,4	5,4
Temperatura Final (°C)		23,7	23,9	23,8	23,8	23,3	24,4	24,7	26,8
Volume Final (mL)		253,12	251,12	250,16	250,94	251,03	253,38	250,19	250,03
°Brix Final		8,4	9,4	10,0	9,2	7,4	11,4	11,4	11,2
Umidade (%)		91,72	89,82	89,66	89,50	91,25	86,64	86,48	86,54
Sólidos Solúveis	Totais (%)	8,28	10,18	10,34	10,50	8,75	13,36	13,52	13,46
	% Malte	8,28		8,28		8,75		8,75	
	em Massa de Malte (g)	20,96	20,79	20,71	20,78	21,97	22,17	21,89	21,88
	% Feijão	0,00	1,90	2,06	2,22	0,00	4,61	4,77	4,71
	em Massa de Feijão (g)	0,00	4,77	5,15	5,57	0,00	11,68	11,93	11,78
Rendimento	Malte (%)	68,85	68,27	67,84	68,26	71,78	72,91	71,80	71,80
	Feijão (%)	0,00	12,05	13,17	13,58	0,00	29,91	30,57	30,23

**Fonte:** Os Autores

**Tabela 6:** Testes de Mostura 7 e 8

		TESTE 07				TESTE 08			
		Copos de Mosturação				Copos de Mosturação			
		A	B	C	D	A	B	C	D
Malte	Massa Total (g)	33,10	32,54	32,74	33,08	30,67	30,77	31,01	31,02
	Umidade (%)	6,39				7,10			
	Massa Seca (g)	30,98	30,46	30,65	30,97	28,49	28,59	28,81	28,82
Feijão	Massa Total (g)	0,00	41,38	41,13	41,35	0,00	41,20	40,71	40,71
	Umidade (%)	5,26				4,45			
	Massa Seca (g)	0,00	39,20	38,97	39,17	0,00	39,37	38,90	38,90
Água (g)		101,07	220,47	199,73	197,72	96,61	191,45	191,68	190,71
pH Inicial		5,1	5,1	5,1	5,1	5,0	5,1	5,1	5,1
Temperatura Inicial (°C)		23,2	44,2	43,3	46,5	24,2	38,3	40,2	39,1
pH Final		5,9	5,7	5,7	5,6	6,0	5,6	5,6	5,5
Temperatura Final (°C)		23,0	23,1	23,2	24,4	25,2	27,0	28,0	29,0
Volume Final (mL)		250,59	250,23	250,22	250,44	250,66	250,03	251,72	255,74
°Brix Final		8,8	11,8	11,2	12,0	8,4	12,4	13,0	13,2
Umidade (%)		91,50	86,72	86,75	86,66	91,24	87,15	87,57	87,36
Sólidos Solúveis	Totais (%)	8,50	13,28	13,25	13,34	8,76	12,85	12,43	12,64
	% Malte	8,50	8,50			8,76	8,76		
	em Massa de Malte (g)	21,30	21,27	21,27	21,29	21,96	21,90	22,05	22,40
	% Feijão	0,00	4,78	4,75	4,84	0,00	4,09	3,67	3,88
	em Massa de Feijão (g)	0,00	11,96	11,89	12,12	0,00	10,23	9,24	9,92
Rendimento	Malte (%)	68,74	69,83	69,40	68,74	77,07	76,62	76,54	77,74
	Feijão (%)	0,00	30,51	30,50	30,94	0,00	25,98	23,75	25,51

**Fonte:** Os Autores**Tabela 7:** Testes de Mostura 9 e 10

		TESTE 09				TESTE 10			
		Copos de Mosturação				Copos de Mosturação			
		A	B	C	D	A	B	C	D
Malte	Massa Total (g)	30,66	31,00	30,74	30,72	31,05	30,86	30,76	30,88
	Umidade (%)	7,11				7,20			
	Massa Seca (g)	28,48	28,80	28,55	28,54	28,81	28,64	28,55	28,66
Feijão	Massa Total (g)	0,00	40,62	40,55	40,67	0,00	40,62	40,55	40,67
	Umidade (%)	4,07				4,20			
	Massa Seca (g)	0,00	38,97	38,90	39,01	0,00	39,01	39,20	38,40
Água (g)		96,62	203,14	200,23	200,18	96,62	203,14	200,23	200,18
pH Inicial		5,1	5,1	5,1	5,0	5,1	5,1	5,1	5,0
Temperatura Inicial (°C)		24,3	44,3	44,4	44,7	24,3	44,3	44,4	44,7
pH Final		6,0	5,5	5,7	5,5	6,0	5,5	5,7	5,5
Temperatura Final (°C)		25,3	27,0	27,1	27,4	25,3	27,0	27,1	27,4
Volume Final (mL)		250,30	251,02	250,43	250,34	250,30	251,20	250,60	251,25
°Brix Final		8,00	11,20	11,00	11,00	8,00	11,10	11,00	11,00

Umidade (%)		91,27	86,34	86,33	86,42	91,54	86,90	86,70	86,86
Sólidos Solúveis	Totais (%)	8,73	13,66	13,67	13,58	8,46	13,10	13,30	13,14
	% Malte	8,73		8,73		8,46		8,46	
	em Massa de Malte (g)	21,85	21,91	21,86	21,85	21,18	21,25	21,20	21,26
	% Feijão	0,00	4,93	4,94	4,85	0,00	4,64	4,84	4,68
	em Massa de Feijão (g)	0,00	12,38	12,37	12,14	0,00	11,66	12,13	11,76
Rendimento	Malte (%)	76,72	76,10	76,56	76,59	73,49	74,21	74,27	74,17
	Feijão (%)	0,00	31,76	31,80	31,12	0,00	29,88	30,94	30,62

**Fonte:** Os Autores

Os procedimentos de secagem, hidratação e remoção de cascas se mostraram ineficientes na inativação dos inibidores enzimáticos uma vez que a concentração de sólidos solúveis foi menor que a apresentada nos testes com pré cozimento do feijão.

Fica comprovado, também, que rampas de mosturação com descansos acima de 30 min a 62°C ou 70°C são ineficazes e/ou desnecessários no processo de sacarificação em questão.

Notamos, inclusive, uma redução de sólidos solúveis extraídos em testes com descanso acima de 60 min a 62°C ou 70°C.

Essa redução de extrato pode ser imputada a reações de formação de compostos orgânicos de alto peso molecular (ex: Maillard).

## 5. CONCLUSÕES

A maceração, a remoção de cascas e a secagem a 70°C por 24 horas se mostraram ineficientes na inativação dos inibidores enzimáticos. Porém, a secagem facilitou o processo de moagem.

O pré cozimento do feijão se mostrou de suma importância para viabilizar a sacarificação, o que está de acordo com a literatura, visto que estudos mostraram que tal procedimento inativa a maior parte dos inibidores enzimáticos.

Das rampas de mosturação testadas, a mais eficiente foi: 52°C por 20 min, 62°C por 30 min, 70°C por 30 min e, 80°C por 15 min.

Foi possível extrair 30% de sólidos solúveis do feijão, o que também está de acordo com o previsto na literatura, visto que o feijão preto tem aproximadamente 30% de amido.

## 6. REFERÊNCIAS

AIDAR, H. Cultivo do feijoeiro comum. Embrapa Arroz e Feijão, jan.,2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/index.htm>. Acesso em:01/02/2016.

ALMEIDA e SILVA, J. B. Cerveja. In: VENTURINI FILHO, W. G. Tecnologia de Bebidas. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. 550 p.

BATISTA, K. A.; PRUDÊNCIO, S. H.; FERNANDES, K. F. Wheat Bread enrichment with hard-to-cook bean extruded flours: nutritional and acceptance evaluation. *Journal of Food Science*, v. 76, n. 1, p. 108-113, 2011.

BEDIN, A. C. Caracterização de misturas de amidos de feijão e tuberosas (mandioca e batata-doce) e sua aplicação na obtenção de biofilmes. 2014, 147 fls. Tese (Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2014.

BOYE, J.; ZARE, F.; PLETCH, A. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, v.43, p.414-431, 2010.

BONETT, L. P.; BAUMGARTNER, M. S. T.; KLEIN, A. C.; SILVA, L. I. Compostos nutricionais e fatores antinutricionais do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Arquivo de Ciência e Saúde Unipar de Umuarama*, v. 11, p. 235-246, 2007.

BRANDAM, C.; MEYER, X.M.; PROTH, J.; STREHAIANO, P.; PINGAUD, H. An original kinetic model for the enzymatic hydrolysis of starch during mashing. *Biochemical Engineering Journal*, v. 13, n. 1, p. 43-52, Jan 2003.

BRASIL. 2009. Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento. Decreto Nº 6871, de 04 de junho de 2009. Diário Oficial da União, Brasília 05/06/2009. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/decreto/d6871.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6871.htm)>. Acesso em: 10 set. 2018.

BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Avaliação dos efeitos da Cocção e Irradiação na Composição do Feijão Carioca (*Phaseolus vulgaris* L.). Alimentos e Nutrição, v. 22, p. 97-102, 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: grãos: quarto levantamento, janeiro de 2016. Brasília: Conab, 2016.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro de 2018. Brasília: Conab, 2018.

D'AVILA, Roseane; LUVIELMO, Márcia; ROSANE, Carla; JANTZEN, Márcia. Adjuntos utilizados para produção de cerveja: características e aplicações. Estudos Tecnológicos em Engenharia. 8. 60-68. 2012.

DAMODARAN, S. Aminoácidos, peptídeos e proteínas. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. Química de Alimentos de Fennema. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DÍAZ, A. M.; CALDAS, G. V.; BLAIR, M. W. Concentration of condensed tannins and anthocyanins in common bean seed coats. Food Research International, v. 43, p. 595-601, 2010.

DOMÍNGUEZ, B. M.; GÓMEZ, M. V. I.; LÉON, F. R. Acido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, v. 52, n. 3, p. 219-231, 2002.

DRAGONE, G.; ALMEIDA E SILVA, J. B. Cerveja. In: VENTURINI FILHO, W. G. Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia. São Paulo, SP: Blucher, 2010. v. 1. 492 p.

FIGUEROA, Amanda Mileo. Caracterização de amidos obtidos de diferentes feijões e sua aplicação em filmes biodegradáveis. 2016. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA, Ponta Grossa, 2016.



JOURDAN, G. A.; NOREÑA, C. P. Z. ; BRANDELLI, A. Inactivation of trypsin inhibitor activity from brazilian varieties of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Food Science and Technology International, v. 13, n. 195, p 195-198, 2007.

KOBLITZ, M. G. B. Bioquímica de Alimentos: Teoria e Aplicações Práticas. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade nutricional. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: POTAFOS, 1996.

LINKO, M.; HAIKARA, A.; RITALA, A.; PENTTILA, M. Recent advances in the malting and brewing industry. Journal of Biotechnology, n. 65, p. 85-98, 1998.

MECHI, R.; CANIATTI-BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V. Avaliação química, nutricional e fatores antinutricionais do feijão preto (*Phaseolus vulgaris*, L.) irradiado. Ciencia e Tecnologia de Alimentos, v. 25, p 109-114, 2005.

MORADO, R. Larousse da Cerveja. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009. 357p.

PROLIA, I. R. D.; BARBOSA, R. G.; VEECK, A. P. L.; AUGUSTI, P. R.; SILVA, L. P.; RIBEIRO, N. D.; EMANUELLI, T. Cultivar, harvest year, and storage conditions affecting nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 30, p. 96-102, 2010.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A. J.; COSTA, N. M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 28, n. 1, p. 200-213, 2008.

RIOS, A. O.; ABREU, C. M. P.; CORREA, A. D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 23, p. 39-45, 2003.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. Revista de Nutrição, v. 12, n. 1, p. 5-19, 1999.

SILVA, A. G.; ROCHA, L. C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Caracterização físico-química, digestibilidade proteica e atividade antioxidante de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.). Alimentos e Nutrição, v. 20, p. 591-598, 2009.

TOLEDO, T. C. F.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Avaliação química e nutricional do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido por diferentes métodos. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 28, n. 2, p. 355-360, 2008.

TSCHOPE, E.C. Microcervejarias e cervejarias. A História, a Arte e a Tecnologia. São Paulo: Editora Aden, 2001. 223p.