

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos



Tese

Desenvolvimento tecnológico de cervejas com matérias-primas de importância regional

MSc. Dejalmo Nolasco Prestes

Pelotas, 2019

Dejalmo Nolasco Prestes

Desenvolvimento tecnológico de cervejas com matérias-primas de importância regional

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Comitê de Orientação: Prof. Dr. Cesar Valmor Rombaldi.

Prof.^a Dr^a Márcia Gularte.

Prof. Dr. Manoel Artigas Shirmer.

Pelotas, 2019

Dejalmo Nolasco Prestes

Desenvolvimento tecnológico de cervejas com matérias-primas de importância regional

Tese aprovada, como requisito parcial, para a obtenção do grau de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 08 de março de 2019.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Cesar Valmor Rombaldi (Orientador)

Doutor em Biologia Molecular Vegetal pela Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse.

Prof. Dr. Amauri Costa da Costa

Doutor em Ciências e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof. Dr. Manoel Artigas Schirmer

Doutor em Ciências e Tecnologia de Alimentos pela University of Manchester Institute of Science and Technology.

Prof. Dr. Marcelo Zaffalon Peter

Doutor em Ciências e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof^a. Dr^a. Rosana Colussi Doutora em Ciências e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas.

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

P936d Prestes, Dejalmo Nolasco

Desenvolvimento tecnológico de cervejas com matérias
- primas de importância regional. / Dejalmo Nolasco Prestes
; Cesar Valmor Rombaldi, orientador ; Márcia Arocha
Gularte, Manoel Artigas Schirmer, coorientadores. —
Pelotas, 2019.

80 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de
Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas,
2019.

1. Malteação. 2. Butiá. 3. Análise sensorial. 4. GABA. 5.
Malte. I. Rombaldi, Cesar Valmor, orient. II. Gularte, Márcia
Arocha, coorient. III. Schirmer, Manoel Artigas, coorient. IV.
Título.

CDD : 664

**A Deus pela sua proteção, bênçãos e por ter guiado meus pensamentos e
decisões
durante toda minha caminhada.**

A minha mãe e ao meu pai, que me ensinaram valores e exemplo de coragem.

**Ao minha esposa Marlene e aos meus filhos:
Daniel, Leonardo ,Diego e Marcelo, pela paciência,
incentivo, apoio e carinho.**

Aos meus irmãos, amigos e familiares, que me ajudaram, e me estimularam.

DEDICO!

Agradecimentos

A Deus por estar sempre presente em minha vida, dando-me a coragem e paciência necessária para enfrentar os obstáculos e entender meus semelhantes.

Aos meus pais, in memória, por todo amor, preocupação e incentivo, dedico a vocês!

À minha esposa Marlene, que esteve sempre ao meu lado durante todo o caminho, me apoiando e me dando forças para continuar acreditando na minha realização. Obrigada por sempre acreditar na minha capacidade e por ter tanta paciência e compreensão, com amor. Te amo!

À minha família, filhos, Daniel, Leonardo, Diego e Marcelo (os dois últimos colegas agrônomos), netos, sobrinhos e irmãos.

A todos meus amigos e colegas TAEs da FAEM pelo carinho, amizade, apoio e por todos os momentos de alegrias e piadas. Com certeza, nossas risadas tornaram essa jornada mais leve e mais fácil de ser percorrida.

Aos alunos da Faem e pós-graduandos do programa que participaram e me apoiaram em vários momentos, especialmente ao aluno André Talhamento, meu estagiário.

Aos professores do departamento pela disponibilidade, sabedoria em muitos momentos, pelos ensinamentos e compreensão.

Aos meus orientadores, professor Cesar Valmor Rombaldi e professora Márcia Gularte e Manoel Artigas Shirmer pelos ensinamentos e suporte.

A todos os amigos, professores e funcionários do DCTA, que de alguma forma contribuíram com meu crescimento.

Muito obrigado !

Resumo

Prestes, Dejalmo Nolasco. **Desenvolvimento tecnológico de cervejas com matérias-primas de importância regional**. 2019. 75f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

O projeto de pesquisa, e por consequência a tese, tem a característica majoritária de pesquisa tecnológica, mais especificamente visando produzir cervejas com sinais distintivos valorizando matérias primas regionais. Nesse contexto, no primeiro buscou-se desenvolver cerveja artesanal com butiá (*Butia odorata*), avaliando-se as características físico-químicas e sensoriais. A formulação básica partiu de malte de cevada, lúpulo e levedura. O mosto foi submetido às etapas de brasagem, filtragem, fervura, resfriamento e clarificação, seguindo-se com a inoculação de levedura. Como tratamentos, além do tratamento controle que consistiu da produção de cerveja clássica (T1), testaram-se duas formulações adicionais (T2 e T3), ambas com polpa de butiá, mas diferindo entre elas pela adição de açúcar na formulação T3 quando do engarrafamento. A polpa de fruta foi adicionada na etapa de fervura aos 50 minutos. A fermentação transcorreu a 20 °C durante 7 dias. As cervejas foram maturadas à temperatura de 2±2 °C por 8 dias, e, posteriormente, engarrafadas e pasteurizadas. Terminado o processo de elaboração, 7 dias após as cervejas foram analisadas química e sensorialmente. Concluiu-se que existe a possibilidade de sucesso no uso do butiá para a fabricação de cervejas, atendendo à demanda por novos produtos da biodiversidade ligada à valoração sustentável dos biomas. O segundo produto elaborado consistiu em gerar uma cerveja 100 % à base de arroz, valorizando um cereal amplamente produzido na região, e oferecendo ao setor uma tecnologia capaz de produzir cerveja para dois mercados relevantes na atualidade: pessoas que têm intolerância a glúten e pessoas adeptas ao veganismo. O arroz é uma alternativa à cevada na produção de cerveja; entretanto, a qualidade do malte de arroz, teor de nitrogênio da cerveja de arroz e aceitabilidade sensorial dessa cerveja ainda necessitam de melhorias, segundo a totalidade dos trabalhos de pesquisa que abordaram esse tema. A capacidade do ácido giberélico (GA3) para melhorar a germinação e, por conseguinte, a qualidade do malte, foi testada, assim como a capacidade do farelo de arroz desengordurado (FAD), para aumentar o teor de nitrogênio e a aceitabilidade sensorial da cerveja feita com arroz maltado. Os resultados foram consistentes, demonstrando que o GA3 favoreceu a atividade amilolítica e FAD incorporou nitrogênio, flavonoides, bem como γ -aminobutírico ácido (GABA), que é um composto funcional. As principais vantagens sensoriais que o FAD proporcionou à cerveja de arroz foram relacionadas a cor mais escura, cor de espuma melhorada, um maior volume de espuma e uma percepção de estrutura encorpada.

Palavras-chave: Análise Sensorial; Arroz; Butiá; GABA ;Cervejas

Abstract

Prestes, Dejalmo Nolasco. **Technological development of beers with raw materials of regional importance**. 2019. 75f. Thesis (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

The research project, and consequently the thesis, has the major characteristic of technological research, more specifically to produce beers with distinctive signs valuing regional raw materials. In this context, the first one was to develop an artisanal beer with butiá (*Butia odorata*), evaluating the chemical and sensorial quality. The basic formulation was malting barley, hops and yeast. The wort was subjected to the stages of brazing, filtration, boiling, cooling and clarification, followed by inoculation of yeast. As treatments, besides the control treatment that consisted of the production of classic beer, without the addition of butiá pulp (T1), two additional formulations (T2 and T3), both with butiá pulp, were tested, but differing between them added sugar in the T3 formulation when bottling. The fruit pulp was added in the boiling stage at 50 minutes. The fermentation took place at 20 °C for 7 days. The beers were aged at 2 ± 2 °C for 8 days, and then bottled and pasteurized. Finished the elaboration process, 7 days after the beers were analyzed chemically and sensory. It was concluded that there is a probability of success in the use of butiá for the production of beers, taking into account the demand for new products of biodiversity linked to the sustainable valuation of the biomes. The second product to be elaborated consisted in generating a 100 % rice beer, valuing a cereal widely produced in the region, and offering the sector a technology capable of producing beer for two relevant markets today: people who have gluten intolerance and people who adhere to veganism. Rice is an alternative to barley in brewing; however, the quality of the rice malt, the nitrogen content of the rice beer and the sensory acceptability of this beer still require improvement, according to the totality of the research works that approached this theme. The ability of gibberellic acid (GA3) to improve germination and hence malt quality was tested as well as the ability of the defatted rice bran (FAD) to increase the nitrogen content and sensory acceptability of beer made with malted rice. The results were consistent, demonstrating that GA3 favoured amyolytic activity and incorporated FAD into nitrogen, flavonoids as well as γ -aminobutyric acid (GABA), which is a functional compound. The main sensory advantages that FAD provided to rice beer were related to a darker colour and an improved foam colour, a higher foam volume and a perception of full-bodied structure.

Keywords: butiá; GABA; rice; sensory analysis

Lista de Figuras

Figura 1. Componentes da cerveja puro malte: água, malte, lúpulo e fermento.	17
Figura 2. Parâmetros e características das cervejas	20
Figura 3. Trepadeira da flor de lúpulo	24
Figura 4. Flores de lúpulo após serem prensadas, no formato de pellets.	24
Figura 5. Malte de arroz, germinado em laboratório.	25
Figura 6. Estrutura do grão de arroz.	27
Capítulo 1	
Figura 1. Fluxograma de produção das cervejas, com três formulações (T1, T2 e T3).	46
Figura 2. Imagem de cerveja artesanal apresentada no teste sensorial.	49
Figura 3. Gráfico da Análise de Componentes Principais das classes das palavras do teste de Associação de Palavras da cerveja artesanal.	55
Figura 4. Frequência e média do teste de Intenção de compra das cervejas artesanais.	57
Capítulo 2	
Figura 1. Germinação da semente de arroz.....	67
Figura 2. Atividade de α -amilase.....	68
Figura 3. Atividade de β -amilase.....	69
Figura 4. Teor de açúcares redutores nas amostras de cerveja.....	70
Figura 5. Imagem de cerveja artesanal.....	71
Figura 6. Avaliação das cervejas de malte puro de arroz (MA) e arroz malte mais cervejas de farelo de arroz desidratado (MA + FAD)	75
Figura 7. Preferências globais dos panelistas para as cervejas MA e MA + FAD.	74

Lista de Tabelas

Tabela 1.Composição centesimal média (% na matéria seca) de arroz integral, branco polido e parabolizado polido.....	28
Tabela 2. Concentração de minerais em arroz integral e branco polido.....	28
Tabela 3. Características que distinguem os diferentes tipos de levedura empregadas no processo.....	34
Capítulo 1	
Tabela 1. Resultados físico-químicos das amostras de cerveja artesanal.....	51
Tabela 2. Frequência das palavras citadas em cada classe formada através do teste de Associação de Palavras da cerveja artesanal	54
Tabela 3.Resultados médios do teste de ordenação das cervejas artesanais.....	56
Capítulo 2	
Tabela 1.Características físico-químicas de cervejas produzidas com malte de arroz (MA) e com malte de arroz (MA) mais farelo de arroz desengordurado (FAD).....	70
Tabela 2.Teor de GABA ($\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$) em função do processamento da matéria-prima e da cerveja.....	71

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Hipóteses	14
1.2 Objetivos gerais	14
1.3 Objetivos Específicos	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 História e Evolução da cerveja	15
2.2 Cervejas artesanais	16
2.2.1 Mercado cervejeiro nacional e no mundo	18
2.2.2 Classificação da cerveja	19
2.2.3 Lei Reinheitsgebot	21
2.3 Matérias-primas do processo cervejeiro	22
2.3.1 Água	22
2.3.2 Lúpulo	23
2.3.3 Malte	25
2.3.4 Arroz	26
2.3.4.1 Germinação	30
2.3.4.2 Geração de bioativos no processo de germinação	31
2.3.5 Adjuntos	33
2.3.6 Fermento	34
2.4 Elaboraões de cervejas tradicionais e especiais	35
2.4.1 Processo cervejeiro tradicional	35
2.4.2 Moagem	36
2.4.3 Mosturação	36
2.4.4 Filtração e clarificação	37
2.4.5 Fervura	38
2.4.6 Clarificação e resfriamento do mosto	39
2.4.7 Fermentação	40
2.4.8 Maturação	40
2.4.9 Envase	41
CAPÍTULO 1 – Cerveja artesanal com butiá: desenvolvimento de produto	42
1 INTRODUÇÃO	42
2 MATERIAL E MÉTODOS	44
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4 CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS	58
CAPÍTULO 2 - A adição de farelo de arroz desengordurado ao arroz maltado melhora a qualidade cerveja de arroz	61
1 INTRODUÇÃO	61
2. MATERIAIS E MÉTODOS	63
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
4 CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIAS	76

1 INTRODUÇÃO

A cerveja é uma bebida consumida em todo o mundo (AMIENYO; AZAPAGIC, 2016). As matérias-primas mais utilizadas no seu processo de elaboração são malte de cevada, água, lúpulo e fermento (levedura) (PIRES; BRANYIK, 2015). Em alguns países, como a Alemanha, somente se aplicam tais ingredientes, com destaque para a cevada como o cereal usado na obtenção do malte. Contudo, na maioria deles, é permitida a inserção de outros cereais maltados com vistas a substituir parte do malte de cevada a fim de se obterem outros estilos dessa bebida. O arroz e o milho são adicionados ao malte da cevada, em larga escala pela indústria, objetivando-se produzir uma cerveja leve, ao estilo de uma pilsener (SLEIMA et al., 2010). Entretanto, independentemente da formulação, o lúpulo é o ingrediente insubstituível que agrega amplos atributos à cerveja (ABRAM et al., 2015).

De modo geral, a cerveja é composta por 2 a 6 % de extrato residual, 2 a 6 % de etanol, 0,35 a 0,50 % de dióxido de carbono e 90 a 95 % de água. Esses valores variam conforme o tipo de cerveja. Na atualidade, em crescente expansão, tem-se o mercado de cervejas estilo artesanal, constituindo assim inúmeras micro cervejarias, as quais produzem tal bebida com ampla diversidade em amargor, teor alcoólico, cores e sabores.

Na elaboração de cerveja, podem ser usados vários ingredientes, manipulados em diferentes tempos e proporções. Cada um dos componentes possui diversas variedades e eles podem ser incorporados em diferentes quantidades, conforme prescreve a legislação brasileira de cerveja, no seu artigo nº 6.871/09, Decreto nº40, explicando que ela “poderá ser adicionada de suco ou extrato de vegetal, ou ambos, que poderão ser substituídos, total ou parcialmente, por óleo essencial, essência natural ou destilado vegetal de sua origem” (BRASIL, 2009).

A adição de ervas e frutas tem a finalidade de se buscarem aromas e sabores que caracterizem uma região (RAPOSO et al., 2015). Como exemplo temos os frutos do butiazeiro (*Butia odorata* (Barb.Rodr.) (Noblick & Lorenzi), palmeira nativa da América do Sul, com ampla distribuição no Pampa Gaúcho, já utilizados em sucos e licores, com ótima apreciação pelos consumidores.

O malte, por sua vez, é a matéria-prima que define o estilo das cervejas, sendo responsável pela produção de cores, aromas e sabores, bem como pela ativação da atuação e constituição de enzimas. A eficiência na malteação garante o poder enzimático do malte e conseqüentemente a formação de açúcares. As enzimas atuarão na sacarificação das reservas do grão (amido e proteínas), principalmente transformando-os em compostos de menor peso molecular.

Quanto às sementes germinadas controladamente, se pode denominá-las de malte, acompanhado do cereal a que se refere. O processo de germinação da semente de arroz, gerando o malte de arroz, promove o aumento do teor de açúcares simples, peptídeos e aminoácidos (MAYER et al., 2014). Com isso, temos, também, a geração de compostos bioativos, fenólicos, aminoácidos, ácido gama-aminobutírico (GABA) e gama-orizanol, entre outros, propiciando um aumento da atividade antioxidante.

Além do malte, a adição de adjuntos, como os coprodutos industriais de arroz, são usadas para atender à demanda de cervejas artesanais diferenciadas e leves. Isso constitui uma forma de aproveitamento da matéria-prima existente na região, agregando valor à produção e aumentando a renda no setor agrícola. Nesse sentido, o malte de arroz seria originado de um cereal livre de glúten e produziria uma bebida que permite aos celíacos desfrutarem sem restrição, sempre considerando-se que se trata de bebida alcoólica.

No processo de industrialização de arroz para consumo, uma quantidade expressiva de coprodutos é gerada, como o farelo de 8 a 12 %, dependendo do processo de produção e beneficiamento, e um grande percentual de grãos quebrados já usados no processo cervejeiro. O farelo de arroz é rico em fibras, óleo, proteínas, compostos fenólicos e sais minerais. Assim, se constitui numa fonte relevante desses compostos que podem ser interessantes na produção de cerveja de arroz. Destaca-se, no entanto, que a fração lipídica não traz benefício à produção de cerveja, devido o risco de rancificação e a instabilidade da espuma, por isso, o farelo a ser utilizado deve ser o farelo de arroz desengordurado (FAD).

Tomando por base a preocupação citada anteriormente, emite-se a hipótese, como expectativa de resultado, que a germinação de sementes de arroz tratadas com GA3 gerará um malte com maior atividade de enzimas

relacionadas à hidrólise do amido. Além disso, a inclusão do FAD na formulação contribuirá para incrementar a fração nitrogenada do malte e da cerveja, assim como da fração fenólica, resultando numa cerveja com melhor sabor, maior persistência de espuma e com composição mais rica na fração fenólica e no GABA.

O objetivo deste projeto de tese é desenvolver, com matérias-primas de importância regional, cerveja adicionada de polpa de butiá e aquela produzida com base em arroz, lúpulo, água e levedura. Trata-se de produto diferenciado, tendo em vista que a única fonte majoritária de açúcares será o malte de arroz. Visa-se ainda avaliar a presença do GABA e de outros aminoácidos no produto final, usando malte de arroz e frações enriquecidas de arroz, como matéria-prima para a produção de cervejas com atributos especiais.

1.1 Hipóteses

É possível produzir cervejas diferenciadas artesanais promovendo um estilo com frutas regionais, como é o caso de butiá (*Butia odorata* (Barb.Rodr.) (Noblick & Lorenzi), e obter um produto com boa aceitação pelos consumidores.

A indução da germinação de sementes de arroz com o uso de ácido giberélico, sucedida de manejo da malteação, somados de frações do grão de arroz (FAD), permitirá produzir uma cerveja diferenciada, sem uso de cereais possuidores de glúten, gerando cerveja portadora de potenciais funcionais e boas características sensoriais.

1.2 Objetivos gerais

Otimizar processo tecnológico para produção de cervejas diferenciadas no tocante aos seus sinais distintivos: uma incluindo uma fruta do bioma Pampa, o butiá; outra, valorizando um coproduto da indústria do arroz (FAD).

1.3 Objetivos Específicos

– Criar uma cerveja com adição de polpa de butiá;

- Aprimorar a malteação de sementes de arroz;
- Produzir o malte propriamente dito e incluir farelo de arroz desengordurado de modo a potencializar a qualidade dessa bebida;
- Otimizar o processo de mosturação e formulação;
- Fabricar a cerveja propriamente dita;
- Avaliar sua característica físico-química e sensorial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 História e Evolução da cerveja

Há 2800 a.C. já existia a elaboração de cervejas, e apesar de o processo não ser padronizado, produziam uma bebida muito consumida na época. Diversos documentos antigos relatam histórias e lendas ligadas a ela entre os povos hititas, armênios, gregos, egípcios e outros. Em várias regiões, fazia parte da alimentação diária da população como importante fonte de nutrientes (DRAGONE; SILVA, 2010).

Na Suméria elaboravam uma massa consistente com grãos moídos que, após o cozimento, era consumida como pão. Essa massa, submetida à ação do tempo, umedecia e fermentava, tornando-se uma espécie de "pão líquido", ou seja, um tipo de bebida alcoólica. Tal bebida guardava uma semelhança e deu origem à atual cerveja.

Os mosteiros assumiram a fabricação da bebida com o início da Idade Média, e a partir de então, adquiriu o seu sabor característico pelas mãos dos monges. O lúpulo passou a ser usado popularmente como fator de amargor. No tempo da quaresma, os padres alimentavam-se exclusivamente de cerveja.

A cerveja chegou ao Brasil em 1808, trazida por Dom João VI. Até o século XIX ela era importada e privilégio dos nobres. Hoje o Brasil é o quarto produtor mundial, com um consumo per capita anual de 68litros. Depois da legislação sobre pureza, que entrou em vigor em 1516 (Baviera - Alemanha), a bebida só pode ser fabricada com base em malte, cereais, lúpulo, água e leveduras.

Como as leveduras da cerveja não convertem o amido em açúcar e, portanto, não podem dar início à fermentação, primeiro temos de transformar o

amido dos grãos do cereal, submetendo-os à maceração, germinação e ao tostamento em malte rico em açúcar, por meio do qual se obterá, por maceração e cocção em água, o mosto de cerveja estéril. Este fermentará, resultando numa cerveja por adição de lúpulo, resfriamento e inoculação com as suas leveduras.

Outro termo muito utilizado no mundo das cervejas, a 'revolução cervejeira', ou seja, o movimento de retomada da cultura artesanal que começou nos Estados Unidos em meados de 1970 e vem mostrando seus ecos na produção brasileira desde 1990. Essa revolução é caracterizada pela exaltação de uma cultura em torno das cervejas artesanais, por um número crescente de rótulos disponíveis ao consumidor, rótulos caracterizados pela inovação e diferenciação em relação às cervejas de massa (OLIVER, 2012, p.7).¹

2.2 Cervejas artesanais

No Brasil, a produção e o consumo de cervejas artesanais são crescentes dominados por vários estilos do tipo ale, com característica de sabor marcante, pH em torno de 4,3, com um gradiente de cores. (TSCHOPE, 2001).

A baixa diversidade de produtos da cervejaria convencional brasileira contrasta com o crescimento de inúmeras micro cervejarias, onde se observa uma grande variedade de marcas e a busca dos consumidores por cervejas com amargor e aromas que desafie seu paladar (SILVA; FARIA, 2008; D'AVILA, 2012).

A cerveja é produzida pela fermentação alcoólica do mosto de cereal maltado, geralmente malte de cevada, sendo facultativa a adição de outra matéria-prima de amiláceo e lúpulo, em geral, o teor alcoólico é baixo, de 3 a 8%. Sob essa designação podem se encontrar os mais diversos estilos dessa bebida, obtidos por processos que abrangem desde a fabricação caseira até a cerveja de processamento industrial (AQUARONE; LIMA; BORZANI, 2001; PASTORE 2013).

¹ OLIVER, G. **A mesa do mestre cervejeiro**. São Paulo: Senac, 2012



Figura 1. Componentes da cerveja puro malte: água, malte, lúpulo e fermento.
 Fonte: <http://www.amandapereira.com.br/mas-afinal-como-se-faz-cerveja>

Na legislação brasileira referente ao produto, o Decreto nº 6871, de 4 de junho de 2009, artigo 36, define cerveja como a “bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo” (BRASIL, 2009). Outros componentes podem ser utilizados, de acordo com o tipo, a tradição ou a preferência local (MATAIX, 2004; MARTINEZ, 2004). A utilização de adjuntos na fabricação de cervejas é permitida por lei em vários países (VENTURINI FILHO, 2000) e são muitos os tipos de matérias-primas e aditivos autorizados (ENGLMANN; MIEDANER, 2005).

A composição de açúcares dos adjuntos líquidos é muito próxima à encontrada em mosto produzido somente com malte (SLEIMAN, 2002), e as características de fermentabilidade são equivalentes às receitas que combinam malte, a grãos de milho ou arroz e/ou açúcar à cerveja. Segundo o Decreto nº 6871,

No Art. 40, prevê que a cerveja poderá ser adicionada de suco ou extrato de vegetal, ou ambos, que poderão ser substituídos, total ou parcialmente, por óleo essencial, essência natural ou destilado vegetal de sua origem.

No Art. 41. A cerveja adicionada de suco de vegetal deverá ser denominada “cerveja com...”, acrescida do nome do vegetal.

No Art. 42. Quando o suco natural for substituído total ou parcialmente pelo óleo essencial, essência natural ou destilado do vegetal de sua origem, será denominada “cerveja sabor de...”, acrescida do nome do vegetal (BRASIL, 2009).²

² BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto n. 6.871, de 4 de junho de 2009. Regulamento da Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, 5 de junho de 2009. Seção 1, p. 20

2.2.1 Mercado cervejeiro nacional e no mundo

O Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo (13 bilhões de litros/ano), o terceiro maior consumidor (14 bilhões de litros/ano) e se encontra na 24ª posição do ranking de consumo per capita mundial, com 68 litros por ano (Kirin Beer University; Sindicerv, 2018)

O consumo de cerveja no Brasil é crescente, liderando a posição de terceiro maior produtor de cerveja do mundo, atrás apenas da China — 48,42 bilhões — e dos Estados Unidos — 23,39 bilhões. Ela é a bebida alcóolica mais consumida no País. Tal posição se deve principalmente às grandes cervejarias instaladas aqui, como é o caso da Ambev e da Heineken.

Quanto aos estabelecimentos, 2018 teve 210 novas fábricas. Com esses números temos marca de, aproximadamente, a cada dois dias uma cervejaria abria as portas no Brasil. Ao final de 2018 o número total chegou a 889 cervejarias. Em se tratando de registro de produtos 2018 apresentou grande volume processos. Foram concedidos aproximadamente 6.800 registros de produtos para cerveja/chope (ANUÁRIO DA CERVEJA NO BRASIL 2018).

Segundo a Brewers Association (BA), grupo comercial estadunidense representante de cervejarias, o segmento tem crescido exponencialmente nos Estados Unidos> Nos últimos dois anos, o número de cervejarias aumentou quase 50%. Em 30 de junho de 2017, havia 5.562 cervejarias operando nos EUA, 906 a mais do que no mesmo mês De 2016. E outras 2.739 cervejarias estão em fase de planejamento, segundo o relatório da BA. De acordo com Corazza (2011), grandes empresas do setor estão envolvidas na compra das micro cervejarias, porém, o direcionamento comercial tem outro enfoque.

[...] é diferente do que aconteceu durante a expansão da Brahma e da Antarctica, as cervejarias artesanais não estão sendo extintas, mas sim compradas e tendo seus nomes e fórmulas mantidos. O primeiro exemplo deste movimento foi a já citada compra da Baden Baden e da Eisenbahn pela Schincariol, em 2007 e 2008, respectivamente. Nesses casos houve um grande esforço para que não houvesse

nenhum tipo de vínculo entre os nomes das marcas (CORAZZA, 2011, p.7).³

2.2.2 Classificação da cerveja

A matéria-prima, origem geográfica, além de variações durante o processo de manufaturação da cerveja, tempo, temperatura de cozimento, fermentação e maturação, permitem elaborar os mais variados estilos dessa bebida. Seu processo de fermentação define o tipo Lager, de baixa fermentação, o tipo Ale, de alta fermentação, e o das cervejas de fermentação espontânea, raras e muito específicas (VIOTTI, 2012).

As cervejas Lagers tiveram origem na Europa Central e foram produzidas a partir do século XIX, com grande crescimento no século XX. São conhecidas como de baixa fermentação, cujo micro organismo responsável é a levedura *Saccharomyces carlsbergensis* ou *Saccharomyces uvarum*, que atua e se deposita no fundo dos tanques de fermentação e tem seu ponto ideal de temperatura em torno de 8 a 12 °C, condição na qual o tipo de fermentação deve ser conduzido. As Lagers são as cervejas mais consumidas e responsáveis por quase 99 % das vendas no Brasil (BJCP, 2008; MORADO, 2009).

As cervejas Ale são na maioria elaboradas artesanalmente, pois são mais turvas, aromáticas, tendo como levedura *Saccharomyces cerevisiae* e tem como temperatura de maior atividade entre 18 a 24 C°, sendo denominadas como de alta fermentação (BJCP, 2008)

A Figura 3 mostra os parâmetros e as características das cervejas quanto ao extrato primitivo, teor alcoólico, quanto à proporção de malte e cevada e à fermentação. Elas também devem estar isentas de substâncias que possam causar danos à saúde dos seres humanos, bem como de microrganismos patogênicos (LIMA; FILHO, 2011).

³ CORAZZA, Rodrigo. M. **A expansão recente das cervejarias artesanais no contexto de alta concentração de mercado de cerveja no Brasil**. Instituto de Economia- UNICAMP. Campinas. 2011.

Parâmetro	Característica
Quanto ao extrato primitivo	
Cerveja leve	Extrato primitivo \geq a 5 % e $<$ 10,5 %.
Cerveja comum	Extrato primitivo \geq a 10,5 % e $<$ 12,5 %.
Cerveja extraforte	Extrato primitivo $>$ 14.
Quanto a cor	
Cerveja clara	$<$ 20 unidades EBC
Cerveja escura	$>$ 20 unidades EBC
Quanto ao teor alcoólico	
Cerveja sem álcool	$<$ 0,5 % de álcool, não sendo obrigatório declarar no rótulo o teor alcoólico.
Cerveja com álcool	\geq 0,5 % de álcool, sendo obrigatório declarar no rótulo o teor alcoólico.
Quanto a proporção de malte de cevada	
Cerveja puro malte	100 % de malte de cevada como fonte de açúcar.
Cerveja com nome do vegetal predominante	$>$ 20 e $<$ 50 % de malte de cevada como fonte de açúcar.
Quanto a fermentação	
Baixa fermentação	Processo de fermentação que utiliza leveduras ativas a temperaturas baixas (9 a 15 °C) com fermentação mais lenta e maior produção de aromas.
Alta fermentação	Processo de fermentação que utiliza leveduras ativas a temperaturas mais elevadas (15 a 25 °C) com aromas típicos frutados e, por vezes, condimentados.

Figura 2. Parâmetros e características das cervejas
Fonte: BRASIL, 2001.

2.2.3 Lei Reinheitsgebot

A Lei da Pureza, a Reinheitsgebot, promulgada em 1516, pelo Duque Guilherme IV da Baviera, sul da Alemanha, ditava uma série de regras e comportamentos em relação ao consumo da cerveja. Entre elas, uma das mais famosas, era a determinação dos ingredientes que poderiam fazer parte da produção da bebida: malte de cevada (mais recentemente, também o trigo), água, lúpulo e, posteriormente, a levedura. Desde a data, a escola alemã é baseada nesses ingredientes e todos os estilos seguem o quarteto, sem a inclusão de adjuntos, como frutas, chocolate, maltes de arroz etc. (MORADO, 2009).

No processo de produção de cervejas, a substituição total ou parcial do malte por fontes de carboidratos, no fornecimento de açúcares necessários para a mosturação de adjuntos que usem griz de milho, arroz (farelo e quirera), trigo, mandioca e cereais não maltados, são alternativas bastante utilizadas pelas indústrias produtoras da bebida alcoólica, garantem um menor custo em relação ao malte (BJCP, 2008; MORADO, 2009).

O malte tem sua produção limitada no Brasil, sendo apenas capaz de suprir 30% da demanda nacional, portanto, importá-lo ainda é uma necessidade. Essa limitação se deve ao fato de existirem disponíveis no mercado diversos tipos de adjuntos, os quais devem ser escolhidos adequadamente a fim da qualidade na cerveja não ser prejudicada. Deve-se ressaltar essas matérias-primas, além de reduzir o custo, são capazes de lhe conferir maior frescor, brilho, leveza, menor saciedade e ainda contribuir para um aroma mais agradável (D'AVILA, 2012).

De acordo com o Decreto número 6871, de 4 de junho de 2009, Art. 36:

§ 4º Parte do malte de cevada poderá ser substituído por adjuntos cervejeiros, cujo emprego não poderá ser superior a quarenta e cinco por cento em relação ao extrato primitivo.

§ 5º 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 (BRASIL, 2009).⁴

2.3 Matérias-primas do processo cervejeiro

2.3.1 Água

O principal componente da cerveja é a água, representando pelo menos 92 % de sua composição. A elevada quantidade de água, associada à presença de sais minerais, é responsável pelo poder refrescante desta (HUGHES; BAXTER, 2001). A fim de se produzir uma cerveja de boa qualidade, a água é um fator determinante para definir alguns estilos especiais (Jiménez et al, 2009).

De acordo com Botelho (2009), a água deve ser potável, transparente, incolor, inodora e livre de qualquer sabor estranho. Além dos requisitos de potabilidade, ela deve assegurar pH apropriado à mostura, à extração do lúpulo e à perfeita fermentação, bem como garantir flavor adequado e desenvolvimento da cor na cerveja.

Um aspecto físico-químico significativo no processo cervejeiro é a dureza de sua água. A concentração total de íons de cálcio e o magnésio determina tal dureza, relevante no processo de fabricação, pois o nível de cálcio na água é determinante para a estabilidade e o flavor da cerveja elaborada. O cálcio estimula a ação enzimática das proteases e amilases aumentando assim o teor de carboidratos fermentáveis e compostos nitrogenados no mosto, contribuindo na hidrólise do amido na mosturação. O magnésio atua como coenzima durante a etapa de fermentação (BERNSTEIN; WILLOX, 1977).

Outro fator muito importante nesse processo diz respeito ao pH da água, cuja faixa ideal para a produção de cerveja situa-se entre 6,5 a 7, podendo variar conforme os estilos de cerveja a serem produzidos. Se o pH for alcalino,

⁴ BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto n. 6.871, de 4 de junho de 2009. Regulamento da Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, 5 de junho de 2009. Seção 1, p. 20.

poderá, por exemplo, dissolver materiais não desejados na mosturação que estejam contidos na casca do malte, (BOTELHO, 2009).

A atual disposição tecnológica favorece a possibilidade do uso da água com teor de pureza e sais minerais adequados à produção de cerveja (ANDRADE; MEGA; NEVES, 2011). Morado (2009) cita que, atualmente, a tecnologia permite “calibrar” as propriedades da água conforme as necessidades e a formulação, podendo ela acentuar sabores de malte e amargor pela alta concentração de sais de cálcio, magnésio e sulfato.

2.3.2 Lúpulo

O lúpulo (*Humulus lupulus*), erva aromática empregada na fabricação de cervejas, é de difícil cultivo, típica de regiões frias. Possui flores femininas (estróbilos) e masculinas na mesma planta e comercialmente pode ser encontrada *in natura*, em *pellets* ou extratos. Os principais constituintes do lúpulo, que são resinas, óleos essenciais e polifenóis. As inflorescências secas de lúpulo contém 4-14 % de polifenóis, principalmente ácidos fenólicos, chalconas preniladas, catequinas, proantocianidinas e flavonoides. Os lúpulos comerciais são classificados como aromáticos ou de amargor (GONZÁLEZ-GROSS,2001).Suas dosagens variam de 0,5 a 4,5 g.L⁻¹ (ALMEIDA; SILVA, 2005). Durante seu cozimento ocorre a liberação de resinas compostas por alfa-hidróxi ácidos, isomerizados pela temperatura, e essa mistura confere à cerveja um sabor amargo e aroma característico. Além disso, o lúpulo confere atividade antimicrobiana à cerveja, contribuindo para a conservação da bebida (FIGUEIREDO; CARVALHO, 2014).

Apenas as flores fêmeas (estróbilos) são usadas no processo cervejeiro. Suas resinas e seus óleos essenciais conferem à bebida o sabor amargo e o aroma característico O lúpulo é considerado o “tempero da cerveja” e um dos mais significativos componentes na sua produção, pois, além de tirar-lhe o dulçor, define vários estilos (Hornsey, 1999).

No Brasil não existem condições climáticas adequadas à produção de lúpulo, porém há trabalhos de adaptação e melhoramento genético dessa espécie. Sua importação da Europa e dos Estados Unidos gera o suprimento da demanda nacional. Comumente, o uso do lúpulo nesse processo é em

pellets, pequenas pelotas de flores prensadas. Assim, pode-se reduzir o volume de tal ingrediente a transportar e, ao mesmo tempo, manter suas características originais. Mas nada impede que a flor seja adicionada à cerveja na sua forma original, conforme colhida na lavoura (VENTURINI FILHO, WALDEMAR, 2000). As Figuras 4 e 5 apresentam o lúpulo na sua forma original e em *pellets*.



Figura 3. Trepadeira da flor de lúpulo
Fonte: Rainhas do Lar (2010).



Figura 4. Flores de lúpulo após serem prensadas, no formato de pellets.
Fonte: WE Consultoria (2010).

2.3.3 Malte

Malte é um termo técnico utilizado para definir a matéria-prima resultante da germinação de qualquer cereal sob condições controladas (Figura 6). Quando não há denominação, se subentende que é feito de cevada e em qualquer outro caso, é acrescentado o nome do cereal, por exemplo: malte de trigo, de centeio e de outros cereais (KUNZE, 1997 Cruz et al., 2008].,).

Na transformação da semente de cevada, trigo, arroz, centeio ou outro cereal em malte, é indispensável que os mesmos sejam colocados sob condições de temperatura, aeração e umidade favoráveis a germinação, sem esquecer que se deve interromper o processo de germinação, antes da formação de uma nova planta (DRAGONE; SILVA, 2010).



Figura 5. Malte de arroz, germinado em laboratório.
Fonte: O autor, 2016.

Uma cerveja de qualidade é dependente do processo de malteação, caracterizando atributos sensoriais da bebida sendo um dos fatores determinantes que conferem os estilos da cerveja (DRAGONE; SILVA, 2010). O manejo da germinação controlada dos cereais envolve a umidificação, a germinação em si, a secagem e torrefação, e cujos propósitos são: amolecer os grãos para facilitar a moagem; desenvolver as enzimas responsáveis pela quebra do amido durante a brassagem e introduzir cor e aromas desejáveis à cerveja (LIMA; FILHO, 2011).

As cervejas são bebidas que possuem caráter por serem delicadas e lábeis, tem um complexo, mas moderado, aroma e sabor, caracterizando estilos diferenciados, mesmo na mesma receita. O equilíbrio de seus compostos voláteis e não voláteis é responsável pela aceitação e qualidade da bebida. A composição em ésteres, aldeídos, dicetonas vicinais, ácidos orgânicos, álcoois superiores, fenóis, ISO- α -ácidos e outros compostos estão diretamente relacionados com a qualidade.

Os defeitos, perda de qualidade por sabores indesejáveis são um sério problema nas indústrias cervejeiras e artesanais. Cada cereal ao germinar, além de ativar suas enzimas, possui características próprias, em seu malte, de cor, aroma e sabor, nas cervejas que forem elaboradas, (NOGUEIRA,2006).

2.3.4 Arroz

O arroz, sendo fonte amilácea, é muito valorizado pelas cervejarias como adjunto. Quando se usa arroz como adjunto cervejeiro, este deve possuir teor de umidade 13 %, gordura menor do que 1 %, além de ter aparência branca, odor puro, sem rancificação lipídica e com ausência de impurezas (SLEIMAN et al., 2010). O arroz é preferido por alguns cervejeiros porque contém um teor menor de óleo quando comparado ao griz de milho (PRIEST; STEWART, 2006).

Esse produto tem uma temperatura relativamente alta de gelatinização e é extremamente viscoso antes de ser liquefeito. Souza et al. (2008), testaram o potencial enzimático de malte, obtido mediante o uso do arroz como alternativa ao malte de cevada, produzindo um mosto contendo malte de cevada, água, malte de arroz e adjunto na forma de farinha de arroz. Outro experimento também foi feito, apenas com malte de cevada e água, e encontraram rendimentos de açúcares fermentescíveis equivalentes.

Na (Figura 7) observa-se o endosperma, parte do grão onde encontra-se o amido em sua maioria, o qual será transformado em açúcares no momento da mosturação. Os outros componentes, embrião e aleurona ricos em ácidos graxos podem ser nocivos a formação de espumas e também rancificar a cerveja. A casca é importante para executar a filtragem, mas

devemos ter o cuidado de não moer e nem cozinhar demais, para evitar turbidez e a desintegração da celulose (Krottenhaler et al., 2009).

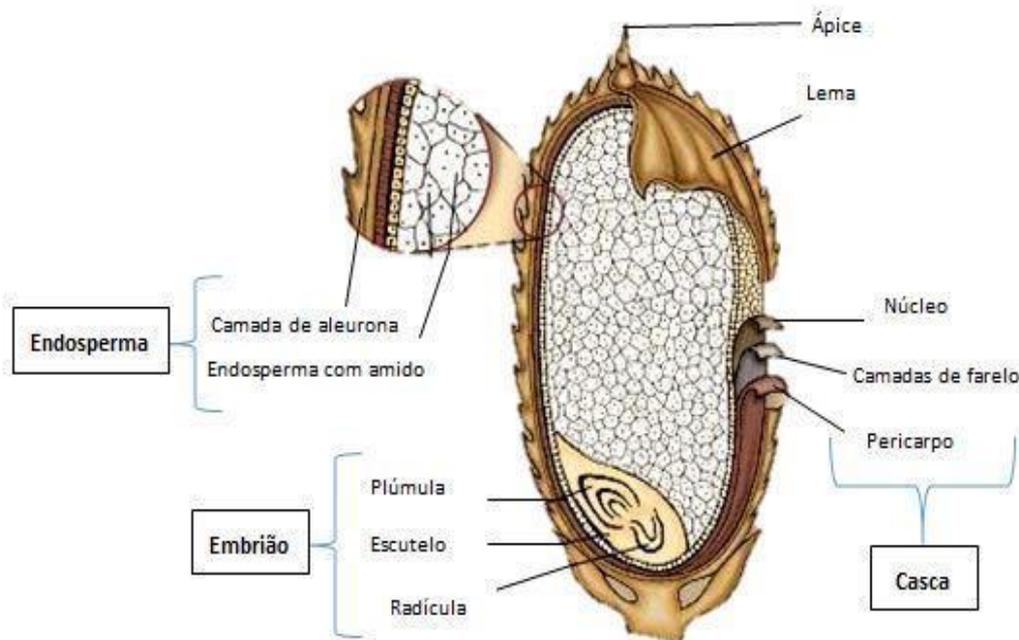


Figura 6. Estrutura do grão de arroz.
Fonte: BERNAS, 2015.

O arroz tem como principal constituinte o amido, que nos fornece energia, e quantidades menores de proteínas, lipídios, fibras e cinzas (Tabela 1). Entretanto, a composição do grão e de suas frações está sujeita a diferenças varietais, tais como as climáticas, ambientais, de manejo agrônomo, de processamento e armazenamento (ZHOU et al., 2002; FREI et al., 2003), com características nutricionais diferenciadas. Além disso, a uniformidade dos nutrientes está distribuída em diferentes frações do grão. Na aleurona há maior concentração de proteínas, lipídios, fibra, minerais e vitaminas, enquanto no centro existe bastante riqueza de amido. Dessa forma, o polimento acarreta redução no teor de nutrientes, exceto de amido, originando as diferenças na composição entre o arroz integral e o polido (Tabela 2).

Tabela 1 - Composição centesimal média (% na matéria seca) de arroz integral, branco polido e parboilizado polido.

Constituinte	Arroz integral	Arroz branco polido	Arroz parboilizado polido
Amido total	74,12		87,58
			85,08
Proteínas (N x 5,95)	10,46		8,94
			9,44
Lipídios	2,52		0,36
			0,69
Cinzas	1,15		0,30
			0,67
Fibra total	11,76		2,87
			4,15
Fibra insolúvel	8,93		1,05
			1,63
Fibra solúvel	2,82		1,82
			2,52

Fonte: Adaptado de STORCK (2004).

Dessa forma, o polimento resulta em redução no teor de nutrientes, exceto de amido, originando as diferenças na composição entre o arroz integral e o polido (Tabela 2).

Tabela 2. Concentração de minerais em arroz integral e branco polido.

Mineral	Arroz integral	Arroz branco polido
Cálcio	0,1-0,5	0,1-0,3
Magnésio	0,2-1,5	0,2-0,5
Fósforo	1,7-4,3	0,8-1,5
Potássio	0,6-2,8	0,7-1,3
Silício	0,6-1,4	0,1-0,4
Enxofre	0,3-1,9	0,8
Microminerais ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, com 14 % de umidade)		
Alumínio	0,3-26,0	0,1-2,2
Cádmio	0,02-0,16	0,025
Cloro	210-560	200-300

Cobalto	0,03-0,04	0,017
Cobre	1-6	2-3
Iodo	0,03	0,02
Ferro	2-52	2-28
Manganês	2-36	6-17
Níquel	0,2-0,5	0,14
Selênio	0,3	0,3
Sódio	17-340	5-86
Zinco	6-28	6-23

Fonte: Adaptado de JULIANO (1985).

O teor de proteínas encontradas no arroz é relativamente baixo, em média 7 %, na maioria das cultivares mais plantadas. Entretanto, observa-se grande variação na concentração de tal nutriente, com valores entre 4,3 e 18,2 % (LUMEN; CHOW, 1995). As proteínas do arroz podem ser classificadas em albumina, globulina, prolamina e glutelina, estando organizadas conforme os tipos de corpos proteicos no endosperma. (ZHOU et al., 2002). Neste, a glutelina forma a principal fração, correspondendo a aproximadamente 80 % das proteínas, com menor concentração de albumina e globulina (15 %) se comparada à prolamina (5-8 %). O farelo contém por volta de 60 % de albumina, seguido por prolamina, glutelina (27 %) e globulina (7 %) (JULIANO, 1993).

Embora a composição em proteínas do endosperma difira do farelo, assim como ocorre em outros cereais, o arroz comporta a lisina como aminoácido limitante, destacando-se entre os cereais por apresentar maiores concentrações de lisina, resultando em balanço de aminoácidos mais completo (JULIANO, 1993).

Assim como são observadas variações no teor total de proteínas, existem diferenças entre o arroz integral e o polido no que diz respeito à composição de aminoácidos e proteínas. São encontrados aminoácidos proteicos no arroz, também incluindo pequena quantidade de aminoácidos livres, principalmente no gérmen (594,9 mg.100g⁻¹) e no farelo (361,4 mg.100g⁻¹), com pequena concentração no endosperma (52,7mg.100g⁻¹). O aspartato e o glutamato são dominantes entre os aminoácidos livres, representando cerca de 60 % do total (SAIKUSA et al., 1994).

O amido é um homopolissacarídeo composto por cadeias de amilose e amilopectina e cujas proporções em que aparecem diferenciam-se entre os genótipos, podendo-se classificar assim seus grãos: ceroso (1-2 % de amilose), de conteúdo de amilose muito baixo (2-12 %), baixo (12-20 %), intermediário (20-25 %) e alto (25-33 %) (JULIANO, 1993; KONG et al., 2015).

2.3.4.1 Germinação

No momento assim que o embrião recebe água, temperatura e oxigênio, dá continuação ao seu desenvolvimento, paralisado nas fases finais de maturação fisiológica, (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Tão logo as sementes secas e viáveis absorvem água, uma série de eventos é iniciado e, por consequência, transcorre a emergência da radícula, significando que a germinação foi completada com sucesso (BEWLEY; BLACK, 1994).

A atividade enzimática aumenta durante as primeiras fases da germinação, inicialmente, de α e β -amilases, endo- β -glucanase, dextrinase limite, proteases e lipases. A ação hidrolítica exerce uma grande função, pois converte substâncias de reserva, principalmente o amido, em açúcares menores, que são substratos para o processo respiratório, o qual é vital e garante o fornecimento energético para a germinação. A hidrólise proteica também é relevante, pois resulta em peptídeos e aminoácidos, ambos são importantes para o sabor e estrutura de corpo da cerveja e para a formação e estabilidade de espuma (POPINIGIS, 1985).

Os teores de açúcares solúveis oriundos da ação enzimática sobre as reservas de amido viabilizam a germinação das sementes, desde que a geração de enzimas seja suficiente para a aplicação de técnicas que induzam a uma maior germinação e a uma melhor qualidade fisiológica. O aumento do potencial de desempenho das sementes pode ser avaliado mediante a atividade amilolítica no processo de germinação. Por sua vez, o uso de reguladores de crescimento, ácido giberélico (AG3), na fase de germinação, melhora o desempenho das plântulas, acelera a velocidade desse processo e realça o potencial das sementes (RODRIGUES et al., 2015). Esse conhecimento é amplamente utilizado tecnologicamente, para acelerar, uniformizar a germinação de sementes, e brotação de tubérculos, como é o

caso da batata, pode ser uma alternativa para a germinação de sementes de arroz, visando a produção de malte desse cereal.

A ação da giberelinas (GA3) pode ser o ponto chave na germinação de sementes, atuando tanto na superação da dormência quanto no controle de hidrólise das reservas, ocorrendo isso novamente pela indução da síntese de amilases, enzimas responsáveis pela hidrólise do amido (FINCHER 2010). O AG3, considerado ativador enzimático endógeno, promove a germinação e a aplicação exógena de tal regulador de crescimento, influenciando o metabolismo de carboidratos e, por consequência da ativação do metabolismo da germinação, alterar o perfil proteico, podendo dobrar a taxa de síntese de proteínas das sementes (LEVITT, 1974; SCHWARS e LI 2011;).

Na maioria das espécies, as giberelinas atuam de modo a estimular a velocidade de germinação, o alongamento celular, fazendo com que a raiz primária rompa os tecidos, os quais restringem o seu crescimento, como o endosperma, o tegumento da semente ou as estruturas do fruto (DOURADO NETO et al., 2014).

A hidrólise do amido depende da atividade enzimática. Assim, as α -amilases atuam nas ligações α 1-4 tanto de moléculas de amilose como nas de amilopectina, produzindo maltose, glicose e dextrinas. Já as β -amilases agem na extremidade não redutora de oligo e poliglucanos, gerando igualmente maltose, e sua ação é rompida nas ligações α 1-6. A maltose pode ser convertida em glicose pela maltase, enquanto sobre as dextrinas que apresentam ligações α 1-6 agem as dextrinases, as quais originam maltosacarídeos (BEVILAQUA; EICHELBERGER, 2004).

Na região abaixo da aleurona e próxima ao germe há concentração de enzimas sacarogênicas, bem como dextrinogênicas, que têm atividade relacionada à β -amilase (POMERANZ, 1988). Com o avanço da hidrólise do amido, os açúcares não redutores diminuem, aumentando a concentração de açúcares solúveis, na maior parte redutores (DRONZEK et al., 1974).

2.3.4.2 Geração de bioativos no processo de germinação

Embora a germinação seja conhecida há muito tempo, principalmente nos países do Leste europeu, nos últimos anos, grãos germinados tornaram-se

muito populares e amplamente aceitos como um alimento funcional, devido aos benefícios nutritivos e de saúde (ZILIC et al., 2014). Os processos bioquímicos que ocorrem durante a germinação podem gerar componentes bioativos (MOONGNARM; SAETUNG, 2010). Comumente se avalia o arroz integral germinado para fins nutricionais, mas atualmente alguns estudos também citam a germinação do arroz em casca para uso em bebidas fermentadas (MOONGNARM; SAETUNG, 2010).

Diversos trabalhos (LAMBERTS et al., 2012; SIRISOONTARALAK et al., 2014 CORNEJO et al., 2015;) reportam o aumento de GABA durante a germinação do arroz, podendo o processo ser feito com casca ou com o arroz integral. Variações foram observadas na concentração desse composto alcançadas ao final da germinação, sendo associadas às condições do processo, como pH, temperatura e tempo de germinação, bem como às variedades empregadas. Apesar da obtenção de altas concentrações de GABA após a germinação, alguns autores relatam uma expressiva redução de tal componente depois da cocção. Diante do processo metabólico que ocorre durante a germinação e da sua suscetibilidade à influência de diversos fatores, fazem-se necessários mais estudos para demonstrar suas interferências nas diferentes espécies.

A germinação para fins de enriquecimento do alimento é comumente realizada tanto no arroz integral com casca ou no esbranado, e são citados abundantemente. A taxa de germinação do arroz sem a casca é reduzida, pela exposição às enzimas, aos microrganismos, à luz e oxidação. Isso acarreta desvantagem diretamente no poder germinativo, visto que é possível se exalarem odores desagradáveis devido aos ácidos graxos livres formados (MOONGNARM; SAETUNG, 2010).

Com base nessas alterações, também podem ser gerados compostos bioativos, como compostos fenólicos, ácido gama-aminobutírico (GABA), gama-orizanol, entre outros, resultando em um aumento da atividade antioxidante (FERNANDEZ-OROZCO et al., 2008).

Estudos anteriores demonstraram que arroz germinado integral contém uma grande quantidade de bioativos (KONG et al., 2011). A glutamina, aminoácido precursor de dois importantes neurotransmissores, ácido glutâmico e GABA, é considerada um constituinte essencial. Isso significa que ele pode

ser sintetizado no corpo humano, mas não estar disponível em quantidades suficientes para manter a saúde. Alimentos biofortificados com GABA são citados como importantes na dieta humana (CURTHOYS; WARTFORD, 1995).

2.3.5 Adjuntos

Em muitos países, o uso de adjuntos como substituição parcial do malte na fabricação de cervejas é permitido por lei, sendo vários os tipos de matérias-primas autorizadas. As buscas por adjuntos permitem menores custos de produção em relação ao malte e cada estilo de cerveja é definido pela proporção deles em seus conteúdos. Porém, seguindo uma tendência mundial por consumo de cervejas artesanais, as micro cervejarias produzem essas bebidas com puro malte, e o aumento de adjuntos por parte das grandes cervejarias e seu uso abusivo podem causar prejuízos na qualidade da mercadoria final (VENTURINI FILHO, 2010).

Segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2009), consideram-se adjuntos cervejeiros ingredientes tais como a cevada cervejeira e os demais cereais aptos para o consumo humano, maltados ou não maltados, bem como amidos e açúcares de origem vegetal, não podendo o seu emprego ser superior a 45 % em relação ao extrato primitivo.

Os adjuntos, tais como, arroz, trigo e milho podem não só melhorar a estabilidade físico-química da cerveja, mas também reduzir turvação, conferir uma cor mais clara, um corpo mais leve, sabor e aroma mais suave, além de reduzir as concentrações de extrato de malte (VENTURINI FILHO, 2010). Entretanto, quando utilizado em excesso, é capaz de desencadear alguns problemas, tais como a criação de um mosto com baixo teor de nitrogênio, prejudicando o metabolismo da levedura, elevando a viscosidade, retardando a filtração e causando a sensação de cerveja “aguada” e com baixa qualidade de espuma (BRADEE, 1977).

2.3.6 Fermento

A etapa fermentativa da cerveja é realizada normalmente por dois tipos de leveduras, as de alta fermentação (*Saccharomyces cerevisiae*, do tipo Ale), onde o ideal para fermentar é a temperaturas mais altas entre 18 a 22 °C; e as de baixa fermentação (*Saccharomyces uvarum*, anteriormente denominada *carlsbergensis*, do tipo Lager) são mais calmas e a temperatura ideal para fermentarem é entre 08 a 12 °C (Stewart & Russel, 1996).

As leveduras possuem a habilidade de metabolizar eficientemente os constituintes do mosto que é um caldo resultante da mistura fervida de malte e água, rico em açúcares fermentáveis. Elas possuem atividade em temperaturas mais baixas e produzem menor quantidade de subprodutos, resultando em cervejas menos complexas de aromas e sabores (HARDWICK, 1995).

A cepa da levedura utilizada, a temperatura de fermentação, o tipo e a quantidade de adjunto adicionado, o pH do mosto e os compostos voláteis formados na fermentação contribuem para a formação de compostos da bebida. Entre os compostos voláteis destacamos ácidos orgânicos, álcoois superiores, ésteres, carbonilas, compostos sulfúricos, aminas e fenois (Stewart & Russel, 1996; Hughes & Baxter, 2001).

A quantidade e o tipo de cada malte utilizado (Tabela 3), o manejo da malteação; a rampa enzimática e pH na mosturação; a variedade, a quantidade e o tempo de de fervura com lúpulo; o método de resfriamento; a fermentação (tipo de fermento, temperatura, tempo); tem ação no tipo e na qualidade da cerveja (Gerhauser, 2005).

Tabela 3. Características que distinguem os diferentes tipos de levedura empregadas no processo

Tipo de levedura	Características
Levedura do tipo "Ale" Levedura de fermentação alta; "Top fermenting"; <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	No final da fermentação as leveduras ascendem ao topo das cubas de fermentação, devido às características hidrofóbicas da sua membrana celular; Fermentação a temperaturas mais elevadas (18-24 °C); Não utiliza o dissacarídeo melibiose; Podem crescer a 37 °C; Processo de fermentação mais rápido

Levedura do tipo "Lager" Levedura de fermentação baixa;	No final da fermentação as leveduras sedimentam no fundo das cubas de fermentação, devido às características hidrofílicas da sua membrana celular;
"Bottom fermenting"; <i>Saccharomyces uvarum</i> ;	Fermentação a temperaturas mais baixas (8-14 °C);
<i>Saccharomyces carlsbergensis</i> ;	Utiliza o dissacarídeo melibiose, uma vez que possui o gene que produz a enzima extracelular α -galactosidase;
<i>Saccharomyces pastorianus</i> .	Não apresenta crescimento a temperaturas superiores a 34 °C;
	Processo de fermentação mais lento.
As Lambics de fermentação espontânea, com leveduras selvagens	São as cervejas mais antigas, Aromas e sabores muito diferenciados Opção com frutas. Framboesa, pêssego, cereja.

(a principal é a *Brettanomyces*)

Fonte: ABMIC – Associação Brasileira das Microcervejarias.

O microrganismo a ser empregado no processo de fermentação deve ter propriedades tais como: habilidade de fermentar carboidratos com alto desempenho, alta velocidade de fermentação, osmotolerância, tolerância ao etanol, resistência a meios ácidos, capacidade de ser reutilizado, assim como são encontradas a *Saccharomyces cerevisiae*, que é a levedura envolvida em quase todas as fermentações industriais (ALENCAR et al., 2009).

2.4 Elaboraões de cervejas tradicionais e especiais

2.4.1 Processo cervejeiro tradicional

A elaboração de cervejas passa por várias etapas e estas podem ser realizadas de diferentes maneiras. É necessário um conhecimento tecnológico de cada uma, pois, na sequência, o processo exige cuidados para evitar problemas nos resultados. Conferir características específicas ao estilo a ser fabricado, corrigir possíveis limitações da matéria-prima, manejar de acordo com o planejamento específico de cada brassagem, evitar aromas e sabores indesejados no produto_final, etc. Todas as etapas do processo e seu impacto num processo de fabricação de cervejas são observados a seguir.

2.4.2 Moagem

O grão do malte deve ser quebrado de maneira que exponha o amido e permita a entrada de água, com vistas a acontecer a gelatinização e ocorrer assim, a ação das enzimas amilolíticas durante a brassagem. É preciso também se evitar moerem as cascas para a fim de auxiliar na filtragem/clarificação do mosto. A moagem deve apenas quebrar o grão, pois partículas muito pequenas ficarão suspensas prejudicando a clarificação e resultando em baixo rendimento (ASANTE, 2008).

2.4.3 Mosturação

É a etapa mais determinante da fabricação do mosto cervejeiro, envolve a adição de água ao grão moído, obedecendo a uma rampa enzimática. O pH e a temperatura das enzimas amilolítica são mais importantes para o malte hidrolisar. A α -amilase e a β -amilase, apresentam uma temperatura ideal, qual seja, a de 68-70 °C e de 60-62 °C para a primeira e a segunda, respectivamente. Por sua vez, o pH ideal é de 5,6-5,8 e 5,4-5,5 para a α -amilase e β -amilase, Por intermédio da temperatura, agita-se o mosto levemente, com a finalidade de extrair os componentes do malte e a degradação enzimática do amido em açúcares fermentáveis, a solubilização dos componentes físicos e químicos da solução (Krottenhaler et al., 2009; KUNZE, 2010).

A rampa enzimática é feita com aumentos de temperatura, alternados por intervalos de repouso, propiciando a cada enzima tempo para atuar na sua faixa de temperatura ótima. Em contrapartida, ao se tratar de pH, basta o valor estar compreendido fora da faixa ideal de atuação da enzima para iniciar a sua desnaturação, diferentemente do que ocorre com a influência da temperatura (KUNZE; WAINWRIGHT, 1996; BRIGGS et al., 2004).

Há variações no estilo de cerveja desejado conforme a temperatura ideal de cada enzima, em razão de existirem diversas enzimas no malte, com diferentes funções e em temperaturas distintas. Além das enzimas amilolíticas, existem aquelas que atuam sobre os lipídeos, importantes para as características sensoriais específicas da cerveja, tais como as endo- β -

glucanases e α -glucanases, as quais participam da quebra de paredes celulares, as endopeptidases e carboxipeptidases, envolvidas nas reações proteicas (BAMFORTH, 2009).

Na etapa de mosturação ocorre a degradação de β -glucanos, os quais aumentam a viscosidade e podem causar problemas de filtração. Trata-se de proteínas cujos produtos de degradação proteica de baixo peso molecular, que contribuem para a nutrição da levedura, os produtos de alto peso molecular favorecem a turbidez, a estabilidade de espuma e corpo. Além desses, destacam-se os ácidos graxos que, mesmo em pequenas quantidades, quando insaturados, constituem um risco para a estabilidade de sabor devido à oxidação. Soma-se à degradação, importante nessa etapa, a dissolução de certos compostos, tais como os polifenóis, advindos da casca e do endosperma do grão e responsáveis pela proteção da oxidação e pelo aumento da atividade antioxidante (BAMFORTH, 2009).

A densidade do mosto poderá ser medida conforme o extrato, ou seja, considerando todos os componentes solúveis em água, já presentes nas matérias-primas ou formados durante a mosturação. (ANNEMÜLLER; MANGER, 2013). Esses elementos incluem açúcares, dextrinas, substâncias inorgânicas, proteínas e outras (KUNZE, 2010). O teor alcoólico é um parâmetro estimado mediante o conhecimento do extrato das matérias-primas.

O pH e a temperatura das enzimas amilolíticas mais importantes do malte — a α -amilase e a β -amilase — apresentam uma temperatura ideal, qual seja, a de 68-70 °C e de 60-62 °C para a primeira e a segunda, respectivamente. Por sua vez, o pH ótimo é de 5,6-5,8 e 5,4-5,5 para a α -amilase e β -amilase, (KUNZE, 2010).

2.4.4 Filtração e clarificação

No fim da mosturação, realiza-se a filtração, que irá separar as partes solúveis das insolúveis (bagaço, massa resultante da aglutinação da casca com os resíduos do processo), a fim de logo após proceder-se à fervura. O mosto é em seguida transferido para um tanque de fundo falso, tipo peneira, onde a cama de cascas do malte forma um elemento filtrante (etapa de filtração, também denominada clarificação). Só então o mosto é recirculado no

tanque até ficar límpido. Posteriormente é feita a lavagem dessas cascas por passagem de água aquecida a 75 °C, nas próprias peneiras de coleta, visando à retirada do máximo de açúcar e objetivando se obter o maior extrato (RUSSEL; STEWART,1995; KUNZE, 2010).

2.4.5 Fervura

É nessa etapa que ocorre a estabilização do mosto em razão das altas temperaturas seguidas, a qual reduz a carga microbiana e esterilização. Durante essa etapa, o lúpulo é adicionado e ácidos insolúveis são extraídos e convertidos em ISO-alfa-ácidos, com solubilidade maior, sendo que a reação é acelerada com o aumento de temperatura. A isomerização é relativamente rápida e produz cerca de 90 % do amargor do mosto, nos primeiros 30 minutos de fervura. Normalmente, a máxima isomerização ocorre de 60 a 70 minutos de fervura (ASANTE, 2008).

Na fervura, temos a inativação das enzimas utilizadas da mosturação e o descarte de proteínas que podem afetar a estabilidade da espuma. As substâncias geradoras de aroma principais são aldeídos formados pelos aminoácidos. No resfriamento continua a evaporação, cuja finalidade é remover substâncias voláteis indesejáveis, como o mirceno do lúpulo, as carbonilas, e também as substâncias sulfúricas, tais qual o dimetil sulfeto (DMS) (KROTTENHALER et al., 2009).

Compostos voláteis indesejados são liberados durante a evaporação do mosto, destacadamente o dimetil sulfeto (DMS), que confere sabor e aroma de milho em conserva. A intensidade da cor aumenta durante a fervura, devido às reações entre compostos amínicos e carbonílicos (reações de Maillard), à caramelização de açúcares e oxidação de polifenóis (O'ROURKE, 2002). Após a filtragem, separam-se os detritos sólidos do mosto (os de lúpulo, proteínas coaguladas e outras impurezas do malte) denominados '*trüb*'. Os principais efeitos delineados por Hough (1985) durante a fervura dessa substância são:

- esterilização do mosto
- estancamento da ação enzimática;

- isomerização das substâncias amargas;
- retirada de voláteis indesejados;
- definição da intensidade da cor;
- diminuição de pH;
- redução de nitrogênio;
- extração e precipitação de taninos;
- produção de componentes redutores.

2.4.6 Clarificação e resfriamento do mosto

Os precipitados provenientes da reação de proteínas e taninos coagulados com polifenóis, insolúveis do lúpulo e resíduos insolúveis da fervura em geral, precipitam como flocos e são chamados de “*trüb*.” Estes precisam ser removidos ainda quentes juntamente com os detritos de líquido que ficou suspenso com lúpulo, para garantir o sabor e a estabilidade coloidal da cerveja. Quando não separado, o *trüb* pode prejudicar a fermentação.

As cervejarias utilizam um tanque para “*whirlpool*”, que pode ser o próprio tanque de fervura com uma entrada tangencial, onde o mosto entra em alta velocidade. O movimento giratório acelera as partículas de “*trüb*” para o centro desse local, formando um cone de “*trüb*”. O mosto é então, bombeado para fora do tanque, em pontos estratégicos, de forma a não perturbar o cone (ASANTE, 2008).

Após essa etapa procede-se o resfriamento objetivando baixar a temperatura do mosto fervido até os níveis de fermentação, conforme o tipo de cerveja e levedura escolhida, geralmente entre 15 e 22 °C quando se trata de Ales, e entre 8 e 12 °C para as Lagers. O resfriamento deve ser rápido, dificultando a contaminação e as possíveis reações químicas e minimizando a probabilidade de crescimento de quaisquer microrganismos. Os trocadores de temperatura são os de placa compactos, eficientes e de fácil manejo. Por serem fechados, é mais difícil sua contaminação, mas sua limpeza e esterilização são simples (BRIGGS et al., 2004).

A adição de oxigênio ao mosto deve ser feita antes de colocar a levedura, pois esta necessita de oxigênio para replicar-se e sintetizar suas paredes celulares, portanto, mostos pouco aerados resultarão em baixa

multiplicação da levedura e fermentações lentas. Não é necessária nova aeração, uma vez que condições anaeróbias precisam ser estabelecidas e são necessárias a fim de prevenir reações de oxidação as quais prejudicam o produto final (LEWIS; YOUNG, 1995; BRIGGS et al., 2004).

2.4.7 Fermentação

É realizada em fermentador fechado, de aço inox ou polipropileno, que recebe o mosto resfriado de 18 °C a 24 °C, no caso das Ales. O fermento preparado com uma concentração de células de 10^6 a 10^8 ml, equivalente a 77 g de levedura (matéria seca) em 100 L de mosto, é adicionado inicialmente nas dornas abertas e esse mosto é então transferido para a dorna fechada, com serpentinas, para resfriamento. Durante a fermentação, ocorre a utilização do açúcar pelas leveduras e a produção de CO_2 e álcool (STEWART, 2000).

A avaliação da fermentação pode ser feita pela medida dos sólidos em solução, (°Brix). Dependendo da quantidade de sólidos no início, traduzidos pelos açúcares fermentescíveis, tem-se uma quantidade maior ou menor de álcool na fase final da fermentação. No final da fermentação (4 a 7 dias), a temperatura passa para 2°C; as leveduras floculam e decantam e podem ser recuperadas. O CO_2 se mantém solubilizado dentro da cerveja porque está frio; o mosto vai sendo manuseado e ele vai se desprendendo (ESSLINGER, 2009).

2.4.8 Maturação

Após ocorrer a fermentação principal, a cerveja “verde”, que ainda possui uma suspensão de leveduras e uma parte de material fermentescível, passa por uma fermentação secundária, a maturação. Na verdade, é um repouso prolongado a temperaturas baixas de 0 °C a 2 °C, o qual contribui para a clarificação da cerveja e melhoria do sabor. Há também precipitação de leveduras e proteínas, e os ésteres formados, como o acetato de etila e o acetato de amila, acabam por caracterizar a cerveja "madura". As células restantes vão ao fundo, o amargor do lúpulo se atenua e o sabor da cerveja se estabelece (MARTINEZ, 2004; LIMA; FILHO, 2011).

A levedura desempenha um importante papel nessa fase, uma vez que a cerveja recém-fermentada contém altos níveis de compostos com sabores indesejados, como diacetil e acetaldeído. Portanto, um período de maturação a temperaturas mais altas (6 a 8 °C) permite que a levedura, ainda em suspensão e não retirada após a fermentação, quebre tais compostos. Além disso, a levedura consome possíveis resquícios de oxigênio e confere sabores mais refinados devido a uma segunda fermentação mais lenta. Na etapa da maturação as temperaturas mais baixas (0 – 2 °C) favorecem a precipitação de componentes proteicos e polifenóis, causadores de turbidez, promovendo a clarificação da cerveja, em razão da sedimentação de leveduras e de outros compostos suspensos (DEECOM; ASSOCIATES, 2015).

2.4.9 Envase

A última fase da produção da cerveja consiste no seu acondicionamento em recipientes apropriados. No seu decorrer, é necessário minimizar o contato da cerveja com o oxigênio, ferro e cobre, com o objetivo de assegurar que a bebida conserve as suas qualidades de limpidez, gosto e aroma por um longo período (Lindemann, 2009).

Do ponto de vista nutricional, a cerveja é uma bebida moderada em álcool, com quantidades equilibradas de hidratos de carbono, proteínas, fibras, vitaminas do complexo B e sais minerais essenciais. Além de possuir baixas quantidades de sal e gordura, contém ainda ingredientes minoritários, como é o caso de alguns antioxidantes que contribuem na prevenção de determinadas doenças degenerativas. Se bebida com moderação, a cerveja tem, pois, uma importante contribuição na dieta alimentar (GERHÄUSER, C. 2005).

CAPÍTULO 1 – Cerveja artesanal com butiá: desenvolvimento de produto

Resumo: O crescente mercado de cervejas especiais e artesanais, com uso progressivo dos adjuntos amiláceos, frutas, erva, xaropes e especiarias, expressam uma tendência na diversidade de estilos. Nesse contexto, buscou-se desenvolver cerveja artesanal com butiá (*Butia odorata*), avaliando-se a qualidade físico - química e sensorial. A formulação básica partiu de malte de cevada, lúpulo e levedura. O mosto foi submetido às etapas de brasagem, filtragem, fervura, resfriamento e clarificação, seguindo-se com a inoculação de levedura. Como tratamentos, além do controle que consistiu da produção de cerveja clássica (T1), testaram-se duas formulações adicionais (T2 e T3), com polpa de butiá. A polpa de fruta foi adicionada na fervura aos 50 minutos. A fermentação transcorreu a 20 °C durante 7 dias. As cervejas foram maturadas à temperatura de 2 °C por 8 dias, e, posteriormente, engarrafadas. A diferença das formulações T2 e T3 é que, na T3, no momento de engarrafar, foi adicionado açúcar para atingir 10 °Brix, e, em seguida, a cerveja foi engarrafada e pasteurizada. Terminado o processo de elaboração, as cervejas foram analisadas química e sensorialmente. Concluiu-se que existe a possibilidade de sucesso no uso do butiá para a fabricação de cervejas, atendendo à demanda por novos produtos da biodiversidade ligada à valoração sustentável dos biomas.

Palavras-chave: adjunto; *Butia odorata*; estilo de cervejas; frutas; maltose; xarope

1 INTRODUÇÃO

A produção e o consumo de cervejas no mundo estão em momento crescente, pois é a bebida alcoólica mais consumida no mundo (AMIENYO; AZAPAGIC, 2016). No Brasil, ainda existe um distanciamento significativo entre a produção e consumo, a produção caseira atrai consumidores de cervejas industriais e artesanais (SEBRAE, 2014). Paralelamente a isso, há o

crescimento notável de consumidores com exigências em termos de qualidade sensorial e que buscam um produto diferenciado, com sabores e aromas de ervas e frutos, ainda que com preços mais caros (CERVBRASIL, 2015). Nessa nova tendência, é possível se encontrar numerosos estilos de cervejas, com uso dos ingredientes básicos, aditivos e especiarias, em especial do tipo Ale, com sabores, aromas e colorações distintas (AMBROSI; CARDOZO; TESSARO, 2014; PIRES; BRANYIK, 2015).

As cervejas são classificadas, basicamente nos tipos 'Lager' (baixa fermentação) e 'Ale' (alta fermentação). As do tipo 'Lager' são fermentadas à temperatura média de 8 °C a 12 °C, enquanto a cerveja do tipo 'Ale' são fermentadas à temperatura média de 18 °C a 24 °C. Quanto aos métodos de produção, pouco mudou em séculos, apesar das melhorias tecnológicas e ingredientes diversificados de fácil de aquisição. (AMBROSI; CARDOZO; TESSARO, 2014; PIRES; BRANYIK, 2015).

As cervejas 'Lager', são elaboradas com cepas de *Saccharomyces calshbergensis* e são mais consumidas mundialmente, enquanto as 'Ale', são elaboradas com cepas de *Saccharomyces cerevisiae*, são muito populares e as mais elaboradas pelos cervejeiros artesanais (ARAÚJO; SILVA; MINIM, 2003).

As micro cervejarias criam e atendem demandas do mercado consumidor de cervejas diferenciadas como menor porcentagem de adjuntos ou sem adjuntos, mais lupuladas, aromáticas e com sabores mais fortes, intensos e característicos de cada estilo, na busca de consumidores que paguem por esses atributos. Mesmo assim, as cervejas com destaque ainda seguem o senso comum, ou seja, expressam as composições básicas (variantes do malte e tipificação do lúpulo) (STRONG; ENGLAND, 2015).

Na literatura existem poucos trabalhos científicos sobre a adição de frutas e suas repercussões sensoriais na cerveja, principalmente quando se tratam de frutas de biomas brasileiros (AMBROSI; CARDOZO; TESSARO, 2014). Apesar do mercado brasileiro apresentar uma gama de cervejas com frutas como laranja, acerola, morango, maracujá, entre outros, o conhecimento gerado fica restrito às cervejarias, não havendo estudos publicados sobre impactos sensoriais e de aceitação de mercado. Além disso, a valorização de espécies dos biomas nacionais ainda é tímida, pela de investimento no desenvolvimento de produtos (ARRUDA et al., 2013).

Entre as frutas com amplo potencial de uso, está o butiá. O butiá é um gênero de palmeiras (Arecaceae) autóctone da América do Sul com grande potencial de geração de renda (ROSA et al., 1998; FACHINELLO et al., 2003; HOFFMANN et al., 2014; HOFFMANN et al., 2016). Além de apreciado para consumo in natura, também é utilizado no preparo de polpas, fermentados, licores, geleias e sorvetes (FARIA et al., 2008; CRUXEN et al., 2017). Segundo Hoffmann et al. (2014) vários acessos apresentam características de qualidade agrônômica e com elevado potencial bioativo (BESKOW et al., 2015).

A legislação brasileira permite o uso de sucos e extratos de frutas em cerveja, conforme o Decreto Nº 6.871, de 4 de junho de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009). As cervejas com frutas começam a se tornar uma realidade no mercado cervejeiro brasileiro e, de acordo com Beer Judge Certification Program (BJCP, 2008), assim como todas as cervejas especiais, aquelas que contêm frutas devem buscar harmonia entre a cerveja base e as características da fruta. A fruta deve adicionar uma complexidade discreta para a cerveja, conservando o equilíbrio na apresentação final. Alguma acidez pode estar presente se ocorrer naturalmente nas frutas utilizadas, mas não deve ser inapropriadamente excessiva (STRONG; ENGLAND, 2015).

O aumento da demanda por cervejas artesanais processadas com frutas pode despertar o interesse dos apreciadores, aproveitando o potencial agro-sócio-econômico de espécies, ao agregar valor aos produtos gerados, além de estimular o desenvolvimento de pesquisas para a valoração de espécies autóctones, como é o caso do butiá no sul da América do Sul (ROSA et al., 1998). Para isso, se desenvolveu cerveja com butiá, e avaliou-se a qualidade físico - química e sensorial do produto final.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Para a elaboração das cervejas, utilizou-se malte de cevada *pilsener* de origem Argentina, lúpulo *Target* com 10,2 % de ácido alfa e levedura S04 (*Saccharomyces cerevisiae*), adquiridos nos comércios especializados, além da

polpa de butiás coletados no bioma da região, e que já foram caracterizados por Hoffman et al. (2016). As formulações foram: T1- Cerveja clássica, com lúpulo; T2 com adição de butiá e T3 com adição de butiá + açúcar.

2.2 Elaborações das cervejas

No fluxograma apresentado na Figura 1, cada repetição nas formulações das cervejas, utilizou-se 4 kg de malte moídos em moinho de rolo, com adição de 12 litros de água (60 % / 20 L) à temperatura de 45 °C. Nesta etapa o pH estava em 5,5 e a mistura permaneceu por 15 minutos. Após a temperatura foi elevada para 55 °C, sob agitação constante por 15 minutos. Em seguida, aumentou-se a temperatura, 1 °C por minuto, até atingir 63 °C, mantendo-se por 30 minutos. Em seguida, aumentou-se a temperatura, 1 °C por minuto, sob agitação, até atingir 68 °C por mais 30 minutos. Logo, a temperatura foi aumentada para 75 °C, o material ficou em repouso por 10 minutos.

O mosto foi separado do bagaço do malte por meio de um “bag” filtrador, fez-se a lavagem com a água aquecida a 75°C para retirada do açúcar fermentescível, até completar 20 litros. Nessa etapa ferveu-se o mosto por 60 minutos, aos 10 minutos de fervura colocaram-se 3,5g de lúpulo em todas as formulações. Na formulação T1, aos 50 minutos de fervura adicionaram-se mais 3,5g de lúpulo; nas formulações T2 e T3 colocou-se 1,05 kg de polpa de butiá, também aos 50 minutos de fervura.

Após a fervura durante 60 minutos, fez-se a retirada do “trüb” (sólidos decantados) e a correção adicionando água fervida. Após iniciou-se o resfriamento.. Quando a temperatura atingiu 25 °C, adicionou-se 4 g de fermento. O fermentador foi vedado com válvula “air lock,” para manter o conteúdo em meio anaeróbico durante a fermentação, em seguida foi colocado em uma sala com temperatura controlada a 20 °C., Onde o material permaneceu por sete dias. Após esse período a temperatura foi reduzida para 2 °C, em que as cervejas ficam por 8 dias para maturação. Então, as cervejas T1 e T2 foram engarrafadas em garrafas de 300 ml e adicionadas de CO₂ até atingirem 2,5 kgf em cada garrafa. Para a formulação T3 foi adicionado açúcar até atingir 10 °Brix, e, em seguida, a cerveja foi pasteurizada a 62C^o por 15

min, logo foi resfriada em água na temperatura de 10C°. Após o processamento, as cervejas seguiram para o envelhecimento por mais 5 dias em temperatura ambiente e armazenadas sob refrigeração com temperatura de 6 °C.

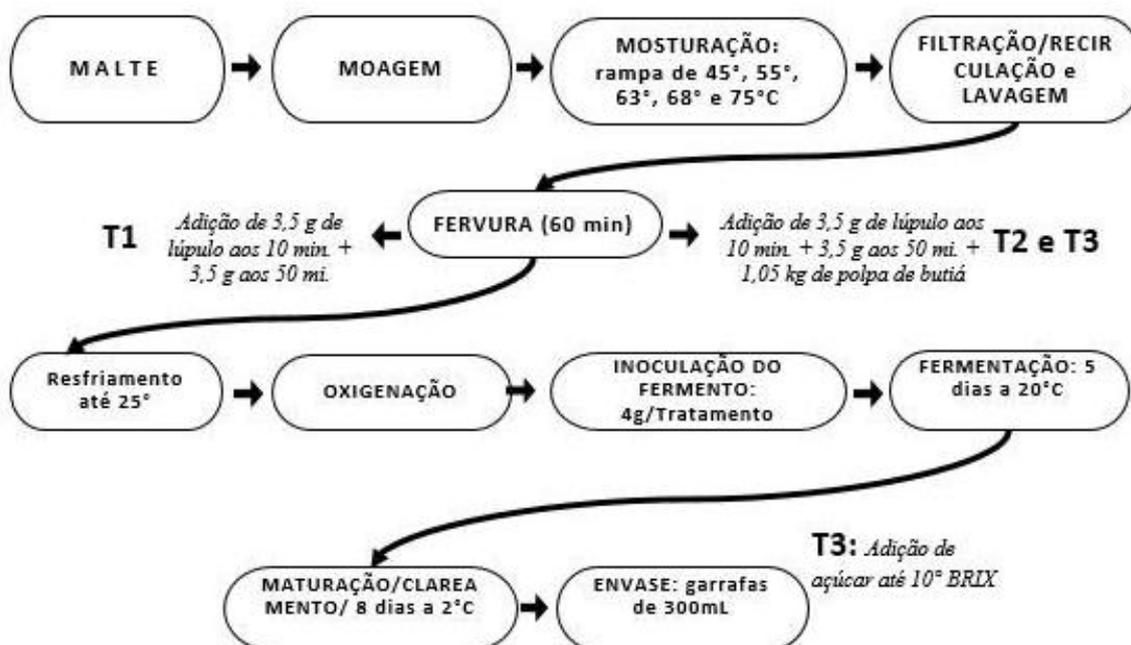


Figura 1. Fluxograma de produção das cervejas, com três formulações (T1, T2 e T3).

2.3 Análises enzimáticas

Para o acompanhamento do processo mosturação, analisaram-se as atividades enzimáticas da α e β amilase, monitorando-se a hidrólise do amido pelo teste da reação do iodo-amido. Os métodos empregados foram os clássicos, já otimizados e usados para cereais.

2.4 Caracterizações físico-químicas das cervejas

A avaliação química foi realizada mensurando-se a densidade, pH, acidez total, sólidos solúveis, teor alcoólico, açúcares redutores, sólidos totais, flavonoides e coloração. Os tratamentos e análises foram realizados em triplicata.

2.4.1 Densidade

Em uma proveta de 250 mL, transferiu-se uma amostra de 200 mL de cerveja, e a densidade foi medida através de densímetro, em que o resultado foi expresso no próprio equipamento (IAL, 2008).

2.4.2 Análise de pH

O pH das amostras foi determinado por leitura direta em pHmetro (IAL, 2008).

2.4.3 Acidez total

A acidez titulável foi determinada conforme as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Foram utilizados 10 mL da amostra, 100 mL de água destilada previamente neutralizada e 3 gotas de fenolftaleína como indicador, agitando-se em agitador magnético, após titulou-se com solução de hidróxido de sódio 0,1 N previamente fatorada até coloração rosa (IAL, 2008).

2.4.4 Sólidos Solúveis

O teor dos Sólidos Solúveis Totais (°Brix) das amostras foi determinado por leitura direta em refratômetro, conforme metodologia definida pela AOAC (2000).

2.4.5 Teor alcoólico

O teor alcoólico (IAL, 2005) foi determinado de acordo com os resultados da densidade, conforme a equação:

$$1^{\circ} \text{ ABV} = (\text{DO} - \text{DF}) \times 131$$

Teor alcoólico = (Densidade inicial - Densidade final) X coeficiente.

2.4.6 Açúcares redutores

Pipetou-se 1,0 mL da amostra em um tubo de ensaio e adicionou-se 1,0 mL do reagente DNS. Após foi agitado e aquecido em banho maria a 100 °C

(em ebulição) por 5 minutos. Resfriou-se o tubo em banho de gelo por 5 minutos. Adicionou-se 16 mL da solução de tartarato duplo de sódio e potássio. A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro a 540 nm, após zerar o aparelho com o branco. O branco consistiu em substituir o volume de amostra ou solução de glicose por água destilada (1,0 mL) e realizar o teste de DNS. A amostra deve ser diluída convenientemente de maneira que a sua concentração seja, no máximo $1,0 \text{ g.L}^{-1}$.

A partir da equação da reta, calculou-se a concentração de açúcar redutor na amostra. Foram considerados nos cálculos as diluições efetuadas na amostra, multiplicando o resultado por esse fator (IAL, 2008).

2.4.7 Sólidos totais

Para a determinação dos sólidos totais utilizou-se a técnica de desidratação, em triplicata (IAL, 2008). Os béqueres vazios foram pesados, e após adicionou-se 50 mL de amostra de cerveja foram pesados novamente colocadas em estufa a $105 \text{ }^{\circ}\text{C}$ até atingirem o peso constante. Após a desidratação as amostras foram pesadas novamente. Diminuiu-se o peso do béquer e comparou-se com o peso inicial da amostra, este foi demonstrado em porcentagem e após feita uma média aritmética com os resultados obtidos e assim encontrou-se um resultado único.

2.4.8 Flavonoides

O teor de flavonoides foi determinado de acordo com Zhishen et al. (1999). A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro (JENWAY 6705 UV-Vis), no comprimento de onda de 510 nm. A quantificação dos flavonoides totais foi realizada através da curva de calibração com padrão externo de catequina (0 a $150 \text{ } \mu\text{g mL}^{-1}$) e resultados foram expressos em mg catequina equivalente em 100 g^{-1} de polpa.

2.4.9 Análise de cor

Para a determinação da cor das amostras foi utilizado o método de colorimetria do sistema CIEL*a*b, em colorímetro com iluminantes D65 e

ângulo 10° previamente calibrado. Os parâmetros analisados foram: onde L^* define a luminosidade ($L^* = 0$ - preto e $L^* = 100$ - branco) e a^* e b^* são responsáveis pela cromaticidade ($+a^*$ vermelho e $-a^*$ verde; $+b^*$ amarelo e $-b^*$ azul). As análises foram realizadas em duplicata.

2.5 Avaliação Sensorial

Para a avaliação sensorial, o primeiro método de pesquisa exploratória usada nesse trabalho foi a Associação de Palavras, um método afetivo qualitativo, usado para identificar de maneira espontânea as primeiras palavras/sentimentos que vierem à mente do participante, quando recebe um estímulo relacionado ao produto que está sendo avaliado, *Figura 2*. Essa técnica favorece a tomada de decisão sobre quais estratégias adotar para obter resultados desejados, já que possibilita descobrir o que o consumidor pensa do produto (ARES; DELIZA, 2010; SILVA et al., 2014).

O segundo método usado para a caracterização do produto foi a análise descritiva quantitativa, com o método de ordenação, a fim de avaliar a preferência das amostras nos diferentes atributos, a intenção de compra dos consumidores em relação às cervejas também foi avaliada. A pesquisa foi realizada na Universidade Federal de Pelotas, no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos, entre os dias 09 de abril e 12 de maio de 2016.

A análise afetiva qualitativa usada para esse trabalho foi o teste de associação de palavras (SILVA et al., 2014) com modificações (utilização da ferramenta *Google docs*). A pesquisa sobre cerveja artesanal foi avaliada através de um formulário da ferramenta utilizada e divulgada por meio de e-mails e redes sociais durante trinta e quatro dias através do link do Goole Docs: (<http://goo.gl/forms/XLImSLjY8BVT5Tj03>). Além do gênero sexo, faixa etária e escolaridade foi solicitado aos participantes que escrevessem as quatro primeiras palavras, que viessem a mente e que expressassem pensamentos, emoções, lugares ou associações ao ler o título da pesquisa e visualizar a imagem (*Figura 2*). Participaram da pesquisa 137 pessoas e as respostas

foram agrupadas em classes e avaliadas estatisticamente por Análise de Componentes Principais.



Figura 2. Imagem de cerveja artesanal apresentada no teste sensorial.
Fonte: autores, 2016.

2.5.1 Análise Afetiva Quantitativa

2.5.1.1 Condições do teste

As avaliações sensoriais foram realizadas em laboratório de análise sensorial da Universidade Federal de Pelotas, em cabines individuais, utilizando-se iluminação branca para todos os atributos. As amostras de cerveja foram servidas em copos de vidro de 30 mL, em bandejas plásticas, à temperatura de 5 °C, codificados com números aleatórios de três dígitos, juntamente com um copo de água mineral, para os avaliadores limparem o palato entre as provas das amostras.

2.5.1.2 Recrutamento e pré-seleção dos avaliadores

Os avaliadores convidados eram compostos por estudantes e servidores da Universidade Federal de Pelotas. O recrutamento foi realizado por meio de abordagem explicativa com o objetivo de obter informações a respeito das

condições de saúde, da habilidade para quantificar usando escalas de intensidade, da disponibilidade de tempo, da familiaridade com termos descritivos e do interesse em participar do teste.

2.5.1.3 Teste de ordenação e intenção de compra

As amostras de cerveja artesanal foram preparadas conforme a metodologia descrita anteriormente. Foram elaboradas fichas de avaliação para aplicação durante a análise sensorial juntamente com o termo de consentimento livre esclarecido.

O método utilizado foi o de ordenação conforme a NBR 13170 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994) e intenção de compra na escala estruturada de 5 pontos que variou de compraria sempre (5) a nunca compraria (1). Participaram da análise sensorial 49 avaliadores.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização físico-química das cervejas

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados das análises físico-químicas das cervejas T1 = cerveja básica T2 = cerveja com adição de butiá e T3 = cerveja com adição de butiá adoçada.

Tabela 1. Resultados físico-químicos das amostras de cerveja artesanal

Variáveis	Formulações		
	T1	T2	T3
Densidade inicial (g.mL ⁻¹)	1,047 ^c	1,05	1,050 ^b
Densidade final (g.mL ⁻¹)	1,012 ^b	a	1,010 ^c
Acidez total (mEq.L ⁻¹)	29,05 ^c	1,01	33,91 ^a
		a	
		28,0	
		b	
pH	4,42 ^a	4,10	4,05 ^b
		b	
Sólidos solúveis (°Brix)	6,20 ^c	6,70	9,20 ^a
		b	
Teor alcoólico (mL.100mL ⁻¹)	4,60 ^b	5,00	5,20 ^a
		a	
Açúcares redutores em glicose (g.L ⁻¹)*	1,13 ^b	1,36	1,06 ^b
		a	

Sólidos totais (g.100mL ⁻¹)*		4,34 ^b	4,39 ^b	6,52 ^a
Flavonoides (mEq.L ⁻¹)		4,40 ^b	6,41 ^a	5,16 ^b
Cor*	L	33,62 ^b	34,6 ^a	34,76 ^a
	A	1,42 ^a	1,17 ^a	1,13 ^a
	B	-1,19 ^{ab}	0,67 ^b	-1,32 ^a

^{abc} Médias e desvio-padrão seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem significativamente de acordo com teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

* Aplicado o teste estatístico de experimentos inteiramente casualizados (DIC) e após o teste de Tukey no programa Assistat 7.7 beta.

Os resultados de densidade inicial apresentaram valor de 1,047; 1,050 e 1,052 g.Ml⁻¹ respectivamente. Resultados semelhantes foram relatados em estudo de Schiaveto (2015), Pinto et al. (2015) e Flores et al. (2015). Segundo Schiaveto (2015) a densidade inicial do mosto cervejeiro deve encontrar-se próxima a 1,050 g.mL⁻¹, reduzindo conforme processo de fermentação em 1,010 a 1,017 e apresenta a quantidade total de sólidos solúveis disponíveis para a fermentação, sendo para a densidade final (aparente) 1,012 a 1,017, muito próximos dos valores encontrados neste trabalho resultando em 1,010 a 1,014.

A acidez total refere-se aos ácidos orgânicos totais tituláveis na cerveja. A acidez volátil na cerveja se dá pelos ácidos voláteis formados durante a fermentação, como o ácido acético, fórmico. E a acidez fixa pode ser determinada pela diferença da acidez total e volátil.

O pH das três amostras dos tratamentos diferentes no processo de elaboração das cervejas variou de 4,05 a 4,42, no produto final, ou seja, todas as amostras são ácidas, portanto a adição do butirá manteve a cerveja com pH menor que 4,5 sendo de fundamental importância mantendo a cerveja livre de microrganismos patogênicos, principalmente o *Clostridium botulinum*, bactéria que causa botulismo, (HOFFMANN, 2001). O malte de cevada clássica possui pH entre 4 e 5 e o pH das cervejas tipo ale varia entre 3 e 6 (GLORIA; IZQUIERDO-PULIDO, 1999) encontraram valores médios variando entre 4,18 e 4,34 para os diferentes tipos de cervejas analisados. Essas diferenças de pH do produto final são consequências de fatores como pH da água empregada no

processo de elaboração da cerveja, tipo de lúpulo, adição de frutas, leveduras e condições de tempo e temperatura de mosturação (OETTERER et al., 2006).

Pode-se observar que a acidez total e teor de extrato seco, não aumentaram com adição do butiá na cerveja. Observado no estudo de Curi (2008), os valores encontrados para extrato seco, apresentaram-se similar a média, excetuando o T3 que foi completado 10 °Brix com açúcar ao engarrafar. Ao analisar os sólidos solúveis 3 dias após notou-se uma queda no °Brix de 10 para 9,2, isso indica que houve atuação das leveduras após adição e antes de pasteurizar. Além disso, os valores encontrados para sólidos solúveis e açúcares redutores indicam a sacarificação completa do amido e a verificação da ocorrência da fermentação, respectivamente (OETTERER, 2004). Ademais podemos observar que a inclusão da fruta não alterou significativamente ($p \leq 0,05$) o teor de álcool e constata-se que os compostos fenólicos da fruta migraram para a cerveja, podendo comprovar isso a partir da avaliação de flavonoides.

Quanto à análise colorimétrica, analisando visualmente, verifica-se que no T2 e T3 em que a fruta foi adicionada através de infusão no início da fermentação, houve significativa degradação da coloração, não diferenciando da amostra sem tratamento. Analisando os resultados obtidos no colorímetro, quanto aos valores de L (luminosidade), parâmetro a^* (coloração vermelha/verde) e parâmetro b^* (coloração amarela/azul), verificou-se que entre os tratamentos não houve influência da fruta.

3.2 Análise sensorial

3.2.1 Análise Afetiva Qualitativa

A pesquisa ficou disponível entre os dias 09 de abril e 12 de maio de 2016. A divulgação foi realizada em redes sociais através do link do Google Docs, totalizando 137 participantes. As palavras e expressões citadas na pesquisa de associação de palavras correspondem a oito classes, em razão da similaridade de palavras: aparência, confraternização, sensação, custo, propriedades, emoção, tipo e gosto/sabor conforme apresentado na Tabela 2.

A análise de componentes principais objetivou visualizar a relação entre

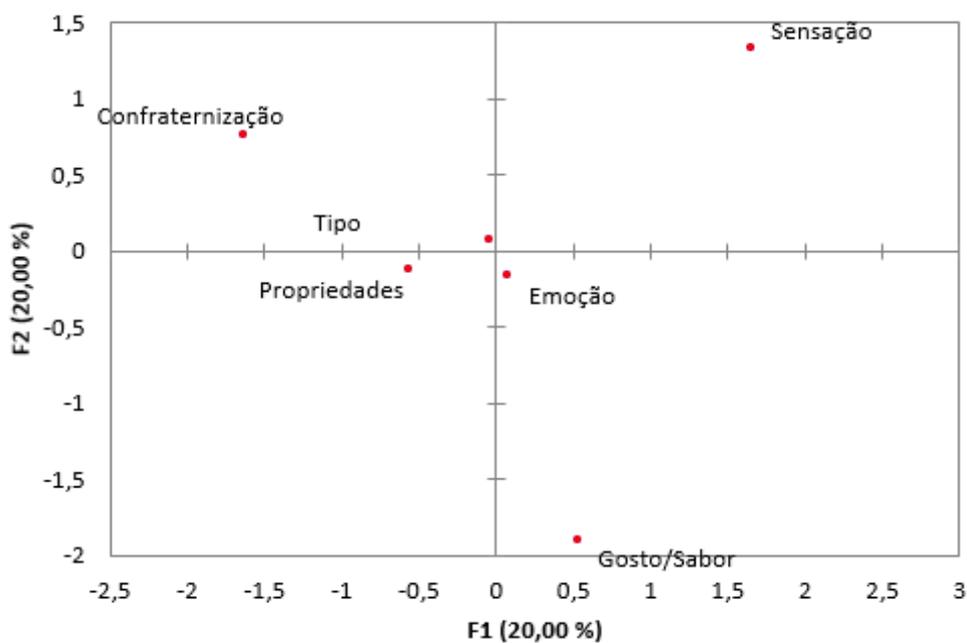
os produtos e associações. O percentual de fatores dos componentes foi de 40% e pode-se utilizar para descrever a tendência das palavras citadas no teste de associação de palavras. As classes: 'sensação' (Fator 1 - 0,542), 'confraternização' (Fator 1 - 0,537) gosto/sabor (Fator 2 - 0,718) e sensação (Fator 2 - 0,356) apresentaram correlação (Figura 3). Os consumidores que expressavam sensações, tinham como referência algum tipo de evento de integração familiar ou de amigos, como pode-se corroborar nas palavras descritas na Tabela 2. Da mesma forma evidenciou-se que a sensação causada pela imagem da cerveja gerou a expectativa de atributos como sabor/gosto.

Tabela 2. Frequência das palavras citadas em cada classe formada através do teste de Associação de Palavras da cerveja artesanal

Classes	Palavras	(%)
Aparência	Cor linda, bonito, qualidade, boa, brilhante, dourada, atrativa, sangue, cor ruim, atraente, creme, deusa, diferenciada.	10
Confraternização	Bar, brinde, amigos, diversão, verão comemoração, confraternização, festa, beber, happy hour, amizade, show, futebol, final semana, prosa, momentos, família, compartilhar, churrasco.	18
Sensação	Gelada, dias de frio, quente, arrepio, calor, gostosa, degustação, prazer, sede, descanso, verão, energia, experiência, relaxar, liberdade, lugares, sossegado, geladeira, natureza, perfeição, satisfação, harmonização, conforto, campo, refrescante, ressaca, praia, solidão, tranquilidade, vibrante, relaxante, tradição.	22
Custo	Caro, dinheiro, valor	1

Propriedades	Gourmet, cremosa, inovação, diferencial, espuma, grossa, amanteigada, borbulhante, álcool, fermentação, colarinho, malte, levedura, gás, espumada, intensidade, antioxidante, ciência, lúpulo, suave, textura, turva	13
Emoção	Desejo, aflição, vontade, felicidade, indiferença, prejudicial, vício, brega, amor, lembranças, história, satisfação.	6
Tipo	Vermelha, alternativa, encorpada, ale, red ale, trigo, sofisticação, pureza, especial, personalizada, novidade, IPA, alcoólica, artesanal, cevada, complexidade, exótica, madeira, originalidade.	10
Gosto/Sabor	Saboroso, doce, forte, gostosa, sabor amargo, aroma, ruim, boa, canela, frutas.	19

Figura 3. Gráfico da Análise de Componentes Principais das classes das palavras do teste de Associação de Palavras da cerveja artesanal.



3.2.2 Análise Afetiva Quantitativa

3.2.2.1 Teste de Ordenação e Intenção de Compra

Dos avaliadores participantes, 39% eram homens, 61% mulheres, sendo que 53% estavam na faixa etária acima de 22 anos. Conforme a Tabela 3 não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as formulações avaliadas nos atributos de cor, espuma, aroma, sabor e corpo, somente para turbidez a formulação T3 apresentou diferença das demais formulações, apresentando-se como mais turva. O teste de ordenação de preferência não mostrou diferença significativa entre as amostras de cervejas artesanais avaliadas.

Tabela 3. Resultados médios do teste de ordenação das cervejas artesanais

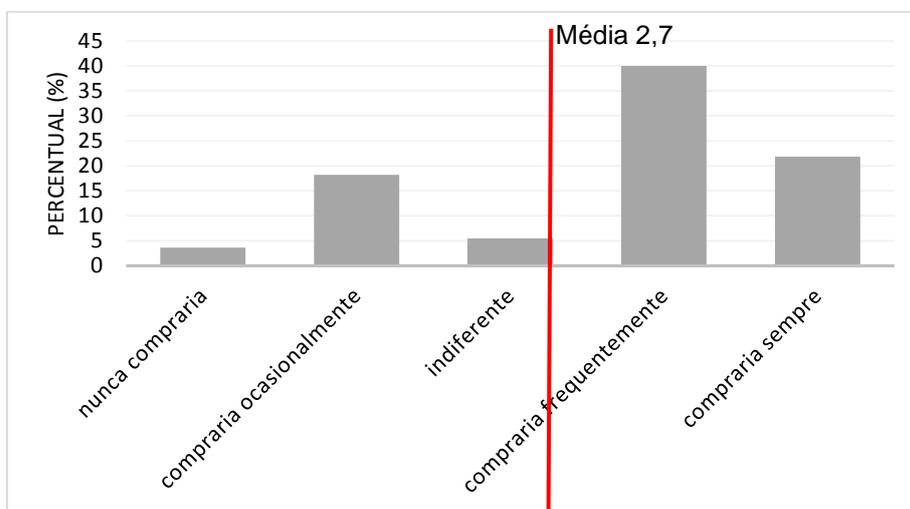
Formulação	Preferência	Cor	Espuma	Turbidez	Aroma	Sabor	Corpo
T1	2,1 ^{a*}	1,8 ^a	1,8 ^a	1,7 ^b	1,9 ^a	2,0 ^a	1,9 ^a
T2	2,0 ^a	1,9 ^a	2,0 ^a	2,0 ^b	2,0 ^a	2,0 ^a	1,9 ^a
T3	1,9 ^a	2,1 ^a	2,0 ^a	2,2 ^a	2,0 ^a	1,9 ^a	1,9 ^a

^{ab} Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de New Farlane ($p < 0,05$).

Quando comparado o atributo de cor da análise sensorial, a diferença não foi significativa entre amostras (Tabela 3), com os resultados obtidos na análise físico-química de cor (Tabela 1), percebe-se que ocorreu a mesma tendência, em que as amostras T2 e T3 apresentaram maiores valores.

Acidez, pH, teor de sólidos solúveis, açúcares redutores tiveram diferença significativa entre as amostras, no entanto, não foi percebido no atributo sabor, avaliado sensorialmente (Tabelas 3 e 1), assim como para a relação observada entre corpo (sensorial) e os ensaios de densidade e extrato seco (físico-química).

Figura 4. Frequência e média do teste de Intenção de compra das cervejas artesanais.



O índice de aceitabilidade foi de 73%, indicando que as cervejas artesanais apresentaram potencial mercadológico (GULARTE, 2009), mas não está correlacionado com a média das avaliações do teste sensorial de intenção de compra, correspondendo a média de 2,7, ou seja, próxima ao termo 'compraria ocasionalmente e indiferente' (Figura 4).

4 CONCLUSÕES

A adição da fruta de butiá alterou as características de acidez, extrato seco e teor alcoólico e ainda ocorreu o arraste de fenólicos às cervejas. Na análise colorimétrica a adição da fruta contribuiu positivamente nos tratamentos. Assim, a utilização de butiá na produção de cerveja contribuiu para a obtenção de produto com características diferenciadas, contribuindo com a diversificação da oferta de cervejas especiais.

Os consumidores que expressaram sensações na caracterização de cerveja artesanal, referiram a algum tipo de evento de integração familiar ou de amizades e também foi evidenciado que a imagem da cerveja proporcionou a expectativa de atributos como sabor/gosto.

Sensorialmente as cervejas artesanais foram preferidas e a intenção de compra foi de 73%, indicando potencial mercadológico.

REFERÊNCIAS

AMBROSI, A.; CARDOZO, N. S. M.; TESSARO, I. C. Membrane separation processes for the beer industry: A review and state of the art. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, n. 4, p. 921-936, 2014.

AMIENYO, D.; AZAPAGIC, A. Life cycle environmental impacts and costs of beer production and consumption in the UK. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 21, n. 4, p. 492-509, 2016.

ARES, G.; GIMÉNEZ, A.; GÁMBARO, A. Understanding consumers' perception of conventional and functional yogurts using word association and hard laddering. **Food Quality and Preference**, v. 19, n. 7, p. 636–643, 2008.

ARES, G.; DELIZA, R. Studying the influence of package shape and colour on consumer expectations of milk desserts using word association and conjoint analysis. **Food Quality and Preference**, v. 21, p. 930 – 937, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13170**: Teste de ordenação em análise sensorial. ABNT: Rio de Janeiro, 1994.

ARAÚJO, F. B.; SILVA, P. H. A.; MINIM, V. P. R. Perfil sensorial e composição físico-química de cervejas provenientes de dois segmentos do mercado brasileiro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 121-128, 2003.

ARRUDA, I. N. Q.; PEREIRA JUNIOR, V. A.; GOULART, G. A. S. Produção de cerveja com adição de polpa de murici (*Byrsonima ssp*). **Revista Eletrônica Interdisciplinar**, v. 2, p. 129-136, 2013.

BESKOW, G. T.; HOFFMANN, J. F.; TEIXEIRA, A. M.; FACHINELLO, J. C.; CHAVES, F. C.; ROMBALDI, C. V. Bioactive and yield potential of jellypalms (*Butia odorata* Barb. Rodr.). **Food Chemistry**, v. 172, p. 699-704, 2015.

BJCP. **Beer Judge Certification Program**. 2008. Disponível em: <http://www.bjcp.org/>. Acesso em: 08 ago. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto n. 6.871, de 4 de junho de 2009.

Regulamento da Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, 5 de junho de 2009. Seção 1, p. 20.

CARVALHO, L. G. **Dossiê Técnico - produção de cerveja**. 2009. Disponível em: <http://www.sbrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTc>. Acesso em: 07 ago. 2016.

CERVBRASIL. **Associação Brasileira da Indústria Cervejeira. Anuário 2015**. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/paginas/index.php>. Acesso em: 08 ago. 2016.

CURI, R. A. *et al.* Produção de cerveja utilizando cevada e maltose de milho como adjunto de malte: análises físico-química, sensorial e isotópica. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 11, n. 4, p. 279-287, 2008.

CRUXEN, C. E. S.; HOFFMANN, J. F.; ZANDONÁ, G. P.; FIORENTINI, A.M.; ROMBALDI, C. V.; CHAVES, F. C. Probiotic butiá (*Butia odorata*) ice cream: Development, characterization, stability of bioactive compounds, and viability of *Bifidobacterium lactis* during storage. **LWT- Food Science and Technology**, v. 75, p. 379–385, 2017.

DELLA LUCIA, S. M., *et al.* Expectativas geradas pela marca sobre a aceitabilidade de cerveja: estudo da interação entre características não sensoriais e o comportamento do consumidor. **Boletim do CEPPA**, v. 28, n. 1, p. 11-24, 2010.

FACHINELLO, J. C. *et al.* Integrated production of peaches: 3 years of experience in the area of Pelotas, Rio Grande do Sul state. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 256–258, 2003.

FARIA, J. P.; ALMEIDA, F.; SILVA, L. C. R.; VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Chemical characterization of pulp of *Butia capitata* var *capitata*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 827–829, 2008.

GULARTE, M. A. **Análise sensorial**. Pelotas: Editora Universitária da Universidade Federal de Pelotas, 2009. 66 p.

GLORIA, M. B. A.; IZQUIERDO-PULIDO, M. Levels and significance of biogenic amines in Brazilian beers. **Journal of Food Composition Analysis**, v.12, n. 2, p. 129-136, 1999.

GRABENWASSER. **Como estimar o teor alcoólico usando densímetro**. Disponível em: <http://www.grabenwasser.com.br/como-fazer-cerveja/apendice/como-estimar-o-teor-alcoolico-usandodensimetro>. Acesso em: 27 mai. 2016.

HARDWICK, W. A. **Handbook of brewing**. New York: Marcel Dekker, 1995. 714p.

HOFFMANN, J. F. **Potencial funcional e tecnológico de *Butia odorata***. 2014. 60f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2014.

HOFFMANN, J. F.; BARBIERI, R. L.; ROMBALDI, C. V.; CHAVES, F. C. *Butia* spp. (Arecaceae): An overview. **Scientia Horticulturae**, v. 179, p. 122 -131, 1994.

HOFFMANN, F. L. **Higiene: Fatores limitantes a proliferação em microrganismos**. Brasil alimentos, São Paulo, Signus Editora Ltda n. 9, 2001.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos v.1**. São Paulo: IMESP, 4. ed., 2008. 183 p.

LORENZI, H.; NOBLICK L. R.; KAHN, F.; FERREIRA, E. **Flora brasileira – Arecaceae (palmeiras)**. Nova Odessa: Plantarum, 2010. 384 p.

MATOS, D. A.; SANTOS, I. J.; COIMBRA, J. S. R.; SILVA, P. H. A - Fécula de batata como adjunto de malte na fabricação de cerveja. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 23, n. 1 p. 161-172, 2005.

NOBLICK, L. R. Validation of the name *Butia odorata*. **Palms**, v. 55, n. 1, p. 48-49, 2011.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Barueri, Manole, 2006, 632 p.

OETTERER, M. **Tecnologia de obtenção da cerveja**. Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, USP. 2004.

REINOLD, M. R. **Manual Prático de Cervejaria**. 1.ed. São Paulo: Aden, 1997.

ROSA, L.; CASTELLANI, T. T.; REIS, A. Biologia reprodutiva de *Butia capitata (Martius) Beccari var. odorata (Palmae)* na restinga do município de Laguna, SC. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 21, n. 3, p.281-287, 1998.

SCHIAVETO, P. **Parâmetros: Densidade**. Disponível em: <http://cervejeiro.com/cerveja/estilosbjcp/resumo-tecnico-dos-estilos-bjcp/>. Acesso em: 08 set. 2015.

SEBRAE. **Potencial de Consumo de Cervejas no Brasil**. 2014. Disponível em: http://www.sebrae2014.com.br/Sebrae/Sebrae%202014/Estudos%20e%20Pesquisas/2014_07_08_RT_Agroneg%C3%B3cio_Potencial_de_consumo_de_cervejas_no_Brasil.pdf. Acesso em: 24 mai. 2016.

SILVA, V. M.; MINIM, V. P. R.; FERREIRA, M. A. M.; SOUZA, P. H. P.; MORAES, L. E. S.; MINIM, L. A. Study of the perception of consumers in relation to different ice cream concepts. **Food Quality and Preference**, v. 36, p.161–168, 2014.

STRONG, G.; ENGLAND, K. **Beer Judge Certification Program: 2015 style guidelines**, 2015. Disponível em: http://www.bjcp.org/docs/2015_Guidelines_Beer.pdf. Acesso em: 10 ago. 2016.

ZHISHEN J.; MENGCHENG T.; JIANMING W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, v. 64, p. 555–559, 1999.

CAPÍTULO 2 – A adição de farelo de arroz desengordurado ao arroz maltado melhora a qualidade cerveja de arroz

Resumo: Cervejas artesanais e cervejas destinadas a consumidores com necessidades específicas de saúde, como doenças celíacas são mercados atraentes. O arroz é uma alternativa à cevada na produção de cerveja, entretanto, a qualidade do malte de arroz, teor de nitrogênio da cerveja de arroz e aceitabilidade sensorial ainda necessitam de melhorias. A capacidade do ácido giberélico (GA3) para melhorar a qualidade do malte foi testado, assim como a capacidade do farelo de arroz desengordurado (FAD) para melhorar o conteúdo de nitrogênio e aceitabilidade sensorial da cerveja feita com arroz maltado com alto teor de amilose. Os resultados foram consistentes demonstrando que o GA3 favoreceu a atividade amilolítica e FAD incorporou nitrogênio, flavonóides, bem como γ -aminobutírico ácido (GABA), que é um composto funcional para a saúde humana. As principais vantagens sensoriais que o FAD proporcionou à cerveja de arroz foram relacionados a uma cor mais escura e uma cor de espuma melhorada, volume de espuma e percepção de estrutura encorpada.

Palavras-chave: ácido giberélico; cerveja sem glúten; estabilidade da espuma, turbidez da cerveja; γ -aminobutíricoácido.

1 INTRODUÇÃO

A cerveja é a bebida alcoólica mais consumida no mundo (AMIENYO; AZAPAGIC, 2016), e é tradicionalmente produzida tomando-se por base o malte de cevada, lúpulo, leveduras e água (AMBROSI; CARDOZO; TESSARO, 2014; PIRES; BRANYIK, 2015). Durante a história da fabricação da bebida, o trigo tem sido usado com sucesso para a maltagem, assim como outros grãos e fontes de amido, maltadas ou não, como arroz, milho, sorgo e aveia (DI GHIONNO et al., 2017).

Atualmente, as cervejas artesanais são um mercado atrativo para a indústria cervejeira, tal como as destinadas a consumidores com necessidades de saúde específicas, a exemplo da doença celíaca (MAYER et al., 2010; MAYER et al 2016; HAGER et al., 2014; CECCARONI et al., 2019). As cervejas de arroz fazem parte do mercado das artesanais com ou sem glúten (MAYER et al., 2018; CECCARONI et al., 2019).

O uso do arroz como fonte de amido no processo de produção da cerveja Pilsen é bem conhecido e comum em todo o mundo (SLEIMA et al., 2010). No entanto, cervejas feitas com 100% de malte de arroz são incomuns (MAYER et al., 2010; MAYER et al., 2016; CECCARONI et al., 2019). Em estudos anteriores, potenciais genótipos de arroz e melhorias no processo de maltagem foram relatados/referidos por um grupo de pesquisa italiano (MAYER et al., 2010; 2016; PERRETTI et al., 2013).

Uma cerveja de arroz com aroma e sabor similar à cerveja feita com base no tradicional malte de cevada foi obtida, mas a cor, e especialmente a estabilidade da espuma, foram apontadas como fatores que requerem melhorias. Os trabalhos anteriores sobre a qualidade da cerveja de arroz acrescentaram contribuições únicas para a melhoria da qualidade de 100% desse tipo de cerveja. Pretendendo aprimorar a sua qualidade e o seu aroma, Ceccaroni et al. (2019) produziram um malte caramelizado e escuro. Efetivamente, tal estratégia reforçou o sabor e a cor da cerveja.

No entanto, os seguintes desafios ainda precisam ser abordados: Como obter uma melhor qualidade do malte acelerando a biossíntese e a atividade da α - e β -amilase durante a etapa de maltagem? Como aperfeiçoar a sacarificação e aumentar o teor de nitrogênio da cerveja de arroz para obter maior aceitabilidade sensorial, especialmente em relação à capacidade de formação de espuma e estabilidade?

Uma alternativa favorável ao processo de germinação de sementes de arroz é o uso de ácido giberélico (GA3) (GEORG-KRAMER et al., 2000; OWUSU-MENSAH et al., 2011). Espera-se que a pulverização de uma solução de GA3 em sementes de arroz acelere a germinação, favorecendo a síntese e o acúmulo de ácido γ -aminobutírico na semente (GABA) (DEVI et al., 2014). Além disso, almeja-se que a adição de farelo de arroz desengordurado (FAD) ao malte de arroz melhore o nitrogênio, bem como o teor de GABA e fenólico da cerveja feita com arroz. Tal hipótese baseia-se no fato segundo o qual o farelo de arroz é uma fonte desses compostos (KONG et al., 2011). No entanto, é necessário usar FAD em vez de farelo de arroz integral durante o processo de fermentação, pois o teor de lipídios do farelo de arroz entre 12 a 20 % é muito alto (PESTANA et al., 2008).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

Sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) (IRGA 424, cultivar de grãos longos e finos com teor de amilose >25 % e temperatura de gelatinização de aproximadamente 69 °C foram utilizadas para produção de malte de arroz e FAD. As sementes apresentaram 12,7 % de umidade, 92,5 % germinadas, 90,5 % de vigor e peso de 26,47 g por 1000 sementes. O teor de proteína do arroz integral foi de 7,9 % em peso e o teor de cinzas foi de 0,7 % em peso seco. O FAD foi obtido da empresa IRGOVEL® e tinha a seguinte composição: 11,12 % de umidade, 16,39 % de proteína, 8,12 % de fibras brutas e 1% de lipídios residuais. O GA3 proveniente da Pró-Gibb (10 % ai, Abbott Laboratories, EUA). O lúpulo utilizado foi o Target®, do Reino Unido, com 9,2 % a 12,5 % de alfa-ácidos e as enzimas utilizadas foram Amylase AG (Sigma-Aldrich Co., EUA), Liquozyme Supra 2,2x (Sigma-Aldrich Co., EUA) e Alcalase® 2.4LFG (Sigma-Aldrich Co., EUA). A levedura foi *S. cerevisiae* Safebrew T-58® (cepa WB06, Fermentis, Cedex, França).

2.2. Processo de maltagem

O malte de arroz foi produzido de acordo com o método descrito por Mayer et al. (2016). No entanto, antes da maltagem, as sementes eram tratadas ou não tratadas com GA3 (controle). Os tratamentos de controle e GA3 foram realizados em triplicata. Cada repetição consistiu em 5 kg de sementes de arroz que foram higienizadas com hipoclorito de sódio (150 mg.L^{-1}) em pH 6,5, por 3 min, e depois enxaguadas com água destilada. Em seguida, as sementes sanitizadas foram aspergidas com solução de GA3 (50 mg.L^{-1} , pH 4,5) ou água destilada (tratamento controle).

Cinco horas depois, todas as unidades experimentais foram maceradas em um processo de 2/4/1/4/1, consistindo de: 2h de imersão, 4h de descanso, 1h de imersão, 4h de descanso e 1h de imersão. Durante este processo, as sementes foram mantidas em uma camada de 5 cm de altura. Após o último passo de imersão, as sementes foram deixadas para germinar a $28 \text{ }^\circ\text{C}$ por 72 h. As sementes foram então secas em forno a uma temperatura de $60 \text{ }^\circ\text{C}$ até atingir o teor de umidade de 6,0 %. A atividade amilolítica foi monitorada usando o procedimento descrito por Mayer et al. (2016). Dados os resultados superiores do tratamento com GA3, apenas o arroz maltado após este tratamento foi utilizado para produzir cerveja de arroz.

2.3. Cerveja

2.3.1. Produção de mosto

O malte de sementes tratadas com GA3 foi moído usando um moinho de rolos ("Monster 1.5", Monster Mills, Fayetteville, Geórgia, EUA). Duas formulações foram testadas: (1) cerveja produzida com puro malte de arroz (cerveja MA) e (2) cerveja produzida com malte de arroz (MA) e farelo de arroz desengordurado (FAD), sendo os tratamentos realizados em triplicata. Para a cerveja de puro malte de arroz, 12 litros de água (pH 5,5, ajustado com ácido láctico) contendo CaCl_2 (220 mg.L^{-1}) a $45 \text{ }^\circ\text{C}$, foram adicionados aos 5 kg de malte de arroz. Alcalase® 2.4 LFG (20 mL) foi então adicionada à mistura.

Após 10 min, a temperatura foi aumentada para 55 °C durante 10 minutos antes de ser novamente aumentada para 65 °C.

O material foi deixado em repouso por 30 minutos, permitindo que os sólidos se separassem do líquido. A fração sólida foi aquecida a 90 °C durante 60 min, a temperatura foi então reduzida para 65 °C, a fração líquida foi adicionada e o material foi deixado em repouso durante 12 horas. A sacarificação foi monitorada com iodeto de potássio a cada 10 minutos. Para a etapa seguinte, a temperatura foi aumentada para 80 °C por 10 minutos, enquanto a fração líquida foi recirculada três vezes sobre a fração sólida. O material sólido foi então lavado até se recolherem 20 litros. O mosto resultante foi fervido e adicionou-se 15 g de pellets de lúpulo. O mosto foi deixado em repouso por 15 minutos antes do tratamento com hidromassagem.

Para o tratamento com MA + FAD, o FAD foi adicionado na proporção 1: 1.5 (FAD: MA w / w). Assim, os 5 kg iniciais consistiam em 2 kg de FAD e 3 kg de MA. Os passos restantes foram os mesmos apresentados acima.

2.3.2. Fermentação

Adição de 0,5 g.L⁻¹ de levedura Safebrew T-58® (cepa WB06, Fermentis, França) foi realizado a 18 °C. A temperatura de fermentação foi mantida a 18 °C durante 5 dias. Em seguida, a temperatura foi reduzida para 2 °C por 10 dias de maturação. Antes da embalagem, o açúcar (8 g.L⁻¹) foi adicionado aos frascos previamente higienizados.

2.4. Análises

2.4.1. Análises Físico-Químicas da Cerveja

As seguintes características físico-químicas das cervejas MA e MA + FAD foram medidas: densidade, pH, teor, açúcares redutores, flavonoides totais, teor de nitrogênio total, nitrogênio amino livre (FAN), dicetonas vicinais, amargor, cor e viscosidade.

2.4.1.2 Densidade

Em uma proveta de 250 mL, transferiu-se uma amostra de aproximadamente 200 mL de cerveja, e a densidade foi medida através de densímetro, em que o resultado foi expresso no próprio equipamento (IAL, 2008).

2.4.1.3 pH

Os valores de pH foram determinados por potenciometria em um aparelho da marca Benchtop (Istek, Inc) modelo Eco Met P25, com correção de temperatura. (IAL, 2008).

2.4.1.4 Teor alcoólico

O teor alcoólico (IAL, 2005) foi determinado de acordo com os resultados da densidade, conforme a equação:

$$1^\circ \text{ ABV} = (\text{DO} - \text{DF}) \times 131$$

2.4.1.5 Açúcares Redutores

Pipetou-se 1,0 mL da amostra em um tubo de ensaio e adicionou-se 1,0 mL do reagente DNS. Após foi agitado e aquecido em banho maria a 100 °C (em ebulição) por 5 minutos. Resfriou-se o tubo em banho de gelo por 5 minutos. Adicionou-se 16 mL da solução de tartarato duplo de sódio e potássio. A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro a 540 nm, após zerar o aparelho com o branco. O branco consistiu em substituir o volume de amostra ou solução de glicose por água destilada (1,0 mL) e realizar o teste de DNS. A amostra deve ser diluída convenientemente de maneira que a sua concentração seja, no máximo 1,0 g.L⁻¹.

A partir da equação da reta, calculou-se a concentração de açúcar redutor na amostra. Foram considerados nos cálculos as diluições efetuadas na amostra, multiplicando o resultado por esse fator (IAL, 2008).

2.4.1.6 Flavonoides totais

O teor de flavonoides foi determinado de acordo com Zhishen et al. (1999). A leitura da absorvância foi realizada em espectrofotômetro (JENWAY 6705 UV-Vis) no comprimento de onda de 510 nm. A quantificação dos flavonoides totais foi realizada através da curva de calibração com padrão externo de catequina (0 a $150 \mu\text{g mL}^{-1}$) e resultados foram expressos em mg catequina equivalente em 100 g^{-1} de polpa.

2.4.1.7 Nitrogênio Total

A amostra foi aquecida com ácido sulfúrico concentrado na presença de um catalisador de digestão. Os materiais orgânicos foram destruídos por oxidação e o nitrogênio convertido em sulfato de amônio. A solução diluída foi tratada com álcali para dar amônia a qual é destilada em ácido bórico, e então quantificada por titulação (IAL, 2008).

2.4.1.8 Nitrogênio amino livre

A concentração de nitrogênio amino livre (FAN) nas amostras foi determinada de acordo com as normas da ASBC (1996), utilizando o método da ninidrina e leitura da absorção das amostras a 570 nm (espectrofotômetro Hitachi Modelo U-1800).

2.4.1.9 Dicetonas vicinais

Extraíram-se as dicetonas vicinais totais através de destilação. A reação entre o destilado e a ortofenilenodiamina fornece um composto, cuja absorvância medida a 335 nm é proporcional à concentração de dicetonas vicinais (livres / totais). Foi utilizado o método espectrofotométrico, que emprega uma destilação de cerveja não descarbonatada, tratada a $70 \text{ }^\circ\text{C}$, sob condições controladas para obter em 5 –10 minutos o destilado contendo dicetonas vicinais totais (ASBC, 1996).

2.4.1.10 Amargor

Determinado segundo o método 9.8 da European Brewery Convention – EBC (2010), a qual padroniza a análise do amargor através da espectrofotometria por radiação ultravioleta visível.

2.4.1.11 Cor

Determinada segundo o método 9.6 da European Brewery Convention – EBC (2010), obtendo resultado em EBC. Com a cerveja em temperatura ambiente, coletou-se uma amostra de 100mL, realizou-se a descarbonatação por agitação e filtração em filtro N 12. A cor foi lida em espectrofotômetro a 430 nm.

2.4.1.12 Viscosidade

A viscosidade do mosto foi medida no viscosímetro termostatizado de queda de bola Höppler (marca Quantotec, modelo Visco Ball) mediante a cronometragem do tempo de queda da esfera embebida no mosto (EBC, 2010).

2.4.1.13 Conteúdo de GABA

O GABA foi determinado de acordo com o método descrito por Baranzelli et al. (2018), utilizando um sistema LC / MS (Cromatógrafo Líquido / Espectrômetro de Massa). O espectrômetro de massa foi operado em modo ESI positivo (ionização por eletrospray), onde os espectros foram adquiridos em uma faixa de massa de 50 a 1.200 m/z. Para quantificação, uma curva de calibração com um padrão GABA externo foi preparada (Sigma Aldrich, 97 % de pureza) na faixa de concentração de 7–1000 ng.mL⁻¹. O pacote de software Quant Analysis (Bruker Daltonics, Alemanha) foi usado para processar as curvas de calibração e os dados de quantificação. Os resultados foram expressos em µg.g⁻¹.

2.4.2 Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada por 82 avaliadores, que foram solicitados a caracterizar através de uma escala não estruturada de nove centímetros, cor de cerveja (fraca a marrom), turbidez (nenhuma a muita), cor de espuma (fraca a amarela), textura (forte encorpado), aroma de levedura (nenhum a forte), aroma a fruta (nenhum a forte), sabor adocicado (nenhum a forte) e amargor (fraco a forte). Cada avaliador recebeu 50 mL de cada amostra de cerveja a 5 +/- 1 °C em copos de vidro transparente e água mineral para limpeza do palato entre cada amostra.

2.5 Concepção experimental e análise estatística

Cada tratamento foi realizado em triplicata. Os dados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA, $p \leq 0,05$) e os resultados foram comparados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) ou teste t ($p \leq 0,05$), dependendo da variável analisada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais desafios na produção de cerveja de arroz são as etapas de malte e sacarificação (MAYER et al., 2010). GA3 foi aplicado para aumentar a atividade enzimática e a germinação de sementes de arroz (Figura 1).

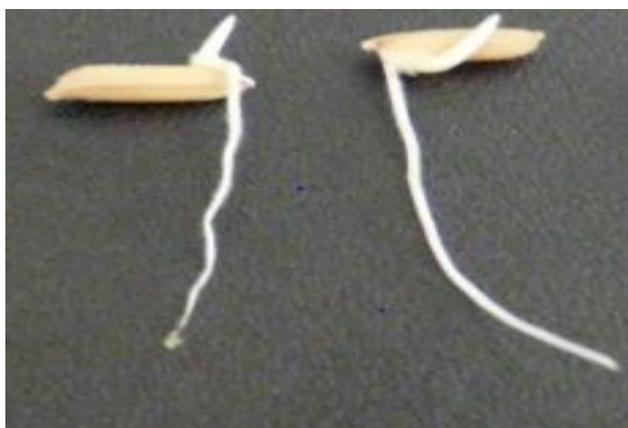


Figura 1. Germinação da semente de arroz.
Fonte : próprio autor.

Tanto a α -amilase como a β -amilase possuem maior atividade quando o GA3 foi utilizado, o que aumentou o teor de açúcares redutores.

Na Figura 2 podemos observar a atividade da α -amilase (U/g) de sementes de arroz tratadas e não tratadas com ácido giberélico.

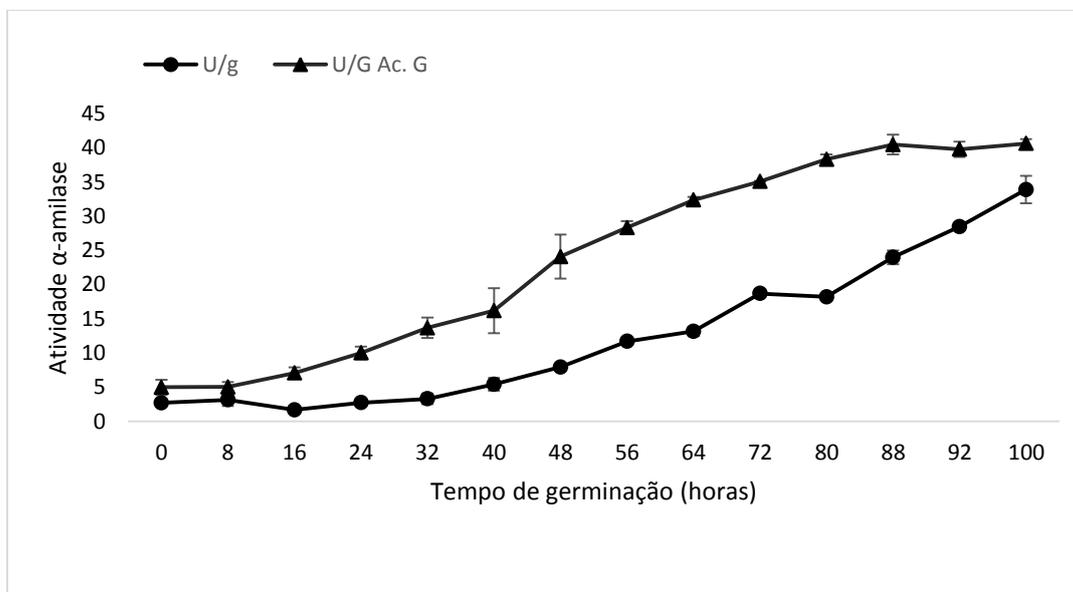


Figura 2 – Atividade da α -amilase (U/g) de sementes de arroz tratadas (-◇-) e não tratadas (-●-) com ácido giberélico a 50mgL^{-1} , durante a germinação. As barras verticais representam o desvio padrão.

Fonte: Autor, gráfico referente ao processo de malteação de arroz.

Após 72 h de germinação, a atividade de α -amilase foi duas vezes maior que em sementes não tratadas. Uma resposta semelhante foi observada para a β -amilase em 72 h de germinação, onde a atividade enzimática das sementes tratadas com GA3 foi quase três vezes maior que a das sementes não tratadas. Assim, os seguintes passos foram realizados utilizando arroz maltado obtido de sementes tratadas com GA3.

Na Figura 3 estão representados os resultados da atividade da Enzima β -amilase (U/g) de sementes de arroz.

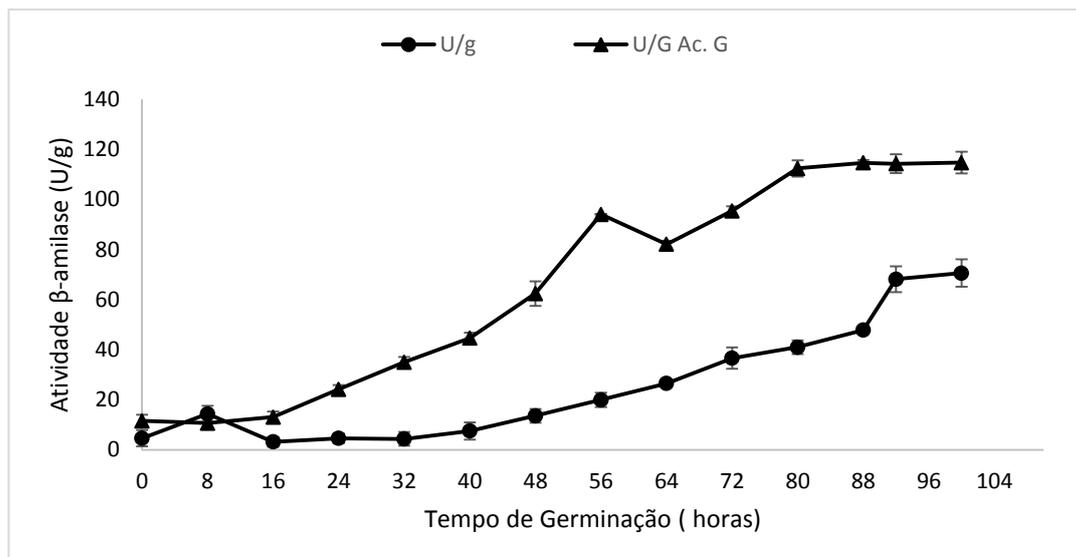


Figura 3. Atividade da Enzima β -amilase (U/g) de sementes de arroz tratados (\diamond -) e não tratados (\bullet -) com ácido giberélico a 50mg.L^{-1} , durante a germinação. As barras verticais representam o desvio padrão.

A cerveja preparada com MA e FAD apresentou maior pH, teor alcoólico e grau de fermentação aparente e menor teor de açúcares redutores (Tabela 1). Além disso, a adição de FAD aumentou o total de flavonóides, nitrogênio total, FAN, amargor, cor e viscosidade da cerveja de malte de arroz. Em suma, a cerveja MA exibiu composição similar àquelas relatadas por Mayer et al. (2010; 2016), embora o GA3 tenha sido utilizado para acelerar o processo de germinação. A cerveja resultante era do tipo Ale, com teor relativamente baixo de nitrogênio e FAN, cor brilhante e baixa viscosidade.

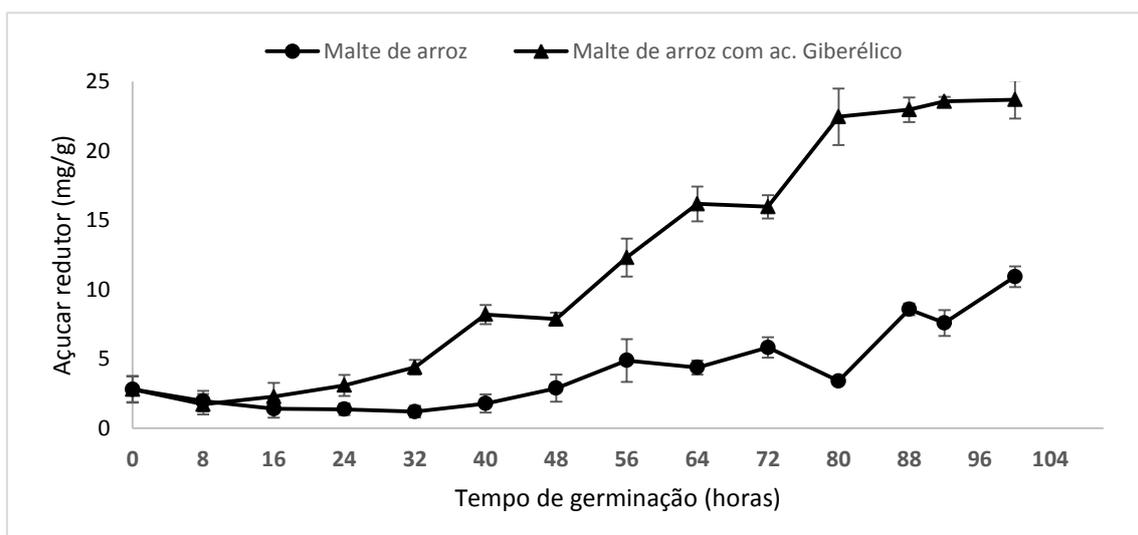


Figura 4. Avaliação do teor de açúcar redutor em malte referente ao processo de malteação de arroz.

A adição de FAD ao MA resultou em mudanças notáveis nos atributos físico-químicos da cerveja MA, principalmente devido ao aumento no teor de nitrogênio, o escurecimento da cerveja e um aumento na viscosidade da cerveja. Esses fatores favorecem a aceitabilidade sensorial da cerveja de arroz.

Tabela 1. Características físico-químicas de cervejas produzidas com malte de arroz (MA) e com malte de arroz (MA) mais farelo de arroz desengordurado (FAD)

Atributo Qualidade	MA	MA+FAD
Densidade (g.mL ⁻¹)	1.010ns	1.012
pH	4.32b	5.11a
Álcool (% v/v)	4.3b	4.8a
Açúcar redutor (mg.L ⁻¹)	1.23b	0.61a
Fermentação aparente (%)	68.8b	74.4a
Dicetonas vicinais (g.mL ⁻¹)	0.27ns	0.22
Total flavonoids (mg.L ⁻¹)	2.73b	5.24a
Nitrogênio total (mg.L ⁻¹)	455.24b	558.36a
FAN (mg.L ⁻¹)	78.58b	96.38a
Amargor (IBU)	10.2b	17.8a
Cor (EBC-Unit)	3.61b	6.86a
Viscosidade 12 °P	1.31b	1.63a

O FAD possui maior conteúdo de compostos nitrogenados que o arroz integral. Além disso, é uma boa fonte de fenólicos e GABA (TUMPANUVATR et al., 2018). Quando o MA de sementes tratadas com GA3 foi usado em combinação com o FAD, a cerveja de arroz deveria ter uma maior concentração de GABA. Como mostrado na Tabela 2, o teor de GABA da cerveja MA + FAD foi de 14,72 mg.100 g⁻¹, enquanto o teor de GABA da cerveja MA foi de apenas 2,77 mg.100 g⁻¹.

Tabela 2. Teor de GABA (mg 100 g⁻¹) em função do processamento da matéria-prima e da cerveja

Tratamento	GABA (mg 100.g ⁻¹)
Arroz com casca	1.17±0.10f
MA*	39.06±0.02c
FAD**	190.61±0.06a
FAD Gelatinizado	87.38±0.01b
MA (cerveja)	2.77±0.01e
MA + FAD (cerveja)	14.72±0.50d

*Malte de arroz. O malte de arroz foi obtido a partir do arroz cozido germinado durante 72 h a 30 °C.

** MA = FAD = farelo de arroz desidratado.

Sementes de arroz possuem relativamente pouco GABA ($1,17 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), mas a germinação resultou em um aumento de GABA para $39,06 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. FAD foi uma fonte muito rica de GABA com um teor de $190,61 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. No entanto, o tratamento hidrotérmico de $90 \text{ }^\circ\text{C}$ por 60 minutos, visando a gelatinização do amido distribuído em FAD, reduziu o teor de GABA para $87,38 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Segundo Tumpanuvat et al. (2018), o GABA é de grande interesse para os consumidores preocupados com a saúde, devido aos seus efeitos anti-hipotensivos, diuréticos e tranquilizantes.

As cervejas elaboradas no estudo foram: MA - Cerveja básica com puro malte de arroz; MA+FAD - Cerveja malte de arroz com adição de Farelo de arroz desengordurado (Figura 5).



Figura 5. Cervejas elaboradas no estudo.
Fonte: próprio autor.

Na análise sensorial, os avaliadores da cerveja relataram uma cor mais escura, maior turbidez, maior volume de espuma, estrutura encorpada e aroma de levedura mais forte na cerveja MA + FAD (Figura 5). Em contraste, os painelistas descreveram um aroma frutado mais baixo na cerveja MA + FAD. Não foram detectadas diferenças significativas no sabor amargo, gosto de vegetais cozidos, sabor amanteigado, sabor adocicado e aroma alcoólico.

A maioria das variáveis sensoriais corroborou com os resultados das análises físico-químicas apresentadas na Tabela 1. A amargura não seguiu a mesma tendência, já que maior amargor, $17,8 \text{ IBU}$, foi detectado na cerveja MA + FAD do que na cerveja MA, $10,2 \text{ IBU}$ (Tabela 1), enquanto nenhuma

diferença de amargura entre as amostras foi detectada pelos painelistas na análise sensorial (Figura 6).

As cervejas artesanais são conhecidas por uma amargura notável, que é geralmente muito mais intensa do que nas cervejas tradicionais. O principal fator que influencia a amargura é o acréscimo de lúpulos durante a etapa de ebulição do mosto, onde os iso- α -ácidos são responsáveis por remover a doçura e aumentar a preservação da cerveja (MORAIS, 2015). Uma vez que a mesma quantidade de lúpulo foi adicionada durante a etapa de ebulição de ambas as cervejas MA e MA + FAD, a maior percepção de estrutura encorpada em cerveja MA + FAD pelos avaliadores pode ser responsável pelo menor amargor percebido.

O maior percentual de consumidores que atribuiu nota 7, 8 ou 9 à cerveja MA + FAD no teste de preferência global (Figura 7) mostra que os provadores tiveram boa receptividade à nova cerveja preparada com malte de arroz e farelo de arroz.

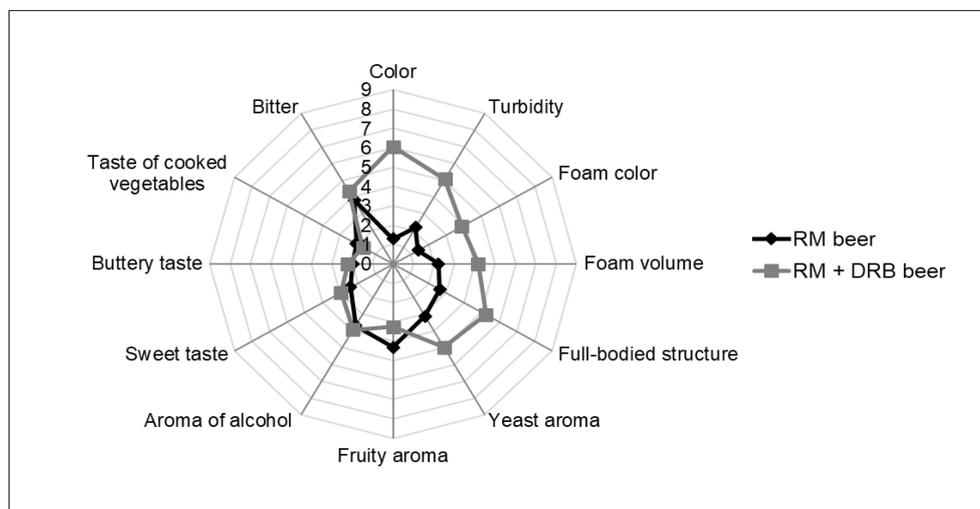


Figura 6. Avaliação das cervejas de malte puro de arroz (MA) e arroz malte mais cervejas de farelo de arroz desidratado (MA + FAD).

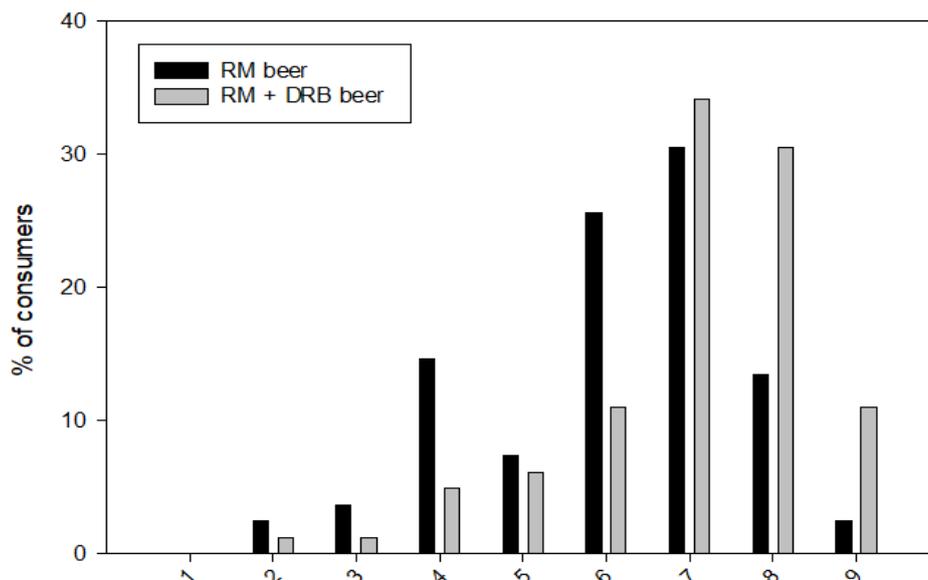


Figura 7. Preferências globais dos panelistas para as cervejas MA e MA + FAD, os intervalos do eixo x representam os termos 1 - “extremamente antipatia” a 9 - “extremamente parecido”.

4 CONCLUSÕES

O presente estudo mostrou como o FAD pode melhorar as qualidades físico-químicas e sensoriais da cerveja de arroz. FAD incorpora nitrogênio, flavonóides, bem como GABA, que é considerado um composto funcional relevante na saúde humana. As principais vantagens sensoriais que o FAD adicionou à cerveja de arroz foram relacionados a uma cor mais escura e melhor cor de espuma, volume de espuma e percepção de estrutura encorpada.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), da Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul (SCT-RS) e Polo de Inovação Tecnológica em Alimentos da Região Sul.

REFERÊNCIAS

AMBROSI, A.; CARDOZO, N. S. M.; TESSARO, I. C. Membrane separation processes for the beer industry: A review and state of the art. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, n. 4, p. 921-936, 2014.

AMIENYO, D.; AZAPAGIC, A. Life cycle environmental impacts and costs of beer production and consumption in the UK. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 21, n. 4, p. 492-509, 2016.

ASBC - AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS. **Methods of Analysis of the American Society of Brewing Chemists**. 8th ed. Minnesota: The Technical Committee and the Editorial Committee of the ASBC, 1996.

CECCARONI, D.; SILEONI, V.; MARCONI, O.; DE FRANCESCO, G.; LEE, E. G.; PERRETTI, G. Specialty rice malt optimization and improvement of rice malt beer aspect and aroma. **LWT - Food Science and Technology**, v. 99, p. 299–305, 2019.

DEVI, P. B.; VIJAYABHARATHI, R.; SATHYABAMA, S.; MALLESHI, N. G.; PRIYADARISINI, V. B. Health benefits of finger millet (*Eleusine coracana* L.) polyphenols and dietary fiber: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 6, p. 1021-1040, 2014.

DI GHIONNO, L.; SILEONI, V.; MARCONI, O.; DE FRANCESCO, G.; PERRETTI, G. Comparative study on quality attributes of gluten-free beer from malted and unmalted teff [*Eragrostis tef* (zucc.) trotter]. **LWT - Food Science and Technology**, v. 84, p. 746-752, 2017.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION. **Analytica-EBC**. Section 9 Beer Method 9.2.3, 9.3.5, 9.4, 9.6, 9.8, Fachverlag Hans Carl: Nürnberg, Germany, 2010.

GEORG-KRAEMER, J. E.; MUNDSTOCK, E. C.; CAVALLI-MOLINA, S. Developmental expression of amylases during barley malting. **Journal of Cereal Science**, v. 33, p. 279- 288, 2000.

HAGER, A. S.; TAYLOR, J. P.; WATERS, D. M.; ARENDT, E. K. Gluten free beer: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 36, n.1, p. 44-54, 2014.

KONG, S.; KIM, D. O. H. S.; CHOI, I.; JEONG, H.; LEE, J. Black rice bran as an ingredient in noodles: chemical and functional evaluation. **Journal of Food Science**, v. 77, p. 3003-307, 2011.

MAYER, H.; CECCARONI, D.; MARCONI, O.; SILEONI, V.; PERRETTI, G.; FANTOZZI, P. Development of an all rice malt beer: A gluten free alternative. **LWT - Food Science and Technology**, v. 67, p. 67-73, 2016.

MAYER, H.; MARCONI O.; REGNICOLI, G. F.; PERRETTI, G.; FANTOZZI, P. Production of a saccharifying rice malt for brewing using different rice varieties and malting parameters. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, p. 5369–5377, 2010.

MORAIS, J. S. O. **Lúpulo: Cultivares e Extrato**. In: Jornadas de lúpulo e cerveja: novas oportunidades de negócio. Livro de atas, p. 11-21, 2015.

OWUSU-MENSAH, E.; ODURO, I.; DZIEDZOAVE, N. T.; SARFO, K. J. Improving the malting qualities of rice grain using gibberellic acid (GA3). **American Journal of Experimental Agriculture**, v. 1, n. 4, p. 432-439, 2011.

PERRETTI, G.; MARCONI, O.; REGNICOLI, G. F.; MAYER, H.; FANARI, M.; FANTOZZI, P. Study of different rice varieties and malting parameters for the production of a saccharifying rice malt. **34th Congress of the European Brewery Convention**, Luxemburg, p. -29, 2013.

PESTANA *et al.* Farelo de arroz: características, benefícios à saúde e aplicações, **Boletim CEPPA**, v. 26, n.1, p. 29-40, 2008.

PIRES, E.; BRANYIK, T. **Biochemistry of beer fermentation**. Springer International Publishing AG Switzerland, 2015.

TUMPANUVATR, T.; JITTANIT, W.; SUROJANAMETAKUL, V. Effects of drying conditions in hybrid dryer on the GABA rice properties. **Journal of Stored Products Research**, v. 77, p. 177-188, 2018.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No primeiro estudo, a adição da fruta de butiá alterou as características físico-químicas e ainda ocorreu o arraste de fenólicos às cervejas. Na análise colorimétrica a adição da fruta contribuiu positivamente nos tratamentos. Assim, a utilização de butiá na produção de cerveja contribuiu para a obtenção de produto com características diferenciadas.

Os consumidores que expressaram sensações na caracterização de cerveja artesanal referiram a algum tipo de evento de integração familiar ou de amizades e também foi evidenciado que a imagem da cerveja proporcionou a expectativa de atributos como sabor e aroma. Sensorialmente as cervejas artesanais foram preferidas.

No segundo estudo possibilitou mostrar que a malteação de sementes de arroz, na atividade de α -amilase foi duas vezes maior que em sementes não tratadas. Uma resposta semelhante foi observada para a β -amilase em 72 h de germinação, onde a atividade enzimática das sementes tratadas com GA3 foi quase três vezes maior que a das sementes não tratadas.

A adição de farelo de arroz desengordurado (FAD) a malte de arroz resultou em mudanças notáveis nos atributos físico-químicos da cerveja com malte de arroz, principalmente devido ao aumento no teor de nitrogênio, o escurecimento da cerveja e um aumento na viscosidade da cerveja.

Além disso, é uma boa fonte de fenólicos e GABA. Quando o malte de arroz de sementes tratadas com GA3 foi usado em combinação com o FAD, a cerveja de arroz deveria ter uma maior concentração de GABA.

REFERÊNCIAS

Abram, V. et al. A comparison of antioxidant and antimicrobial activity between hopleaves and hop cones. **Industrial Crops and Products**, vol. 64, p. 124 – 134, 2015.

ALENCAR, E. M. B. et al. Fermentation capacity of *Saccharomyces cerevisiae* culture. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v.52, p.819-824, 2009.

ALMEIDA E SILVA, J.B. Cerveja. In: VENTURINI FILHO, W.G. (Coord.) **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado**. cap. 15. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. p. 347-382.

Amienyo, D., &Azapagic, A. Life cycle environmental impacts and costs of beer production and consumption in the UK. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, 21(4), 492e509, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1028-6>.

ANNEMÜLLER, G.; MANGER, H. J. **Processing of various adjuncts in beer production**. Alemanha: VLB Berlin. 2013. 163 p.

ANDRADE, C. J.; MEGA, J. F.; NEVES, E. A Produção da cerveja no Brasil. **Revista Hestia Citino**. Joinville, v. 1, n. 1, p. 21-29, 2011.

AQUARONE, E. BORZANI, W. SCHIMIDELL, W. LIMA, U. de A. **Biotecnologia industrial: vol 4 – Biotecnologia na produção de alimentos.** São Paulo: Edgar Blücher, 2001. 533p.

ASANTE, P. K. **Suitability of cassava starch as adjunct substitute for barley in the brewing of beer (stout beer).** 2008. 102 f. Master of Science - Department of Biochemistry, Kwame Nkrumah university of science and technology, Kumasi, 2008. 57 p.

Beer Judge Certification Program (BJCP). 2008. **Style Guideline.** Disponível em: <http://www.bjcp.org/docs/2008_Guidelines.pdf.> Acesso em: 12 fevereiro. 2016.

BERNSTEIN, L.; WILLOX, I. C. Agua. In: BRODERICK, H. M. (Dir.).

El cervecero en la práctica: un manual para la industria cervecera. 2. ed. Lima: Gráficas SUR, 1977. cap. 2, p.18- 28.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination.** New York: Plenum Press, 1994. 445 p. [[Links](#)]

BOTELHO, B.G. **Perfil e teores de aminos bioativas e características físico-químicas em cervejas.** 75f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto n. 6.871, de 4 de junho de 2009.

Regulamento da Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, 5 de junho de 2009. Seção 1, p. 20.

Brewers Association (BA). **Associação de produtores americanos.** Disponível em:<https://www.brewersassociation.org> Acesso em:15 fevereiro2019.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248-254,1976.

BRIGGS, D. E.; BROOKES, P. A.; STEVENS, R.; BOULTON, C. A. **Brewing: science and practice.** Elsevier, 2004.

Cruz, J. M. M., Pinheiro, J. L., de Amorim, S. M., & Kuglin, V. B. Produção de Cerveja. **Reactores Biológicos-Fundamentos e Aplicações**, 277-305.

D'AVILA, R. et al. Adjuntos utilizados para produção de cerveja: características e aplicações. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n. 2, p. 60–68, 2012, 2007.

DEECOM & ASSOCIATES LTD. **Beer maturation, chilling and cold storage (for chilled and filtered beer)**. Acervo online de programas de treinamento da empresa Deecom & Associates Ltd em parceria com a Heineken. Disponível em: Acesso em 05 Nov. 2015.

DOURADO NETO et al. Ação de bioestimulante no desempenho agrônômico de milho e feijão. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 371-379, 2014.

DRAGONE, G.; SILVA, J. B. A. Cerveja, in: VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas Alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Blücher, 2010.

ENGLMANN, J.; MIEDANER, H. Métodos de producción de cerveza: materias primas y aditivos de uso corriente. **Brewing and Beverage Industry Español**. n.3, p.10-16. 2005.

ESSLINGER, H. M, Bernd. In: ESSLINGER, Hans Michael Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets. **wiley-VCH Verlag GmbH & Co.** KGaA, 2009. Páginas 207-224

FIGUEIREDO; CARVALHO. Produção e avaliação sensorial de cerveja utilizando farinha de banana verde como adjunto de malter. Disponível em: **www.unifal-mg.edu.br/engenhariaquimica/system/files/.../Anna%20e%20Luiza.pdf**. Acesso em: 19/10/2016.

Fincher, G. B. **Biochemistry, physiology**, and genetics of endosperm mobilization,2010.

FREI, M. et al. Studies on in vitro starch digestibility and the glycemic index of six different indigenous rice cultivars from the Philippines. **Food Chemistry**, v.83, p.395-402, 2003.

Garcia, C.C..Retórica e Cenário Microcervejeiro nas Regiões Sul e Sudeste. Faculdade de Tecnologia de Araçatuba. **Curso de Tecnologia em Biocombustíveis**. Araçatuba, SP, 2012

Gerhäuser, C. **Beer constituents as potential cancer chemopreventive agents**. *European Journal of Cancer*, 41(13), 1941-1954, 2005.

HARDWICK, W. A. The properties of beer. In: HARDWICK, W. A.(Ed.). **Handbook of brewing**. New York: Marcel Dekker, 1995. Cap.19, p.551-585.

Hornsey, I.S. *Brewing*. **The Royal Society of Chemistry**, Cap. 2: Malting,1999.

HOUGH, J. S. **The Biotechnology of Malting and Brewing**. Inglaterra: Cambridge University Press, 1985.184 p.

HUGHES, P. S.; BAXTER, E. D. Beer-quality, safety and nutritional aspects. Cambridge, UK: The Royal Society of Chemistry. Cap. 5: **Nutricional Aspects of Beer**, 2001.

Jiménez, D., Cervantes, M., Castillo, M., Romeo, J., & Marcos, A. Idoneidad de la cerveza en la recuperación del metabolismo de los deportistas. **Centro de Información Cerveza y Salud (CISC)**. Madrid. Disponível em: <<http://www.cervezaysalud.org>>. Acesso em: 22 janeiro 2019, 2009.

JULIANO, B.O. **Rice in human nutrition**. Rome: FAO,. Acesso em 01 fevereiro 2019 Online. Disponível na internet: <http://www.fao.org>. 1993.

LEVITT, J. Introduction to plant physiology. 2. ed. Saint Louis: The C.V. Mosby Company, 447 p. 1974.

LEWIS, M. J.; YOUNG, T. W. **Brewing**. Inglaterra: Chapman and Hall, 1995. 260 p.

LIMA, L. L. A.; FILHO, A. B. M. Técnico em alimentos: **tecnologia de bebidas**. 2011. (Lindemann, 2009.)

Kirin Beer University. **Report Global Beer Consumption**. Disponível em: <<http://www.kirinholdings.co.jp/>>. Acesso em: 24 dezembro. 2018.

KONG, J.-M.; CHIA, L.-S.; GOH, N.-K.; CHIA, T.-F.; BROUILLARD, R. Analysis and biological activities of anthocyanins. **Phytochemistry**, v.64, p.923-933, 2003.

KUNZE, Wolfgang; WAINWRIGHT, Trevor. **Technology brewing and malting**. 1996.

KUNZE, Wolfgang. Technology: **Brewing & Malting**. 4. ed. Alemanha: VLB Berlin, 2010,

KROTTENHALER, M; WERNER B; ZARNKOW M, Bernd. In: ESSLINGER, Hans Michael Handbook of Brewing: Processes, **Technology, Markets**. wileyVCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2009. p. 147-164

MAPA. **ANUÁRIO DA CERVEJA NO BRASIL 2018**, Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/pasta-publicacoes-DIPOV/anuario-da-cerveja-no-brasil-2018> Acesso em:20 dezembro 2018.

MARTÍNEZ, J. R. El consumo moderado de cerveza en una dieta sana y equilibrada puede reducir el riesgo cardiovascular. **Cerveza e Salud**, v. 162, p. 65-68. 2004.

MATAIX, J. La Cerveza, Tradición y Cultura Mediterránea. **Cerveza e Salud**. v.161, p. 41-44. 2004.

Mayer, H., Marconi O., Regnicoli, G. F., Perretti, G., & Fantozzi, P. Production of a saccharifying rice malt for brewing using different rice varieties and malting parameters. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 62, 5369–5377, 2014.

MOONGNGARM, A., SAETUNG, N. Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice. **Food Chemistry**, v. 122, n. 3, p. 782-788, 2010.doi:10.1016/j.foodchem.2010.03.053.

MORADO, R. Larousse da Cerveja. São Paulo: **Editora Lafonte**, 2009

Nogueira, L. C. *Estudo comparativo de caracterização e bioatividade de cerveja com e sem álcool. Tese (Doutorado), Instituto de Química*. Departamento de Bioquímica, Universidade Federal do Rio de Janeiro Campinas, 2006. ..

O'Rourke, T. The function of enzymes in brewing. **The BREWER International**, Volume 2: 14-18, 2002.

PASTORE, G.M.; BICAS, J.L.; JUNIOR, M.R.M. **Biotecnologia de alimentos**. vol.12, São Paulo: editora Atheneu, 2013.

Pires, E., & Branyik, T. Biochemistry of beer fermentation. **Springer International**

Publishing AG Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-15189-2>, 2015.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

RODRIGUES, A.P.M. dos S.; MENDONÇA JUNIOR, A.F.; TORRES, S.B.; **J Biol Chem**. 2008 Jan 11;283(2):739-50. Epub 2007 Oct 17.

RUSSEL, I; STEWART, G.G.; BREWING In: REHM, H. J; REED, G. **ED biotechnology**. Cap. 11. v.9. New York: VCH, 1995.

SAIKUSA, T. et al. Distribution of free amino acids in the rice kernel and kernel fractions and the effect of water soaking on the distribution. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.42, p.1122-1125, 1994.

SILVA, P. H. A.; FARIA F. C. Avaliação da intensidade de amargor e do seu princípio ativo em cervejas de diferentes características e marcas comerciais. 28(4): 902-906. **Revista Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas, out-dez, 2008.

SLEIMAN, M; VENTURINI FILHO, W. G.; DUCATTI, C. NOJIMOTO, T..
Determinação do percentual de malte e adjuntos em cervejas comerciais brasileiras através de análise isotópica. **Ciência e agrotecnologia.**

34(1): 163-172, 2010.

Schwarz, P., and Y. Li. Malting and brewing uses of barley. Barley: **Production, Improvement**, and Uses 478-521,2011.

Stewart, G. G., & Russell, An introduction to brewing science and technology series III. **Brewers' yeast, Institute of Brewing**: London, England.,1996.

STEWART, G. G. A brewer's delight. **Chemistry and Industry.** pp. 706-709. Nov. 2000.

TSCHOPE, Egon Carlos. **Microcervejarias e Cervejarias**: A História, a Arte e a Tecnologia. 1.ed. São Paulo: Aden, 2001. 223p.

VENTURINI FILHO, W.G. **Tecnologia de cerveja.** Funep: Botucatu, 2000. 83p.

VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de cerveja.** Jaboticabal: FUNEP, 2000.
23p

VIOTTI, E. **O mundo da cerveja**: A Cerveja Lager. São Paulo: Folha de São Paulo, 2012. 57 p.(Coleção Folha, 1).

ZHOU, Z. et al. Composition and functional properties of rice. **International Journal of Food Science and Technology**, v.37, p.849-868, 2002.