



Universidade Federal  
de Campina Grande

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**UTILIZAÇÃO DE MICRORGANISMOS NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA: UMA  
REVISÃO DE LITERATURA**

Aluno: Ary Lindemberg Oliveira Sabino  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Alfredina dos Santos Araújo

Pombal – PB

2019

ARY LINDEMBERG OLIVEIRA SABINO

# **UTILIZAÇÃO DE MICRORGANISMOS NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso, em forma de Revisão bibliográfica apresentando à Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal-PB como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Alfredina dos Santos Araújo

Pombal – PB

2019

S116u Sabino, Ary Lindemberg Oliveira.  
Utilização de microorganismos na indústria alimentícia: uma revisão  
de literatura / Ary Lindemberg Oliveira Sabino. – Pombal, 2019.  
25 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de  
Alimentos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de  
Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2019.

“Orientação: Profa. Dra. Alfredina dos Santos Araújo”.  
Referências.

1. Microorganismos. 2. Fermentação. 3. Indústria alimentícia. I.  
Araújo, Alfredina dos Santos. II. Título.

CDU 579.266(043)

# UTILIZAÇÃO DE MICRORGANISMOS NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso, em forma de Revisão bibliográfica apresentando à Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal-PB como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Aprovado em 13/11/19

BANCA EXAMINADORA

Pi Santos

Profª. Dra. Alfredina dos Santos Araujo

Presidente – Orientadora – UFCG

Pi Santos

Profª Jocielys Jovelino Rodrigues

Examinador interno – UFCG

Pi Santos

Engenheira de Alimentos: Katianne Cristine de Medeiros

Examinadora externa

Pombal – PB

2019

# UTILIZAÇÃO DE MICRORGANISMOS NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso, em forma de Revisão bibliográfica apresentando Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal-PB como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Alfredina dos Santos Araújo

Pombal - PB  
2019

## AGRADECIMENTOS

Às meus pais, Maria Telma de Oliveira e José Edmilson Sabino, irmãos, Maria Adriana Sabino, José Aridiam, Aridam, a toda minha família que, com muito carinho e apoio, sempre mediram esforços para que eu chegasse a esta etapa da minha vida.

Meus amigos Katianne Cristine, Leonard Araujo, Willyane, Lidiane, Ze Roberto, Evila, Fabiana, Joadir Junior, Gustavo Henrique, Paulo, William Bonner, Jerônimo Alves, Moizanete Pereira pelo incentivo e pelo apoio constantes.

As minhas primas Tarciana e Tacia por todo carinho e por não deixar o da minha graduação.

A Ivanilda Damasceno e sua família pelo apoio que me deram durante a minha formação.

A todos aqueles que de alguma forma estiveram ao meu lado, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

A minha orientadora Alfredina Paciência, pelo incentivo, pela força e principalmente pelo carinho.

A universidade Federal de Campina Grande campus Pombal por ter mim dado as condições necessárias para adquirir todos os conhecimentos da minha graduação.

A assistência estudantil da UFCG na pessoa de Sebastião Marques por ter dado apoio com moradia e alimentação nos momentos que precisei.

Por fim agradeço a Deus por ter sido luz nos momentos de escuridão, por estar ao meu lado mostrando que é necessário cair para que se do valor as mais simples conquistas.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	7
1 CONTEXTUALIZAÇÃO TEMÁTICA.....	8
1.1 HISTÓRICO.....	8
1.2 CONCEITOS.....	9
2 DOS MICROORGANISMOS DE INTERESSE DA BIOTECNOLOGIA INDUSTRIAL.....	11
3 DOS PROCESSOS INDUSTRIAIS DE CONVERSÃO DE MATÉRIA PRIMA EM PRODUTOS RELACIONADOS A ATIVIDADE MICROBIANA.....	18
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21
REFERÊNCIAS.....	22





# UTILIZAÇÃO DE MICROORGANISMOS NA INDÚSTRIA ALIMENTAR: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Ary Lindemberg...<sup>1</sup>

Orientador<sup>2</sup>. Alfredina S. Araújo

## RESUMO

O estudo em questão utiliza-se de uma análise bibliográfica para discorrer acerca da importância da utilização de microrganismos nos diversos processos industriais alimentícios que estão inseridos no cotidiano da sociedade de modo geral. Ressalta-se o histórico e os conceitos relacionados – Microbiologia e Biotecnologia, necessários a discussão, seguidos de uma análise de tais microrganismos e sua importância de acordo com o produto de seus metabolismos, findando com a apresentação de processos industriais utilizados atualmente para otimizar tais processos de metabolização de matéria prima e produção de produtos alimentícios, tais como a utilização de biorreatores. Em conclusão, percebe-se a enorme importância das bactérias e fungos para a alimentação humana, bem como a necessidade de pesquisa e produção científica que otimizem os processos metabólicos desses seres, em benefício da coletividade.

Palavras-chave: Microrganismos; Fermentação; Indústria alimentícia.

## ABSTRACT

The study in question uses a bibliographical analysis to discuss the importance of the use of microorganisms in the various industrial food processes that are inserted in everyday society in general. We highlight the history and concepts related to Microbiology and Biotechnology, discussions and discussions, an analysis of such microorganisms and their importance according to the product of their metabolisms, locating with a presentation of chemical studies currently used to optimize such effects of metabolization of raw materials and food production as the use of bioreactors. In conclusion, realize the enormous importance of bacteria and fungi for human consumption, as well as the need for research and scientific production that optimize the metabolic processes of these beings, for the benefit of the community.

Keywords: Microorganisms; Fermentation; Food industry.

## INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo principal revisar a utilização contemporânea de microrganismos em processos industriais, frisando a importância desses para a indústria alimentícia em sentido amplo.

Para tanto, tal pesquisa inicia-se com uma análise histórica e conceitual acerca da utilização de bactérias e leveduras em matérias primas para a obtenção de produtos e subprodutos finais que estão inseridos de modo indissociável na alimentação cotidiana da sociedade ocidental, desde produtos lácteos, bebidas fermentadas, o pão, as bebidas alcoólicas e cárnicas, etc.

Em seguida, há uma abordagem necessária acerca dos principais microrganismos de interesse industriais, com inúmeros exemplos, esses agrupados pela substância resultante de seu metabolismo, com enfoque nos microrganismos produtores de ácido láctico, ácido etílico, ácido acético e ácido cárnico.

Acerca da metodologia a ser utilizada, a pesquisa em questão se apresenta na modalidade qualitativa, dada a subjetividade e complexidade da análise a que se propõe, onde as variáveis analisadas não podem ser quantificadas por meras proposições matemáticas quantificáveis e sim por um processo lógico argumentativo (MINAYO, 2001).

É possível ressaltar ainda que há preocupação não apenas com o produto do que será pesquisado, mas também com os processos que geram tais resultados, nesse caso não apenas a apresentação dos microrganismos de importância industrial, mas também o contexto atual desse instituto importam, dentre outras questões, tais como a trajetória histórica, a descrição dos conceitos, problemáticas e processos que levaram ao panorama atual, a análise dos dados de forma indutiva e o significado lógico do resultado a ser alcançado (TRIVIÑOS, 1987).

Em consonância com as concepções de Gil (2007), tal pesquisa visa ser construída como exploratória vez que busca gerar maior proximidade com o assunto em análise a partir de uma pesquisa organizada e científica, por meio de levantamento bibliográfico ocorrido literatura, em livros, artigos científicos, publicações em periódicos, dentre outras fontes dedicadas à problemática.

A justificativa desse trabalho que segue está embasada na necessidade de estudo científico acerca do tema em questão, dado o impacto desse na vida de toda a sociedade de brasileiros que se alimenta e faz uso dos produtos do metabolismo microbiano.

## 1 CONTEXTUALIZAÇÃO TEMÁTICA

### 1.1 HISTÓRICO

No decorrer da história, o homem percebeu a partir de reações químicas, tais como fermentação ou putrefação poderia obter produtos através de matérias primas preexistentes na natureza, a exemplo de vinhos e bebidas alcoólicas, queijos, coalhadas, etc.

Processos como os de maltagem e fermentação alcoólica foram descobertos, pelos Sumerios, na Mesopotâmia em meados de 9.000 a.C. Observou-se naquela época que os grãos de cevada armazenados, quando em contato com a água ou umidade, apresentavam mudanças de sabor ou mudavam suas propriedades para substâncias alcoólicas primitivas (resultantes da fermentação alcoólica de leveduras) (GOSSANI; WALDMAN, 2009).

Em paralelo, Faleiro; Andrade; Reis Júnior (2011) asseveram que após a cevada, em 8.000 a.C. utilizava-se leveduras no processo de fermentação de uvas para a produção de vinho artesanal na mesma região.

Por várias vezes na história, em locais diferentes, a utilização da fermentação, em especial, foi evidenciada, explorada e estudada dada sua importância para a eliminação de substâncias tóxicas de determinadas culturas de grãos, capacidade de aumento do tempo de preservação de alimentos, melhoria da aparência, palatabilidade, melhor digestibilidade e maior valor nutritivo dos alimentos (ALMEIDA et al, 2011).

Muitos estudiosos dos séculos passados, assim como era de senso comum, acreditavam que a exposição de açúcares ao ar causaria a conversão em álcool, contudo não se entendia porque a exposição prolongada àzedava o vinho e a cerveja, por exemplo (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

Após 1858, com os trabalhos de autores como Virchow, Pasteur e Coch, iniciou a era de ouro da microbiologia, onde as bases da abiog, nese caºram por terra a medida que o mundo dos microrganismos era descoberto e explorado por tais cientistas, verificando as aplica´bes mªdica, alimentares e industriais desses organismos microscªpicos para a sociedade (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

Com o advento da Revolu´o industrial, reorganiza´o e concentra´o da popula´o em cidades, processo antes artesanais, isolados em determinadas regies, prªrios de culturas locais, passaram a ser empregado em grande escala, nascendo assim a biotecnologia dos alimentos que estª intimamente ligada a microbiologia industrial, ci, ncia que estuda as utiliza´bes de microrganismos com potencial industrial e em processos de escala industrial (ALMEIDA et al, 2011).

## 1.2 CONCEITOS

A ci, ncia que estuda a utiliza´o de microrganismos a nªvel industrial, conforme citadoª a biotecnologia, essa pode ser definida como o conjunto de estudos e tªcnicas para o uso de cªlulas, organismos microscªpicos vivos ou sistemas bioquªmicos em processos de produ´o de bens e servi´os em grande escala em benefªcio dos seres humanos (PEREIRA J R.; BON; FERRARA, 2008).

Para interesse industrial precisou-se ainda unir vªrios ramos da ci, ncia, tais como a Biologia, Microbiologia e Engenharia Quªmica para forma a ªrea de interesse em comento (CARVALHO; BENTO; SILVA, 2006).

Na biotecnologia dos alimentos, o principal processo que envolve microrganismosª a fermenta´o, essa pode ocorrer ainda de diversas formas pela a´o de bactªrias ou fungos unicelulares.

Como conceito de bactªria, em especial as bactªrias de interesse mªdico ou industrial, dentre outras diversas denomina´bes, sªo organismos descritos como unicelulares, cªlulas procariontes, com material genªtico disperso no citoplasma (sem carioteca), tamanho e de em mªdia 1 a 5 µm, apresentando apenas 1 (hum) cromossomo, ribossomos 70S, com membrana celular na presªncia de peptªdeoglicano (em maior ou menor quantidade), tais indivªduos, por sua vez, reproduzem-se por fissªo binªria (sexuada ou assexuada), via de regra, e possuem formas variadas, tais como cocos, bacilos, vibriªo ou espirais (ALTHERTUM, 2017).

Os fungos, de acordo com o mesmo autor são organismos mais complexos e maiores que as bactérias, apresentando também estruturas por vezes ligadas a plantas e por vezes próximas aos seres do reino Animalia, podendo esses serem unicelulares ou pluricelulares, com células próximas a de organismos eucariontes, sendo que tais indivíduos possuem toda a carioteca individualizando seu material genético, membrana citoplasmática fosfolipídica (sem peptidoglicano como no caso das bactérias), a reprodução se dá por gemulação, brotamento ou de forma sexuada, dentre outras denominações (ALTHEERTUM, 2017).

Como é sabido, apesar de, por vezes, parecidos com plantas ou bactérias morfológicamente, contudo, os fungos se diferem dessas estruturalmente formando um reino próprio com peculiaridades e interesse médico e alimentar muito rico para o estudo e benefício humano.

As leveduras, organismos de maior interesse nessa revisão, são fungos unicelulares, que se reproduzem por brotamento ou gemulação, antes, com alto poder de multiplicação celular dada sua simplicidade estrutural, sendo a espécie *Saccharomyces cerevisiae* espécie historicamente mais importante desse grupo para processos fermentativos benéficos aos seres humanos (FALEIRO; ANDRADE; REIS JUNIOR, 2011).

O conceito de fermentação, como processo realizado pelos organismos citados, é amplo e consiste no processo de transformação de matéria orgânica a partir da ação microbiana catalisado por enzimas (PEREIRA JR.; BON; FERRARA, 2008).

A fermentação é ainda um processo que altera significativamente a matéria prima, resultando em um produto com maior valor nutricional, maior vida útil, assim como reduzida necessidade de refrigeração via de regra. Tal processo se dá pela ação microbiana (processo quimiorganotrófico) sobre carboidratos presentes em matéria orgânica, em condições favoráveis, resultando em um produto e resíduos, por vezes utilizando a via aeróbica, por vezes anaeróbica, tais organismos passam a agir sobre tal conteúdo oxidando tais açúcares.

Lenninger (1988) elucidou o processo fermentativo prelecionando que tais organismos se alimentam da glicose ou carboidrato correlato formando inicialmente moléculas de piruvato e em paralelo etanol ou lactato (a depender do tipo de

organismo e matéria prima), o objetivo é formar AcetilCoA, que passa pelo ciclo de Krebs e resulta finalmente em moléculas de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O.

Existem diversos tipos de fermentação, relacionados a tais tipos estão também os tipos de bactéria envolvidos nesses processos específicos, sendo frisados principalmente os seguintes nesse estudo: fermentação láctica, fermentação cítrica, fermentação butírica, fermentação alcoólica e fermentação acética.

## 2 DOS MICROORGANISMOS DE INTERESSE DA BIOTECNOLOGIA INDUSTRIAL

Em sequência, os microrganismos de interesse industrial devem ser selecionados e adquiridos, assim como apresentarem características específicas que viabilizem sua utilização.

Tais organismos podem ser obtidos geralmente através de isolamento a partir de recursos naturais, compra de culturas em coleção, fabricação e obtenção de organismo mutantes naturais, obtenção de mutantes induzidos por métodos convencionais e obtenção de organismos resultantes de técnicas de engenharia genética (BORZANI et al., 2001).

Desde a coleta a partir de recursos naturais que necessita de grande estudo e técnicas de seleção por parte de quem as coleta, até a compra de organismos viáveis em cultura, esses sendo naturais ou geneticamente modificados há uma graduação entre a viabilidade e o potencial produtivo de conversão de matéria prima por parte desses organismos a serem analisadas para interesse industrial.

Em paralelo, para ser considerada útil para a aplicação industrial, a bactéria ou fungo deve ter algumas características, dentre outras, apresentar eficiência na conversão do substrato em produto final, não produzir substâncias incompatíveis ou estranhas ao processo de fermentação que inviabilizem o produto final, não ser um organismo patogênico aos seres humanos, não exigir alta complexidade para conversão da matéria prima em produto final, não exigir meios de cultura inviáveis ou de alto custo econômico, possuir alta taxa de transformação da matéria prima liberando o produto final com a maior rapidez possível, dentre outros fatores (BORZANI et al., 2001).

O primeiro grande grupo de bactérias de interesse industrial são as bactérias lácticas, que via de regra são organismos anaeróbicos facultativos, tolerando oxigênio durante o processo de fermentação, estruturalmente gram-positivas, preferindo o crescimento em temperaturas de 20°C a 45°C (industrialmente são mantidas a 43°C), sensível ao aumento de pH esses organismos devem fermentar em ambiente controlado com pH em torno de 5,0 e 5,8 (ácido) (ALMEIDA et al. 2011; CARVALHO et al., 2005).

Dentre os diversos gêneros viáveis para aplicação industrial, a serem selecionados de acordo com o interesse industrial, o fator preponderante para a escolha é o substrato orgânico utilizado e a capacidade de conversão dos carboidratos, como será explicado adiante.

A Tabela 1 traz de forma sintética os gêneros bacterianos mais utilizados na indústria alimentícia de laticínios, ou seja, que durante seu processo de fermentação produzem ácido láctico, como segue:

Tabela 1: Gêneros de bactérias lácticas de interesse industrial

Carnobacterium
Enterococcus
Lactobacillus
Lactococcus
Leuconostoc
Oenococcus
Pediococcus
Streptococcus
Aerococcus
Tetragenococcus
Vagococcus
Weissella

Fonte: Autoria própria.

Somente entre os lactobacilos, os mais utilizados para a fermentação de laticínios, compreende organismos de espécies conhecidas pela população em geral, tais como *L. bulgaricus*, *L. casei*, *L. delbrueckii*, etc (FALEIRO, ANDRADE, REIS JUNIOR, 2011).

A matéria prima para a fermentação de bactérias lácticas é também variada, podendo utilizar-se desde soro de leite e queijo, melão, glicose, glicose de milho, resíduos da indústria de papel e polpa de celulose, etc.

Na fermentação alcoólica, em sequência, é juntamente com a fermentação láctica uma das mais exploradas no decorrer da história até a atualidade. Os agentes responsáveis pelo processo de fermentação são as leveduras, fungos unicelulares de várias espécies, inicialmente de origem selvagem, provenientes das superfícies das uvas e outras frutas, da superfície do material utilizado para produção de vinhos e outras fermentações ou ainda da inoculação de leveduras selecionadas, como ocorre atualmente (BOULTON et al, 2002 apud BARROS, 2013).

A engenharia genética também é um campo que cresceu no âmbito industrial na busca por leveduras mais tolerantes a ambientes com altas concentrações de glicose ou etanol, atuando em matérias primas diversificadas, assim como que possuam candidatos com maior capacidade de metabolismo ou com agentes antimicrobianos

Em primeiro momento, o interesse pela fermentação alcoólica vem sendo impulsionado pela indústria de combustíveis a nível global, tal técnica viabiliza a produção de etanol, uma das principais fontes naturais de substituição de combustíveis fósseis. Em segundo lugar, interesse desse estudo vem a produção de bebidas alcoólicas tais como vinhos, cachaaas, aguardentes, dentre outras que produzidas em larga escala impulsionam todo um mercado produtivo.

A criação de uma cultura vinícola, em especial, se mostra rentável e de alto padrão econômico, representando um dos marcos modernos da importância industrial desse tipo de processo fermentativo (BARROS, 2013).

Deferentemente do processo fermentativo láctico, anteriormente demonstrado, a fermentação alcoólica se mostra diferenciada pois nesta não se tolera a presença de bactérias, sendo um fator mensurável de qualidade a presença dessas ou não durante o processo de fermentação. O ideal é a presença de cepas de leveduras, desde as selvagens, presentes na própria matéria prima até leveduras selecionadas, adicionadas a matéria em forma de fermento em âmbito industrial (IBIDEM).

Quando há uma proliferação exacerbada de bactérias que se reproduz na matéria prima a ser metabolizada pela levedura, as colônias de bactérias se aderem as de levedura formando complexos visíveis ao olho nu, chamado de floculação. Tais flocos representam o decréscimo na qualidade do produto final e influência no resultado do processo de fermentação (LNF, 2013).



O principal agente desse processo de metaboliza o alcoólico   o *Saccharomyces cerevisiae*. Tal levedura em escala industrial   explorada amplamente, havendo, conforme citado, investimento de sua manipula o genética para oferecer melhor desempenho em diferentes matérias primas, assim como melhoramento de potencial de metaboliza o de carboidratos e resistência a condi es ambientais diversas (CRUZ, 2019).

Tabela 2: Diferentes cepas de *Saccharomyces cerevisiae*

Cepa	Matéria prima	Fonte
<i>S. cerevisiae</i> AT-3	Glicose	Tofighi et al. (2014)
<i>S. cerevisiae</i> SEMF1	Caldo de sorgo sacarino	Zhao et al. (2012)
<i>S. cerevisiae</i> NRRL Y-2034	Caldo de sorgo sacarino	Phutela e Kaur (2014)
<i>S. cerevisiae</i> KKU-VN8	Caldo de sorgo sacarino	Techaparin et al. (2017)
<i>S. cerevisiae</i> CCTCC M206111	Batata doce	Zhang et al. (2011)
<i>S. cerevisiae</i> Y-904	Sacarose	Cruz et al. (2018)
<i>S. cerevisiae</i> PE-2	Glicose	Gomes et al. (2012)
<i>S. cerevisiae</i> KL17	Galactose e glicose	Kim et al. (2014)

Fonte: Adaptado de CRUZ (2019).

A Tabela acima dentro o que foi exposto retro, simplificadaamente verifica-se, de acordo com a apresenta o de amplas fontes, diferentes cepas de leveduras da mesma espécie desenvolvidas através de sele o e melhoramento genético para atuar sob diferentes matérias primas.

Em rela o ao g nero, além do g nero *Saccharomyces* spp., outros gêneros também são utilizados em menor escala, a exemplo de *Pichia* spp., *Hansenula* spp. e até gêneros de *Candida* spp. (MARTINS; LIMA; MARTINS, 2015, CABRINI; GALLO, 1999).

Os carboidratos (sacarose, glicose e frutose) que sofrem o efeito do metabolismo dos microrganismos são transformados em etanol ( cido etílico) e dada alta capacidade de metaboliza o de a uc es por essas leveduras deve-se acompanhar industrialmente tal processo minuciosamente, vez que o fator `tempo\_ também pode influenciar no produto final, a exemplo de vinhos `secos\_ onde as leveduras consomem grande parte dos a uc es ora existentes e de vinhos suaves ou cachaças adocicadas (BARROS, 2013).

Frise-se que o processo de metaboliza o de a ucres pode ocorrer pelas vias aeróbicas (respira o) e anaeróbicas (fermenta o), a segundo ocorrendo pela via glicolítica.

A exemplo da questão dos vinhos, a matéria prima também   um fator importante para a qualidade do produto final, nesse exemplo onde a levedura irá atuar ser a uva. Portanto a qualidade da uva   um fator preponderante no processo de produ o de vinhos, fatores como a espécie, o clima da região onde a planta cresce, as propriedades fisiológicas das videiras e as rela es entre as plantas e o tempo, levando em considera o que essas plantas são via de regra adaptadas a climas temperados.

A fermenta o alcoólica das leveduras destacadas também se aplica a indústria de massas, em especial a de pão, presente no cotidiano do ocidente como um todo, frisando tal importância dessas leveduras.

Durante a metaboliza o por parte das leveduras h a forma o de CO<sub>2</sub>, que enquanto liberado possui a o como fermento, expandido a massa, processo que caracteriza a produ o de uma gama de produtos alimentícios biotecnológicos, tais como pizzas, pães, esfihas e similares (SILVA, 2017).

Em sequência, como um passo seguinte do metabolismo de determinados microrganismos, em paralelo, ocorre ainda a metaboliza o de etan is por bactérias ou síntese acética geralmente do g nero *Acetobacter* spp., microrganismos que transformam subprodutos orgânicos contendo etanol em vinagres (BORZANI, 2001).

Pode-se citar como bactérias de interesse nesse caso as *Acetobacteraceti*, *Acetobacterperoxidanse* *Acetobacterpasteurianus*, são essas as principais espécies utilizadas para a fabrica o de vinagres. Outros gêneros também utilizados em menor escala são o *Pseudomona* sp.e *Gluconobactersp*(UFRGS, 2019).

Tais bactérias metabolizam o  cool por meio de um processo de oxida o parcialmente aeróbica e produzem ácido acético e CO<sub>2</sub>, com alto interesse industrial dada sua aplica o na produ o de vinagres, temperos, ácido acético industrial, a o em bebidas de baixo teor alcoólico, dentre outras aplica es.

Quanto as matérias primas, historicamente utiliza-se ao redor do mundo técnicas para produ o de vinagre a partir de vinho de uvas destilados, saquê de

arroz, álcool etílico, outras frutas regionais como morango, maçãs ou bananas, adição de temperos e matéria prima destilada, dentre outras fontes (SIEPMANN; CANAN; COLLA, 2015).

Outro tipo de fermentação de alto interesse para a indústria de alimentos é a fermentação cítrica onde obtém-se ao final do processo de metabolismo de determinados fungos o ácido cítrico, utilizado na indústria de refrigerantes e outras bebidas, assim como aditivo em vários alimentos industrializados dado seu valor antimicrobiano, antioxidante, aromatizante e intensificador de sabor (ALMEIDA et al, 2011; SANTOS, 2005).

Os fungos que participam desse processo são aeróbicos, os mais importantes são o *Aspergillus niger* e *Aspergillus wentii*, contudo vários microrganismos são em maior ou menor potencial produtores de ácido cítrico em seu metabolismo, sendo estes fungos, leveduras ou até bactérias (IBIDEM).

Há uma infinidade de matérias primas utilizadas no processo de fermentação acético, dentre elas pode-se citar o resíduo de algodão, a polpa de frutas, resíduo de cervejaria, bagaço da cana, açúcar de beterraba, dentre outra infinidade de materiais orgânicos que contenham alto teor de sacarose ou outros carboidratos.

Cabe frisar que, conforme citado, as características do produto final em escala industrial depende de muitos fatores, a matéria prima é um desses, podendo agregar ou não o valor ao seu produto. O que faz uma indústria escolher sua matéria prima é essencialmente a biodisponibilidade e principalmente o custo dessa matéria que vai impactar consideravelmente na produção do ácido cítrico

Sobre o mecanismo de produção desse ácido, o metabolismo dos microrganismos irá quebrar preferencialmente sacarose em glicose, a glicose, por sua vez, é transformada em piruvato, o piruvato em AcetilCoA no ciclo de Krebs e posteriormente após as reações desse ciclo em citrato. O citrato será adicionado de hidróxido de cálcio, formando citrato de cálcio e então será separado por processo de filtração e centrifugação industrial, onde será separado do ácido cítrico (OLIVEIRA, 2011).

Outros processos fermentativos tem interesse em menor escala na indústria ou são estudados por interferir nos processos ora citados, a exemplo da fermentação butírica, que tem odor pútrido, alterando o pH e o aroma dos alimentos, desinteressante para maior parte dos processos industriais e a

fermentação propiônica, que ocorre na fermentação e maturação de determinados queijos, proporcionando o furinhos no material final, também conferindo características próprias ao produto.

Finalmente, a questão dos alimentos probióticos também merece a atenção desse estudo, uma vez que fruto da pesquisa de gerações e avanços tecnológicos percebeu-se que o fornecimento de alimentos com cepas de microrganismos vivos benéficos podem regular a flora intestinal, assim como ajudar no processo de digestão.

Os alimentos humanos probióticos ou também denominados alimentos funcionais possuem compostos biologicamente ativos que agregam valor aos produtos finais e são um nicho de mercado em crescimento no mundo todo (BALIZA; PIMENTA, 2018).

Cabe frisar que esses microrganismos não agregam valor necessariamente pela sua substância produzida ou por sua capacidade de metabolização de interesse industrial, mas destacam pela ação benéfica à saúde humana quando ingeridos.

A maioria desses microrganismos probióticos são de espécies ácido-láticas e de classificação gram-positiva, porém de gêneros variáveis. A seguir apresenta-se uma Tabela com um apanhado de gêneros e espécies verificados durante a presente pesquisa.

Tabela 3: Microrganismos probióticos

Bactérias					Leveduras
Lactobacillus	Bifidobacterium	Enterococcus	Streptococcus	Bacillus	Saccharomycetaceae
L. acidophilus	B. longum	E. faecium	S. thermophilus	B. clausii	S. boulardii
L. fermentum	B. breve			B. coagulans	S. cerevisiae
L. lactis	B. adolescentes				
L. rhamnosus	B. bifidum				
L. casei	B. infantis				
L. delbrueckii	B. longum				
L. plantarum	B. animalis				
L. salivarius	B. lactis HN019				
L. reuteri					

L. gasseri					
L. johnsonii					

Adaptado de Silva et al (2019), Monteiro Neto (2019), Carmo (2019), Santos; Varavallo (2011), Santos; Barbosa; Barbosa (2011).

Observa-se no quadro acima a imensa variedade de microrganismo com propriedades probióticas, sendo atualmente utilizados na indústria alimentícia, assim como na indústria de medicamentos, adicionados a alimentos lácteos, barras de cereal, bebidas fermentadas, dentre outros alimentos biotecnológicos disponíveis ao consumidor final.

### 3 DOS PROCESSOS INDUSTRIAIS DE CONVERSÃO DE MATÉRIA PRIMA EM PRODUTOS RELACIONADOS A ATIVIDADE MICROBIANA

Obviamente que no âmbito industrial, como citado deve-se selecionar os microrganismos, geralmente comprados em forma de fermento ou cultivo isolado pelas grandes indústrias, por seu potencial de metabolização, não a patogenicidade bom desempenho na recuperação de populações, não a produção de subprodutos que depreciem o produto final, dentre outras características aliadas a uma matéria prima de qualidade e baixo custo caracterizam os interesses industrial (BORZANI, 2001).

A utilização da vasta gama de microrganismos utilizado se fez possível dada a utilização de biorreatores industriais, que proporcionaram de formas diversas ambientes controlados e propícios a metabolização de matérias primas de modo acelerado e rentável por parte desses organismos.

Conceitualmente, denomina-se biorreator ou reator químico um reator que viabilize reações químicas de modo controlado, catalisadas por biocatalizadores que podem ser enzimas ou células vivas biologicamente, aqui inclui-se células bacterianas ou fúngicas. O objetivo é promover um aumento do desempenho microbiano e controlar as características finais do produto e dos subprodutos resultantes desse processo (SOUSA, 2016).

Tais biorreatores podem funcionar de modo contínuo ou descontínuo, a depender da matéria prima e do microrganismo de interesse, o que resulta em

diferentes técnicas industriais adaptadas, que visam, conforme ora explicado, maximizar a produção e alinhar a qualidade e características da produção.

O modo descontínuo se caracteriza por ser mais utilizado em produtos menores, de menor investimento ou mesmo produtos de alto padrão artesanal. Todo processo, mesmo contínuo, inicia-se de modo descontínuo a fim de criar uma população viável inicial de microrganismos para a produção em escala em mosto.

Nesse modo há a produção de inóculo inicial com maior pureza e concentração possível de microrganismos que serão transferidos posteriormente para biorreatores ou dornas controladas para dar início à linha de produção (BORZANI, 2001).

O modo contínuo, por sua vez, se caracteriza pela manutenção de volume constante de líquido no biorreator, aliada a constante realimentação do meio de cultura e retirada do caldo fermentado, assim como dos subprodutos. Esse modo é mais rentável, mais com um maior investimento inicial, maior dificuldade de manutenção e em caso de contaminação do caldo dos biorreatores uma perda maior de matéria prima e microrganismos (BORZANI, 2001).

Dada a conceitualização cabe apresentar exemplos modernos de fermentação em âmbito industrial, utilizando dos diversos modos de fermentação ora citados a fim de ilustrar a aplicação modernas desses microrganismos em âmbito industrial.

Na fermentação alcoólica, destaca-se como exemplo a utilização de biorreatores de modo contínuo, que ocorre a partir da extração de  $\text{CO}_2$  dentro do biorreator, assim o metabolismo celular pode seguir com o seu processo, produzindo tal gás sem que esse deposite em excesso no interior da câmara e desencadeie situação de morte de microrganismos, levando em consideração que altas concentrações de  $\text{CO}_2$  têm o efeito inibitório na atividade microbiana (MEDEIROS, 2019).

A técnica acima citada é chamada de fermentação extrativa com arraste gasoso, sendo de alta rentabilidade, vez que o  $\text{CO}_2$  liberado pelo processo em comento é canalizado por meio de tubulações e armazenado, sem necessidade de outros tratamentos industriais, vez que o gás produzido durante o processo microbiano tem pureza de 99%, podendo ser utilizado como fonte de outros ramos da indústria (IBIDEM).

Em paralelo, a utilização de processos de manutenção do levedor nas câmaras de fermentação (dornas), com a drenagem dos produtos finais produzidos, assim como a adição de matéria-prima a leveduras que atuaram anteriormente em dornas separadas produzem a reciclagem dos microrganismos durante o processo industrial (MEDEIROS, 2019).

Portanto tal utilização gera biorreatores altamente rentáveis, com leveduras recicláveis e subprodutos com valor de mercado, viabilizando uma rentabilidade diferenciada durante o processo fermentativo.

No processo de fermentação acética, por sua vez, verificou-se a utilização de processo industrial descontínuo ou semi-contínuo, dada a relação entre a fermentação alcoólica e acética, bem como da necessidade de maior quantidade de tempo para a ação das bactérias acéticas, no trabalho pesquisado de 18 a 30h a depender da concentração de etanol e da microbiota existente nas dornas (SIEPMANN; CANAN; COLA, 2016).

Na técnica em comento utiliza-se de reatores controlados em pares, onde em um primeiro ocorre a fermentação alcoólica, nesse caso de vinho de uvas, onde esse é posteriormente transferido a um segundo tanque para passar pelo processo de fermentação acética (IBIDEM).

No caso da fermentação cítrica, a técnica descontínua de fermentação é utilizada comumente de acordo com o motivo apresentado pela dependência do metabolismo dos fungos de oxigênio durante o processo, tanto na fase de reprodução dos organismos até a fase de acumulação do ácido cítrico na solução de matéria-prima, assim como a vulnerabilidade dos microrganismos a um processo apressado e contínuo, sendo que a velocidade de turbinas ou câmaras de transporte do caldo afetam, em alta velocidade, consideravelmente a morfologia do fungo e a produção de ácido cítrico (SANTOS, 2005).

Desse modo a utilização descontínua produtiva permite alta produtividade, dentro dos limites biológicos, aliada a manutenção da qualidade do ácido cítrico pela facilidade na difusão de gases, intensidade moderada de agitação do caldo, inibição de transferência de massa e calor que funcionem coibindo o processo de metabolismo celular, dentre outras vantagens (IBIDEM).

Demonstrados os exemplos, verifica-se as diferentes aplicações de diferentes microrganismos, assim como de técnicas industriais, de acordo com a cepa de microrganismos e o produto final que se deseja.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado o exposto, apresentou-se a vasta infinidade de microrganismos de interesse da indústria alimentícia, sendo esses organismos de diversos filos, gêneros e espécies diversas.

Cumpriu-se inicialmente com o objetivo de apresentar conceitos básicos sobre a temática, reiterando de modo embasado teoricamente o interesse histórico pelos processos de fermentação variados, assim como a importância que tais metabolismos microbianos representam para a alimentação humana.

Verificou-se, em seguida, que os microrganismos de interesse industrial tratam-se de bactérias e leveduras diversas que metabolizam carboidratos e produzem produtos importantes tais como ácido láctico, ácido etílico, ácido acético e ácido cítrico incorporados a outros produtos ou como produtos finais de importância alimentícia, ainda verificou-se a necessidade de melhoramento genético desses organismos visando atender a uma indústria que precisa de cepas resistentes, rentáveis, sustentáveis e produtivas.

Frisou-se além da importância das bactérias e leveduras citadas, a utilização dessas para o nicho de mercado de probióticos, em paralelo, verificando os mecanismos e as peculiaridades desses organismos.

Houve, então a discussão sobre a utilização de biorreatores e técnicas de aceleração do processo de fermentação, contínua ou descontínua, frisando a necessidade técnica e estudo para além do melhoramento das cepas de microrganismo, desenvolver-se meios que viabilizem sua reprodução e criem condições ideais para seu metabolismo, garantindo a produção em escala industrial e rentabilidade.



A presente revisão de literatura não tem o condão de esgotar tal discussão, afirma-se que houve em alguns pontos dificuldade em encontrar literatura científica atualizada suficiente, demonstra-se então a preocupação com a produção de novos trabalhos nesse sentido, propondo-se o presente estudo a ser fomentador dessa problemática.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Carolina Paz de; ROCHA, Jéssica Cristina; CARITE, Juliana Sena; SOUZA, Tamyres Martines de Almeida; SOUZA, Paulo Vitor dos Santos. Dossiê técnico: Biotecnologia na Produção de Alimentos. Universidade de São Paulo - USP. São Paulo-SP, Dezembro, 2011. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTY3Ng==>>. Acesso em: 3 nov. 2019.

BORZANI, Walter Coord. et al. Biotecnologia industrial. Volume 1. Engenharia Bioquímica. Ed Edgard Blücher Ltda.

CABRINI, Katia Teresinha; GALLO, Claudio Rosa. IDENTIFICAÇÃO DE LEVEDURAS NO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA EM USINA DO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL.. Sci. agric., Piracicaba, v. 56, n. 1, p. 207-216, 1999. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90161999000100028&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161999000100028&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 03 Nov. 2019.

CARMO, Monique Santos do. Prospecção de microorganismos com potencial probiótico contra enteropatógenos bacterianos. Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência da Saúde da Universidade Federal do Maranhão para obtenção de título de Doutora. Universidade Federal do Maranhão. São Luís-MA, 2019, 103f. Disponível em: <<https://tede2.ufma.br/jspui/handle/tede/2760>>. Acesso em: 05 Nov. 2019.

CARVALHO, Giovani Brandão Mafra de; BENTO, Camila Vieira; SILVA, João Batista de Almeida e. Elementos biotecnológicos fundamentais no processo cervejeiro: 1ª parte - As leveduras. Revista Analytica. Lorena-SP, Nº 25, Outubro - Novembro, 2006. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4075236/mod\\_resource/content/1/Carvalho2006%20Artigo\\_Analitica\\_1\\_As\\_Leveduras.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4075236/mod_resource/content/1/Carvalho2006%20Artigo_Analitica_1_As_Leveduras.pdf)>. Acesso em: 2 nov. 2019.

CRUZ, Mariana Lopes. Avaliação de condições operacionais na fermentação alcoólica VHG empregando diferentes cepas de *Saccharomyces cerevisiae*. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia

Química da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG, Fevereiro, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24567/3/AvaliacaoCondicoesOperacionais.pdf>>. Acesso em 05 Nov. 2019.

FALEIRO, F.G., ANDRADE, S.R.M., REIS JUNIOR, F.B. Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária. Planaltina-DF, 1ª ed, 2011, 730p.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOSSANI, Cristiani Miranda David; WALDMAN, Walter Ruggeri. Fermentação e Biotecnologia - História. Instituto Virtual de Estudos de Meio Ambiente, Campinas - SP, ano 2009, 2009. Disponível em: <<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/13075/13075.PDF>>. Acesso em: 3 nov. 2019.

LEHNINGER, Albert L..Princípios de bioquímica. São Paulo-SP, Sarvier, 1988. 723p.

LNF Latino-Americana. Leveduras selecionadas. São Bento-RS, 2013. Disponível em: <[https://inf.com.br/downloads/leveduras\\_selecionadas.pdf](https://inf.com.br/downloads/leveduras_selecionadas.pdf)>. Acesso em 05 Nov. 2019.

MARTINS Suzana Claudia Silveira Martins; LIMA, Renata Felix de; MARTINS, Claudia Miranda. Isolamento e caracterização de leveduras de caldo de cana de uma indústria de fermentação alcoólica no nordeste brasileiro. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer. Goiânia-GO, v.11 n.22; p. 3019, 2015. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015c/biologicas/Isolamento%20e%20caracterizacao.pdf>>. Acesso em 06 Nov. 2019.

MEDEIROS, Suellen Sousa. Fermentação alcoólica empregando altas concentrações de açúcares. Monografia de graduação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos necessários para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão do curso de Engenharia Química. Uberlândia-MG, 2019, 33f. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24267/3/Fermentacao%20alcoolica%20empregando%20altas%20concentracoes%20de%20acucars.pdf>>. Acesso em: 05 Nov. 2019.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). Pesquisa Social: Teoria, método e criatividade. 18 ed. Petrópolis - RJ: Vozes, 2001.

PEREIRA JR., Nei; BON, Elba Pinto da Silva; FERRARA, Maria Antonieta. Tecnologia de bioprocessos. Escola de Química/UFRJ. Rio de Janeiro-RJ, v. 1, 2008. 62 p.

SANTOS, R. B; BARBOSA, L. P. J. L; BARBOSA, F. H. F. Probióticos: microrganismos funcionais. Ciência Equatorial. Macapá-AP, v. 1, n. 2, 2011. p. 26-38. Disponível em: <<https://periodicos.unifap.br/index.php/cienciaequatorial/article/view/562>>. Acesso em: 05 Nov. 2019.

SANTOS, Rogério da Silva. Obtenção de ácido cítrico por fermentação submersa a partir de hidrolisado hemicelulósico em biorreator. Dissertação de

Mestrado - Faculdade de Engenharia Química de Lorena. Departamento de Biotecnologia. Lorena-SP, 2015. Disponível em: <<http://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/antigas/2005/BID05002.pdf>>. Acesso em: 04 Nov. 2019.

SANTOS, Taides Tavares dos. A importância de probióticos para o controle e/ou reestruturação da microbiota intestinal. Revista Científica do Itpac. Palmas-TO, v.1, n.1, Jan. 2011, p. 40 - 49. Disponível em: <<https://assets.itpac.br/arquivos/Revista/41/5.pdf>>. Acesso em: 05 Nov. 2019.

SIEPMANN, Francieli Begnini ; CANAN, Cristiane; COLLA, Eliane. Processos e substratos para produção de vinagres: Uma revisão. Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia. Medianeira-PR, v. 2, n. 12, p. 12-22, jul./dez. 2015. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/3200/7c80d223cf1d56a4bfb43f25de8fb393af01.pdf>>. Acesso em: 04 Nov. 2019.

SILVA, Cátia Ribeiro de Assis; SILVA, Arlei de Oliveira; JODAS, Luciana; SANTOS, Rogério Ferreira; BARBOSA, Sueli. Biotecnologia aplicada a produção de alimentos fermentados. Revista Científica União das Faculdades dos Grandes Lagos. São José do Rio Preto-SP v. 1, n. 1, 2017.

SILVA, Wenderson Costa da; SILVA, Eduardo Brito da; SILVA, Chrisllayne Oliveira da; SOUZA FILHO, César Augusto Pereira; SILVA, Rafael Andrade da; PEREIRA, Thalia Jeovana da Silva; CHAVES, Marta Valeria Soares; OLIVEIRA, Karen Laís Azevedo; OLIVEIRA, Cristina Soares; OLIVEIRA, Tatyane Maria Pereira de. A eficácia de agentes probióticos como terapia para a constipação intestinal na prática clínica: uma revisão integrativa. Unoesc & Ciência - ACBS. Joãoáaba, v. 10, n. 1, p. 15-22, jan./jun. 2019. Disponível em: <<https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/acbs/article/view/20077/12341>>. Acesso em: 04 Nov. 2019.

TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. Microbiologia. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TRIVIÇOS, Augusto. Introdução - pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

UFRGS. Bactérias utilizadas na produção de vinagre. In. Prfruta. Porto Alegre-RS, 2019. Disponível em: <[http://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/prfruta/vinagre/bact\\_b.htm](http://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/prfruta/vinagre/bact_b.htm)>. Acesso em: 03 Nov. 2019.

VELOSO, Camila Leão. Dossiê Técnico: Sistema de produção de vinagre. Instituto Eivaldo Lodi - IEL/BA. Salvador -BA, Maio 2013. Disponível em: <

