

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS ALIMENTOS  
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DOS ALIMENTOS**

**MATHEUS SAGRILO PECHINA**

**MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO PODER FERMENTATIVO DE FERMENTO  
BIOLÓGICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

PORTO ALEGRE

2021

**MATHEUS SAGRILO PECHINA**

**MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO PODER FERMENTATIVO DE FERMENTO  
BIOLÓGICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito parcial para obtenção do título de  
Engenheiro de Alimentos do Instituto de Ciência e  
Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Roberta Cruz Silveira Thys

PORTO ALEGRE

2021

MATHEUS SAGRILO PECHINA  
MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO PODER FERMENTATIVO DE FERMENTO  
BIOLÓGICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Alimentos

Aprovado em: Porto Alegre, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Roberta Cruz Silveira Thys – ICTA  
Orientadora

---

Prof. Dr<sup>a</sup> Florencia Cladera Olivera – ICTA  
Banca Examinadora

---

Tecnóloga de Alimentos Carolina Bueno – Mestranda PPGCTA  
Banca Examinadora

## RESUMO

O fermento biológico é um dos principais insumos da indústria de panificação. A eficácia do mesmo, durante o processo, está diretamente ligada à qualidade do produto final. A literatura disponibiliza várias metodologias para avaliação da eficácia do fermento biológico de panificação, entretanto, muitas não são expostas de maneira completa com relação ao protocolo de análise, assim como, em relação às demais características inerentes, como, tipo e funcionamento de equipamento utilizado, reconhecimento por método oficial, parâmetros da análise, dentre outras. Esta revisão busca evidenciar todos os métodos utilizados para avaliação de fermento biológico através de pesquisa realizada nos sites *Google Scholar* e *Science Direct*. A partir da busca realizada, foram identificados 12 diferentes métodos. Estes foram descritos e classificados quanto: ao reconhecimento como método oficial de alguma instituição, aos tipos de equipamentos utilizados e ao parâmetro medido na análise. As informações obtidas nesta revisão podem auxiliar cientistas e indústrias de panificação a entenderem o funcionamento de cada método descrito, assim como, a escolherem aquele que melhor se adapta à sua realidade.

Palavras-chave: fermento; *Saccharomyces cerevisiae*; poder de gaseificação.

## **ABSTRACT**

Yeast is one of the primary raw materials of the bakery industry. The effectiveness of this input during the process is directly linked to the quality of the final product. The literature provides several methodologies for evaluating the efficacy of baking yeast; however, they are not thoroughly explained, showing a lack of details of the analysis protocol and other inherent characteristics, such as type and functioning of the utilized equipment, recognition as official method analysis parameters, among others. This review seeks to highlight all the methods used to evaluate yeast in research carried out on the Google Scholar and Science Direct databases. Twelve different methods were identified, described, and classified according to the recognition as an official method of an institution, the types of equipment used, and the parameter measured in the analysis. The information obtained in this review can help scientists and bakery industries understand the operation of each method described and choose the one that best adapts to their reality.

**Keywords:** Yeast. *Saccharomyces cerevisiae*. Gassing power.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fermógrafo ATTO Corporation .....	23
Figura 2 - Risógrafo National Manufacturing Corporation .....	25
Figura 3 - Rheofermentômetro Chopin .....	26
Figura 4 - Aparato utilizado do método da proveta invertida .....	27
Figura 5 - Fermentômetro .....	29
Figura 6 - Aparelho de Chittick .....	30
Figura 7 - Fermentógrafo SJA, Mekab sales .....	32
Figura 8 - Pressuromêtro .....	33
Figura 9 - Análise de expansão da massa.....	34
Figura 10 - Foto (a) e esquema (b) do aparato utilizado no método sistema triagem de multifermentação .....	35
Figura 11 - Zimotachigráfo Chopin .....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação dos métodos avaliativos de poder fermentativo de fermento biológico encontrados na literatura .....	15
Tabela 2 - Descrição das instituições reconhecedoras dos métodos oficiais de avaliação de poder fermentativo de fermento biológico .....	20
Tabela 3 - Classificação dos métodos quanto ao uso de equipamento ou aparato de análise .....	21
Tabela 4 - Classificação dos métodos quanto ao parâmetro utilizado para quantificação do resultado .....	22

# Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 OBJETIVOS.....	9
1.1.1 Objetivo geral.....	9
1.1.2 Objetivos específicos.....	9
2 ARTIGO.....	10
2.1 Resumo.....	11
2.2 Introdução.....	12
2.3 Metodologia.....	13
2.4 Resultados.....	14
2.4.1 Identificação dos métodos de avaliação de poder fermentativo de fermento biológico disponíveis na literatura.....	14
2.4.2 Classificação e descrição dos métodos encontrados.....	19
2.5. Descrição dos métodos.....	22
2.5.1 Fermógrafo.....	22
2.5.2 Risógrafo.....	24
2.5.3 Reofermentômetro.....	25
2.5.4 Método da proveta invertida.....	27
2.5.5 Fermentômetro.....	28
2.5.5.1 Fermentômetro caseiro.....	30
2.5.6 Fermentógrafo.....	31
2.5.7 Pressurômetro.....	32
2.5.8 Expansão da massa (Béquer - Proveta).....	33
2.5.9 Sistema de triagem de multifermentação.....	34
2.5.10 Zimotachigráfo.....	35
2.5.11 Seringa.....	36
2.5.12 Titulação.....	37
2.6. Conclusão.....	37
2.7 Referências.....	38
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
4 REFERÊNCIAS.....	48

## 1 INTRODUÇÃO

A necessidade de uma avaliação prévia das matérias-primas utilizadas na indústria é de extrema importância, pois esta etapa é fundamental para garantir a qualidade de todo o processo e, principalmente, do produto final. Para os consumidores em geral, um produto de qualidade é aquele que atinge a finalidade para a qual ele foi obtido. Desta forma, o controle de toda a cadeia produtiva se faz cada mais necessário.

Em uma indústria de pães, a matéria-prima que exige maior cuidado é o fermento biológico fresco. Por se tratar de um produto extremamente susceptível a qualquer alteração de temperatura, um maior cuidado é necessário, desde sua produção, transporte e armazenamento, até o momento de sua utilização. Sendo assim, para a indústria que o recebe como matéria-prima, a análise realizada no controle de qualidade no recebimento, torna-se de grande importância.

Existem diversos métodos de se avaliar a qualidade do fermento biológico, desde métodos mais simples, como o “teste do copo”, onde uma amostra de fermento é adicionada a uma solução de açúcar para avaliar sua atividade, até métodos mais complexos e que necessitam de equipamentos, como o caso do reofermentômetro.

Este trabalho teve como objetivo buscar na literatura, informações científicas a respeito dos métodos utilizados para avaliação do poder fermentativo de amostras de fermento biológico, visando ser uma fonte de informação para indústrias de panificação de diversos portes. Este aparato de informações visa facilitar a tomada de decisão em diferentes cenários.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo geral**

O objetivo do presente trabalho foi revisar, através de uma busca literária sistêmica, os métodos disponíveis para a avaliação do poder fermentativo de fermento biológico utilizado pela indústria de panificação.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Escolher o acervo utilizado para a realização das buscas.
- Identificar os descritores utilizados nas buscas para potencializar a identificação dos métodos disponíveis para avaliação de fermento biológico.
- Selecionar os artigos e trabalhos encontrados de acordo com o tema do estudo, através de leitura de título e do item “Material e Métodos” de cada artigo.
- Fazer a leitura minuciosa dos artigos selecionados.
- Buscar material complementar aos artigos selecionados, de forma a obter a descrição completa de cada metodologia identificada.
- Detalhar equipamentos, materiais, reagentes, parâmetros de processo, assim como, o tamanho e a forma das amostras utilizadas em cada método de análise identificado.
- Identificar as características em comum aos métodos encontrados, para uma possível classificação dos mesmos.

## 2 ARTIGO

Este trabalho foi escrito em formato de artigo e formatado conforme as instruções do guia para autores da revista *Journal of Cereal Science*.

Título do artigo:

Métodos de avaliação do poder fermentativo de fermento biológico: Uma revisão sistemática

Autores:

Matheus Pechina. Instituto de Ciência de Tecnologia de Alimentos (ICTA), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Roberta Cruz Silveira Thys. Instituto de Ciência de Tecnologia de Alimentos (ICTA), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

## 2.1 Resumo

O fermento biológico é uma das principais matérias-primas da indústria de panificação. A eficácia deste insumo, durante o processo, está diretamente ligada à qualidade do produto final. A literatura disponibiliza várias metodologias para avaliação da eficácia do fermento biológico de panificação, entretanto, muitas não são expostas de maneira completa com relação ao protocolo de análise, assim como, em relação às demais características inerentes, como, tipo e funcionamento de equipamento utilizado, reconhecimento por método oficial, parâmetros da análise, dentre outras. Esta revisão busca evidenciar todos os métodos utilizados para avaliação de fermento biológico em pesquisas realizadas nos sites *Google Scholar* e *Science Direct*. Foram identificados 12 diferentes métodos, que foram descritos e classificados quanto ao reconhecimento como método oficial de alguma instituição, aos tipos de equipamentos utilizados e ao parâmetro medido na análise. As informações obtidas nesta revisão podem auxiliar cientistas e indústrias de panificação a entenderem o funcionamento de cada método descrito, assim como, a escolherem aquele que melhor se adapta à sua realidade, em função de nível de investimento e complexidade.

Palavras-chave: fermento; *Saccharomyces cerevisiae*; poder de gaseificação.

## 2.2 Introdução

O consumo de pão fermentado se deu início há, aproximadamente, 6000 anos. Entretanto, apenas na década de 1850, com os experimentos de Louis Pasteur, foi possível começar a entender a natureza do processo de fermentação. Pasteur concluiu que a chave do processo era o poder de produção de gás (dióxido de carbono) por uma classe específica de fungo, mais especificamente, as leveduras (McGee H., 2004).

Leveduras são um grupo de microrganismos unicelulares, com mais de 100 espécies conhecidas. Muitas delas são responsáveis por causar doenças transmitidas por alimentos e outras por causar deterioração em alimentos. Porém, uma em específico, é ideal para fabricação de bebidas e pães fermentados, a *Saccharomyces cerevisiae* (McGee H., 2004).

O fermento (*Saccharomyces cerevisiae*) pode ser considerado o principal ingrediente na indústria de panificação já que ele é o responsável pelo principal processo, a fermentação da massa. Este processo tem a função de proporcionar o volume final do produto, além da formação de algumas características sensoriais. O poder de produção de dióxido de carbono durante o processo de fermentação é um dos melhores indicadores de qualidade do fermento, em geral, para um fermento de alto desempenho é esperado um alto poder de produção de dióxido de carbono, gerando um produto final de maior qualidade. (Rad and Kasaie, 2017).

A literatura disponibiliza várias metodologias para avaliação da eficácia do fermento biológico de panificação, entretanto, muitas não são expostas de maneira completa com relação ao protocolo de análise, assim como, em relação às demais características inerentes, como, tipo e funcionamento de equipamento utilizado, reconhecimento por método oficial, parâmetros da análise, dentre outras.

Este estudo busca identificar, descrever e caracterizar os métodos analíticos disponíveis na literatura para avaliação do poder fermentativo do fermento biológico utilizado pela indústria de panificação.

## 2.3 Metodologia

A pesquisa bibliográfica foi realizada em quatro etapas, segundo metodologia descrita por Soares et al. (2018), com algumas adaptações. A primeira etapa consistiu na definição do acervo (base de dados) e dos descritores utilizados para a busca; na segunda etapa foi realizada a leitura prévia do resumo e do item materiais e métodos, para a realização da primeira triagem das publicações; a terceira etapa englobou uma leitura seletiva, onde foram realizadas as escolhas das publicações que referiam-se estritamente ao tema proposto e, na quarta etapa, foi realizada a leitura crítica e reflexiva das publicações, que consistiu em uma leitura minuciosa, na íntegra, de toda a publicação.

A pesquisa manteve seu foco em encontrar métodos que avaliassem o poder fermentativo de amostras de fermento biológico utilizado em panificação. Como objetivo era alcançar uma visão geral dos métodos disponíveis pela literatura, não foi determinado um período de anos ou uma data limite para as publicações selecionadas.

Para a busca dos artigos foram utilizados os seguintes descritores:

- “*gassing power*”;
- “*yeast gassing power*”;
- “*baker's yeast gassing power*”;
- “*Saccharomyces cerevisiae gassing power*”.

Os artigos científicos foram buscados nas bases de dados *Google Scholar* e *Science Direct*, em língua inglesa, entre os dias 20 de fevereiro e 20 de março de 2021. Foram avaliados os primeiros 50 artigos encontrados nas ferramentas de busca para cada descritor utilizado.

Através da busca às bases de dados foram selecionados 176 artigos para a segunda etapa. Nesta, a inserção da leitura prévia do item “materiais e métodos”, além do item “resumo”, foi realizada. Esta inserção ocorreu visto que a descrição da metodologia de avaliação do poder fermentativo do fermento biológico não é, em geral, descrita ou referenciada no resumo. Neste segundo momento, foram selecionados 64 artigos, onde, foram identificados 12 diferentes métodos.

A terceira etapa teve como objetivo identificar, entre os artigos que referenciavam o mesmo método, qual o fazia de forma mais clara e completa. Nesta etapa foram selecionados 16 artigos. Em alguns casos, visto que procedimentos

e/ou alguns detalhes do método não estavam descritos na íntegra, informações adicionais foram buscadas em literatura complementar, como livros, manuais de equipamentos ou sites dos fabricantes dos equipamentos.

Com os artigos selecionados, a quarta etapa consistiu em avaliar e descrever os métodos encontrados, levando em consideração o tipo de equipamento ou vidraria utilizada, existência de vínculo com métodos oficiais reconhecidos, princípio de funcionamento e parâmetros do processo.

## **2.4 Resultados**

### **2.4.1 Identificação dos métodos de avaliação de poder fermentativo de fermento biológico disponíveis na literatura**

Foram selecionados 64 artigos que continham 12 métodos diferentes relacionados à avaliação de poder fermentativo de fermento biológico (seco e/ou fresco). A Tabela 1 apresenta a relação de todos os métodos encontrados, o percentual de vezes que cada método foi citado com relação ao total de artigos selecionados e as respectivas fontes.

Tabela 1. Relação dos métodos avaliativos de poder fermentativo de fermento biológico encontrados na literatura.

Método	Número de citações	Percentual de citação (%)	Fonte (s)
Fermógrafo (Fermograph)	10	15,63	(Ballester-Tomás et al., 2016) (Hino et al., 1990) (Izawa et al., 2004) (Nakagawa and Ouchi, 1994) (Sasano et al., 2010) (Sasano et al., 2012) (Sasano et al., 2013) (Shima et al., 1999) (Tsolmonbaatar et al., 2016) (Yamauchi et al., 2004)
Risógrafo (Risograph)	10	15,63	Abd El-Hady et al., 1999 Ayati et al., 2017 Gélinas et al., 1996 Gélinas et al., 2018 Gélinas and McKinnon, 2018 Häggman and Salovaara, 2008 Hou and Hsu, 2013 Phimolsiripol et al., 2008

			Struyf et al., 2017 Yi and Kerr, 2009
			Abd El-Hady et al., 1999 Adam, 1999 Ananingsih et al., 2013 Gao et al., 2017 Gobbetti et al., 1995 Hernandez-Lopez et al., 2003 Koh et al., 2020 M. Gobbetti, 1998 Sanz Penella et al., 2008 Wick et al., 2003
Rheofermentômetro (Rheofermentometer)	10	15,63	
			Kasaie et al., 2017 Meziani et al., 2012a Meziani et al., 2012b Peighambardoust et al., 2010 Rad and Kasaie, 2017 Spreutels et al., 2013 Spreutels et al., 2014 Wang et al., 2016 Wang et al., 2017
Proveta invertida (Inverted cylinder)	9	14,06	
Fementômetro (Fermentometer)	8	12,50	Burrows and Harrison, 1959

			Havet et al., 2000 Hernández-López et al., 2007 Meric et al., 1995 Panadero et al., 2005 Teunissen et al., 2002 Van Dijck et al., 1995 Wick et al., 2003
			Abdel-Rahman et al., 2017 Autio and Mattila-Sandholm, 1992 Autio and Sinda, 1992 Akbari et al., 2012 Lin et al., 2015 Nassar et al., 2015 Zounis et al., 2002) Wick et al., 2003
Fermentógrafo (Fermentograph)	8	12,50	Introduction, 2015 Lazo-Vélez et al., 2013 Rad and Kasaie, 2017 Sapirstein et al., 2007
Pressurômetro (Pressurometer)	4	6,25	Al-Eid et al., 2010 Borzani, 2004
Expansão da massa (Béquer – Proveta)	4	6,25	

			Izawa et al., 2004 Izawa et al., 2007
Sistema de triagem de multifermentação (Multi Fermentation Screening System - MFSS)	2	3,13	Dunås, 1988 George et al., 1998
Zymotachigráfo (Zymotachigraph)	2	3,13	Tanghe et al., 2004 Teunissen et al., 2002
Seringa	1	1,56	Zhou et al., 2017
Titulação	1	1,56	Riobotta et al., 2013

#### **2.4.2 Classificação e descrição dos métodos encontrados**

De forma geral, os métodos encontrados nesta revisão podem ser classificados quanto aos seguintes aspectos: reconhecimento de órgão oficial, parâmetro utilizado para quantificação do resultado e utilização de equipamento específico.

Dentre os 12 métodos encontrados, 4 são reconhecidos oficialmente por alguma instituição (Tabela 2).

Tabela 2. Descrição das instituições reconhecedoras dos métodos oficiais de avaliação de poder fermentativo de fermento biológico.

Equipamento	Nome da instituição, em português	Sigla oficial da instituição, em inglês	Código do método	Fonte
Fermógrafo	Associação da Indústria de Fermento do Japão	JYIA	Não possui	ATTO Corporation 2021
Risógrafo	Associação Americana de Químicos de Cereais	AACC	89-01.01	AACC Method 89-01.01, 2021
Fermentógrafo	União Internacional de Química Pura e Aplicada	IUPAC	-	Mekab sales, 2021
Pressurômetro	Associação Americana de Químicos de Cereais	AACC	22-11.01	AACC Method 22-11.01, 2021

Com relação ao uso de equipamentos próprios para análise, os 4 métodos oficiais listados pela Tabela 2 também utilizam equipamentos desenvolvidos especialmente para esta finalidade. São eles: Fermógrafo, Risógrafo, Fermentógrafo e Pressurômetro. Além deles, mais dois métodos possuem equipamentos próprios (Tabela 3). Os demais métodos utilizam um aparato mais simples, geralmente um conjunto de algumas vidrarias ou equipamentos menos complexos.

Tabela 3. Classificação dos métodos quanto ao uso de equipamento ou aparato de análise.

Método	Equipamento específico	Aparato para análise
Fermógrafo	x	
Risógrafo	x	
Rheofermentômetro	x	
Proveta invertida		x
Fementômetro		x
Fermentógrafo	x	
Pressurômetro	x	
Expansão da massa		x
Sistema de triagem de multifermentação		x
Zimotachigráfo	x	
Seringa		x
Titulação		x

A variação da pressão mostrou ser o parâmetro de medida mais frequente dentre os métodos encontrados (Tabela 4), visto ser utilizada por 6 métodos. O volume de gás produzido foi o segundo parâmetro mais frequente (4 métodos) e a variação do volume da massa e a quantificação por meio de titulação foram parâmetros utilizados por um método apenas.

Tabela 4. Classificação dos métodos quanto ao parâmetro utilizado para quantificação do resultado.

Método	Parâmetro utilizado para quantificação do resultado			
	Variação de pressão	Volume de gás produzido	Variação de volume massa pão	Titulação
Fermógrafo	x			
Risógrafo	x			
Rheofermentômetro	x			
Proveta invertida		x		
Fementômetro		x		
Fermentógrafo	x			
Pressurômetro	x			
Expansão da massa			x	
Sistema de triagem de multifermentação	x			
Zimotachígrafo		x		
Seringa		x		
Titulação				x

## 2.5. Descrição dos métodos

### 2.5.1 Fermógrafo

Este equipamento é definido como um monitorador de gases multicanais automatizado, usado para avaliar a habilidade de produção de gás por microrganismos. Ele é produzido pela Atto Corporation do Japão. Entre seus principais recursos estão, (a) a quantificação do volume de gás e o processamento de dados automatizado, (b) a medição do volume de gás em intervalos pré-definidos, (c) a medição da retenção de gás, (d) a medição e o controle da temperatura do processo e, (e) o equipamento pequeno, leve e de fácil manutenção (ATTO Corporation 2021) (Figura 1).

O princípio de medição se baseia na movimentação de uma coluna de água causada pela variação de pressão obtida com a produção de dióxido de carbono durante o processo de fermentação. Uma amostra padrão de massa é colocada em uma garrafa com tampa de rosca (para facilitar a vedação), um tubo faz a ligação da garrafa a uma das câmaras manométricas do equipamento. Conforme ocorre a formação dos gases durante a fermentação, a coluna de água é empurrada, gerando uma variação de pressão que é convertida a volume pelo equipamento. No caso da análise de retenção de gases da massa, o procedimento é realizado simultaneamente em duas câmaras manométricas. A primeira, com o mesmo processo descrito anteriormente, enquanto na segunda, utiliza-se uma outra garrafa com tampa de rosca. Nesta segunda garrafa fica uma solução de hidróxido de potássio (KOH) que será responsável por absorver o dióxido de carbono em excesso (não retido pela massa). A diferença entre as duas câmaras manométricas dará o resultado de gás retido pela massa (ATTO Corporation 2021).

A massa padrão utilizada pode variar de acordo com o método escolhido. Sasano et al. (2010) descrevem a metodologia utilizada por Nishida et al. (2014). A formulação da massa base para o teste contém 100 g de farinha específica para panificação (13,5% de umidade), 5 g de sacarose, 2 g de sal (NaCl), 2 g de fermento (67% de umidade) e 67 ml de água.

Segundo informações fornecidas pelo fabricante do equipamento, as principais especificações são: até 60 medições em um único ciclo de análise; intervalo entre medições de 5 até 120 minutos; sem limite para produção total de gás; resolução de 0,2 ml; precisão de  $\pm 2\%$ ; peso da amostra de massa padrão 20 g (ATTO Corporation, 2021).

Figura 1. Fermógrafo ATTO Corporation.



Fonte: ATTO Corporation, 2021.

### 2.5.2 Risógrafo

Os equipamentos citados pelos trabalhos que abordavam esta metodologia tinham diferentes fabricantes, um deles era o Risógrafo da empresa National Manufacturing Corporation (Lincoln, NE) (Figura 2) e o outro, o Risógrafo da empresa Rdesign (Pullman, WA).

O método é capaz de determinar o volume de produção total de gás pelo fermento com o passar do tempo. Ele permite comparar resultados entre diferentes amostras de fermento, desde amostras de fermento biológico fresco (30% de sólidos) até fermento biológico seco (92% de sólidos) e, com leves modificações no procedimento, até mesmo amostras de fermento seco instantâneo (95% de sólidos). A quantidade de açúcar pode influenciar diretamente nos resultados obtidos, o ideal é que se use formulações com 0 %, 8 % e 20% de açúcar (base de farinha). Para se obter resultados significativos deve-se manter um padrão nas formulações testadas (AACC Method 89-01.01., 2021).

O protocolo da análise exige que as amostras de formulação padrão contendo o fermento a ser testado sejam colocadas em frascos selados do próprio equipamento. Estes frascos são posicionados dentro da cuba metálica em um banho com temperatura controlada e ligados aos canais de medição do equipamento por mangueiras, que são ligadas a manômetros digitais (Ayati et al., 2017). Conforme a produção de gás ocorre, a pressão no sistema é registrada. Este valor de pressão é convertido em volume através da equação da Lei dos Gases ( $PV=nRT$ ). Assim que as leituras vão sendo realizadas, o gás é liberado, fazendo com que a célula retorne a pressão atmosférica. A eliminação da pressão no sistema permite que a amostra de fermento alcance seu poder máximo de fermentação durante todo o processo. O resultado da análise pode ser representado de três formas, a taxa de produção de gás, a produção de gás por intervalo de tempo ou volume total acumulado (Hou and Hsu, 2013).

Figura 2. Risógrafo da National Manufacturing Corporation.



Fonte: Risograph - National Manufacturing, 2014.

### 2.5.3 Reofermentômetro

O equipamento utilizado por esta metodologia (Figura 3) é fabricado pela empresa francesa Chopin Technologies, especializada na produção de ferramentas analíticas para controle de qualidade de grãos, farinhas e seus derivados.

O Reofermentômetro é um equipamento extremamente completo, sendo capaz de medir a produção e a retenção do dióxido de carbono. Ele é capaz de apresentar resultados de diversos parâmetros em relação ao poder fermentativo das amostras analisadas como, volume total de gás produzido em ml, total de gás não retido pela massa em ml, volume de gás retido na massa em ml, tempo em que a massa começa a liberar dióxido de carbono, entre outros (Chopin Technologies, 2019).

O equipamento é formado por uma câmara de fermentação termostática selada, contendo um vaso de alumínio perfurado (poros de 0,4 mm) conectado a um manômetro (Gobbetti et al., 1995). A verificação da pressão é realizada a cada 45 segundos. Com um sistema de válvulas solenoides e purificadores, as medições

ocorrem em dois ciclos. No ciclo direto, o equipamento mede a produção total de dióxido de carbono, enquanto, no ciclo indireto, é medido a retenção de gás (Chopin Technologies, 2019).

Neste método, também se faz necessário o uso de uma formulação padrão para a obtenção de resultados confiáveis. Sergio O. Serna-Saldivar, em seu livro *Cereal Grains: Laboratory Reference and Procedures Manual (Food Preservation Technology)*, orienta a preparação da formulação padrão para o teste da seguinte forma: 100 gramas de farinha, 4,5 % de fermento biológico fresco ou 1,5 % de fermento biológico seco, 20 % de açúcar, água (de acordo com o melhor valor obtido em uma análise prévia utilizando um farinógrafo), 1,5 % de sal e 3,5 % de gordura vegetal (todos em base de farinha). A massa deve ser misturada até que a rede de glúten se desenvolva (Serna-Saldivar, 2012).

Figura 3. Rheofermentômetro Chopin.



Fonte: Chopin Technologies, 2019

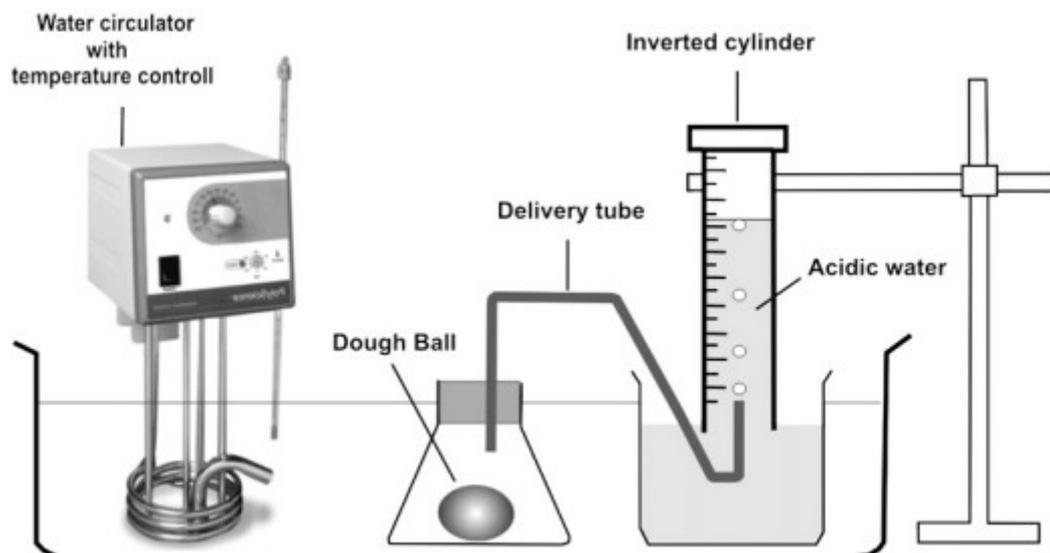
### 2.5.4 Método da proveta invertida

O método da proveta invertida, apresentado por Peighambardoust et al. (2010) é descrito como um dispositivo de medição simples e não faz uso de nenhum equipamento complexo, apenas vidrarias, um agitador e um banho com temperatura controlada (Figura 4).

A obtenção do resultado se baseia na quantificação do dióxido de carbono produzido durante a fermentação de uma amostra de massa, contendo o fermento que se deseja analisar. Para tal, cinco gramas de massa (Farinha, 54,5% água, 1,8% fermento biológico e 1% glicose, todos base farinha) recentemente produzida é colocada em um frasco hermeticamente fechado é dentro de um banho com agitação e temperatura controlada. Para que o dióxido de carbono produzido na fermentação seja coletado e quantificado, o frasco é conectado por meio de um tubo, passando por bécquer contendo uma solução ácida, a uma proveta graduada suspensa (posição invertida) (Peighambardoust et al., 2010).

Para evitar que o gás produzido sofra dissolução na água, uma solução acidificada (pH 2) é utilizada. A temperatura do banho é mantida em 40 °C para simular uma câmara de fermentação. O resultado obtido é expresso em centímetros cúbicos de dióxido de carbono por 5 gramas de amostra (Peighambardoust et al., 2010).

Figura 4. Aparato utilizado no método da proveta invertida.



Fonte: Peighambardoust et al., 2010.

### 2.5.5 Fermentômetro

O fermentômetro é um aparato complexo, dos 8 artigos citados, 5 citam o modelo descrito por Burrows & Harrison (1959), em outras 2 oportunidades foi citado o modelo de Chittick, também chamado de “fermentômetro caseiro” (Hernández-López et al., 2007) (citado no item 2.2.5.1) (Figura 5).

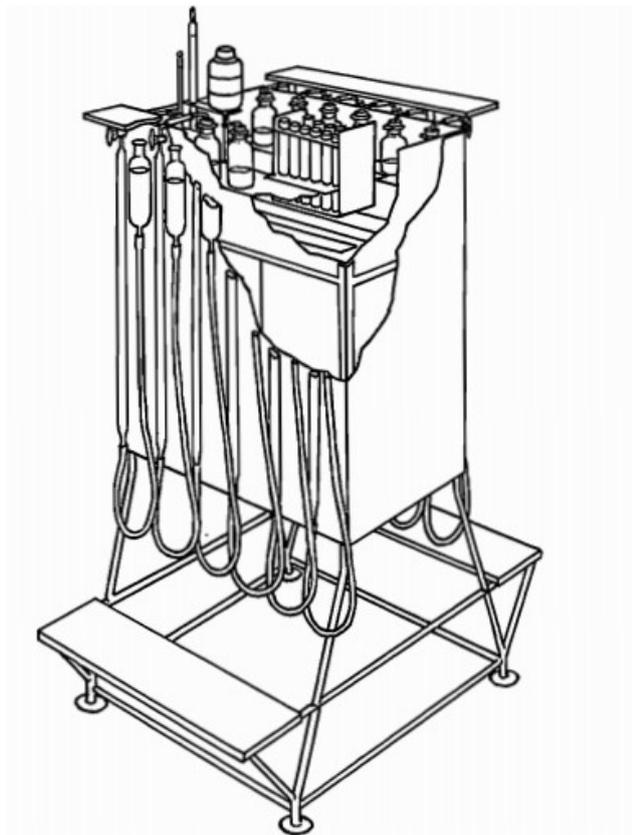
O aparato descrito por Burrows & Harrison em 1959 é bem complexo (Figura 5), consistindo em um banho maria com as dimensões aproximadas de 72 cm x 30 cm x 30 cm, montado em um suporte, totalizando uma altura de aproximadamente 120 cm. O banho maria possui aquecimento elétrico e um termostato para controle da temperatura (30 °C). Além disso, possui um suporte rígido para acomodar os frascos contendo as amostras. Os frascos fermentadores são posicionados na altura equivalente à borda do banho maria e, quando em uso, a água deve permanecer na altura da metade do gargalo. Os frascos são de vidro, possuem gargalo largo, fundo achatado e capacidade de 200 ml. No centro do banho maria fica uma prateleira para 20 tubos herméticos de metal para se armazenar tubos de ensaio contendo amostras. Nas laterais do banho buretas (capacidade de 100 ml e graduação de 0,2 em 0,2 ml) são ligadas aos frascos fermentadores pela parte superior, por conexões contendo um registro. As buretas são responsáveis por medir a quantidade de gás formado. Na parte inferior, as buretas são ligadas por tubos a reservatórios de 200 ml, contendo uma solução cloreto de cálcio (Burrows & Harrison, 1959).

A amostra de farinha é pesada (20 g) e transferida para um tubo de ensaio seco. O tubo é fechado com uma tampa hermética (rolha, por exemplo), e colocado na prateleira de incubação a 30 °C por, pelo menos, 30 minutos. Após, os frascos são colocados em posição e conectados às buretas. O aparato é preenchido com a solução de cloreto de cálcio e o menisco é nivelado. Pesa-se 3,54 gramas de fermento e se transfere para um béquer pequeno, a amostra é suspensa em uma solução de cloreto de cálcio e sulfato de amônio. A suspensão contendo a amostra de fermento é transferida para um balão volumétrico de 100 ml e completado até a marca. Assim que todas as amostras estiverem preparadas, 15 ml de cada suspensão são transferidos para os frascos fermentadores. Esta etapa deve ser concluída em até 15 minutos. Em seguida, 20 g da amostra de farinha incubada são adicionados a cada frasco fermentador. A mistura é homogeneizada por 40 segundos (deve-se limpar bem a espátula com um pedaço de papel-filtro e jogar

dentro do frasco fermentador). Novamente, os frascos fermentadores são fechados, deve-se manter um intervalo de 1 minuto entre o preparo de cada amostra. Após finalizar o preparo de todas as amostras, os registros de cada frasco fermentador são liberados. Depois de 45 minutos, deve-se fechar os registros e acertar o menisco das buretas novamente, em seguida os registros são abertos novamente e se dá início à análise (Burrows & Harrison, 1959). A cinética da produção de gás e o volume total de gás produzido pode ser observado fazendo medidas do nível de água a cada 10 minutos (Meric et al., 1995).

Burrows & Harrison (1959) afirmam que as principais vantagens deste método são o uso de vidrarias e equipamentos comuns presentes em laboratórios como banhos-maria, termostatos e buretas. O método utiliza pequenas porções de amostras. Outra vantagem é o número de amostras por análise, com um aparato para 12 frascos fermentadores e 2 conjuntos de frascos, um operador é capaz de realizar 24 análises em um dia (Burrows & Harrison, 1959).

Figura 5. Fermentômetro



Fonte: Burrows & Harrison (1959).

### 2.5.5.1 Fermentômetro caseiro

Como comentado anteriormente, dois artigos citaram o uso de fermentômetro caseiro, também chamado de aparelho de Chittick (Panadero et al., 2005). Este aparato é muito semelhante ao descrito por Burrows & Harrison (1959), entretanto, capaz de avaliar uma amostra por vez (Figura 6).

A amostra a ser analisada é disposta em um kitassato ligado pela sua saída lateral, por um tubo, a uma conexão em formato “T”. Uma das extremidades da conexão possui um registro e a outra é ligada a uma bureta graduada para a medição do gás. A bureta de medição é ligada a um segundo compartimento nivelador através de um tubo. O bocal superior do kitassato é vedado e pode ser ligado a um dispensador (Huang J. et al., 2007).

A quantidade de dióxido de carbono é registrada medindo o deslocamento da solução manométrica (contida dentro do aparelho de Chittick). Esta solução contém 10% de cloreto de cálcio e 0,5% cloreto de cobre em pH menor que 5. A produção de dióxido de carbono pode ser registrada em intervalos de 20 minutos por até 180 minutos e os valores são expressos em mililitros de dióxido de carbono por miligrama de fermento (Panadero et al., 2005).

Figura 6. Aparelho de Chittick.



Fonte: Chromatography Forum, 2016

### 2.5.6 Fermentógrafo

O equipamento é produzido pela empresa SJA de Nassjo, na Suécia (Figura 7) e foi desenvolvido para testar a atividade de amostras de fermento pela medição da produção de dióxido de carbono em condições controladas (Lin et al., 2015).

Para seu funcionamento, uma amostra de massa padronizada, com peso e quantidade de fermento pré-determinados, é colocada em um balão de borracha suspenso por uma haste metálica e imerso em um banho com temperatura controlada. Conforme o gás vai sendo liberado na fermentação, o balão fica mais propenso a flutuar e, aos poucos, começa a subir, movendo a haste metálica. Uma caneta acoplada à haste registra a movimentação em intervalos pré-definidos, a cada medida, a pressão é aliviada (Serna-Saldivar S. O., 2012).

É possível avaliar diferentes tipos de fermentos e concentrações em formulações típicas de panificação (Serna-Saldivar, 2012). Lin et al. (2015) descrevem dois exemplos de formulações a serem testadas. A primeira, contendo 280 g de farinha, 145 ml de água, 4 g de sal e 9 g de fermento fresco e, a segunda, contendo 280 g de farinha, 130 ml de água, 2,8 g de sal, 9 g de fermento fresco e 44,8 g de sacarose (massa alta em açúcar) ou 7 g de sacarose (massa baixa em açúcar) (Lin et al., 2015).

Segundo o fornecedor do equipamento, os principais recursos do equipamento são: alta precisão, análise conduzida em condições estritamente controladas, mostra a verdadeira evolução contínua da produção de gás e fácil operação (Mekab sales, 2021).

Figura 7. Fermentógrafo SJA, Mekab sales.



Fonte: Mekab sales, 2021

### 2.5.7 Pressurômetro

Sapirstein et al. (2007) citam o uso do equipamento chamado GasSmart (Sistema de Pressurômetro computadorizado) da empresa National Manufacturing (Lincoln, NE), mostrado na Figura 8 (Sapirstein et al, 2007).

Este método é capaz de estimar o poder de produção de gás de uma amostra de fermento, que pode ser relacionado ao dano sofrido pelo amido. Em amostras de farinha contendo altos teores de alfa-amilase, a produção de gases é elevada, devido a maior presença de açúcares fermentáveis (AACC Method 22-11.01., 2021).

O pressurômetro possui um vaso de metal hermético especialmente projetado, equipado com um manômetro que é responsável pelas medições da pressão do gás formado pela fermentação de uma suspensão de farinha e fermento. A análise, geralmente, é executada durante 5 horas em condições controladas de temperatura (Serna-Saldivar S. O., 2012).

Figura 8. Pressuromêtro



Fonte: Serna-Saldivar, 2012.

### **2.5.8 Expansão da massa (Béquer - Proveta)**

O método de expansão da massa baseia-se na observação e quantificação da expansão que uma amostra de massa sofre durante o processo de fermentação a 30 °C (Izawa et al., 2004) (Figura 9).

Borzani (2004) descreve o método de forma mais completa, desde o preparo da amostra. Em um erlenmeyer de 250 ml é disperso 1 g do fermento (70% de umidade) em 120 ml de água destilada. A amostra é agitada durante 5 minutos até total homogeneização. Em um béquer de 500 ml contendo 120 g de uma de farinha, a solução de fermento é adicionada e misturada, até formar uma massa fina (massa de alta hidratação). 50 ml da mistura é separada e adicionada em uma proveta de 100 ml, com posterior incubação a 30 °C. O volume da massa é medido a cada 15 minutos de análise.

Figura 9. Fotos da análise de expansão da massa



Fonte: Izawa et al., 2004.

### 2.5.9 Sistema de triagem de multifermentação

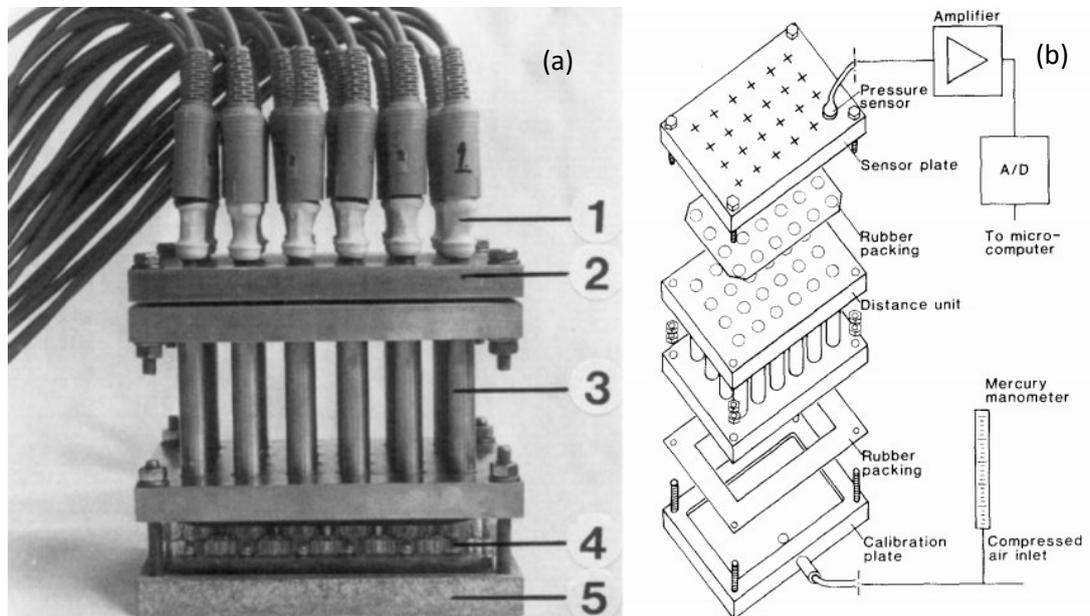
Segundo os criadores deste método, o sistema foi desenvolvido para se realizar a medição da fermentação de amostras de uma suspensão de fermento em água ou de massas elaboradas com farinha, fermento e água, com o uso mínimo de um aparato mecânico e tratamento dos dados automatizado. Além disso, o dispositivo foi projetado para que suas partes fossem facilmente obtidas com um custo baixo (Dunãs, 1988).

O aparato consiste em duas unidades e é mostrado na Figura 10. A primeira é uma bandeja de mistura (Multidishes - Nunc, Dinamarca) onde as massas e os caldos são preparados e, a segunda, uma unidade de medição. Esta bandeja possui 24 compartimentos, cada compartimento tem 16 mm de diâmetro e um volume de 3,4 ml. A capacidade de caldo em cada compartimento pode variar de 1,2 até 2,4 ml, e o peso para cada amostra de massa é padronizado em 1,52 g. A segunda unidade possui 24 canais simultâneos para medição da variação da pressão em volume constante. As alterações de pressão são medidas eletronicamente, os resultados

são gravados e tratados matematicamente e apresentados por um computador. A pressão final máxima é de 120 Kpa (Dunãs, 1988).

O autor cita como as principais vantagens deste método o baixo custo de investimento dos materiais necessários, a possibilidade de se realizar a análise com resultados satisfatórios utilizando pequenas quantidades de amostras, o sistema não exigir a presença de um operador durante a realização da análise e a facilidade de se higienizar o sistema (Dunãs, 1988).

Figura 10. Foto (a) e esquema (b) do aparato utilizado no método sistema de triagem de multifermentação.



Legenda: 1) Sensores; 2) Placa dos sensores; 3) Unidade de distância; 4) Bandeja de mistura com esferas de aço inoxidável; 5) Suporte.

Fonte: Dunãs (1988).

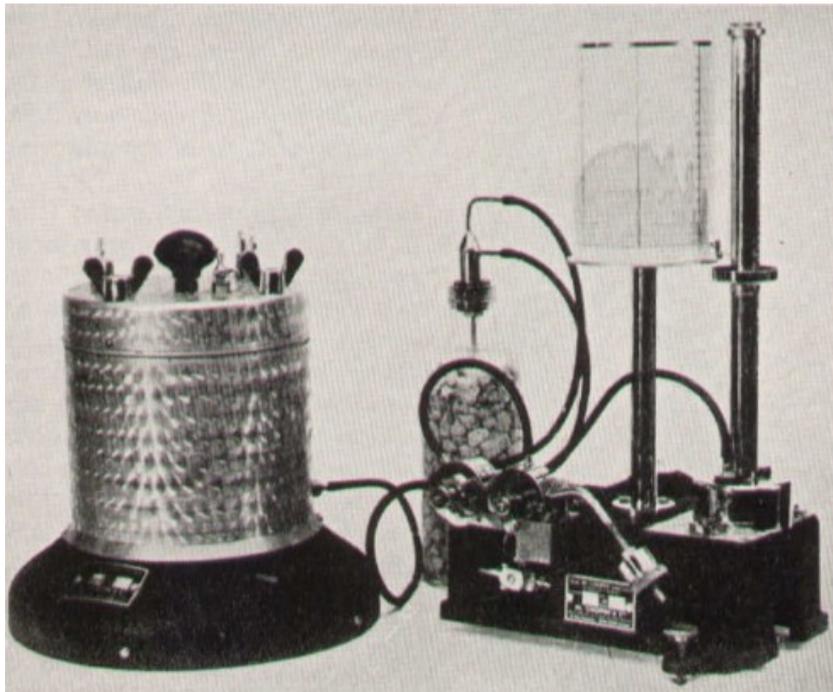
### 2.5.10 Zimotachigráfo

O zimotachigráfo (Figura 11) também foi um equipamento desenvolvido pela empresa francesa Chopin Technologies. Ele foi desenvolvido para medir a produção e a retenção de dióxido de carbono durante o processo de fermentação. A formulação a ser testada é fermentada em condições de temperatura controlada dentro de um compartimento hermeticamente selado. Este compartimento é ligado a um manômetro que mede a pressão do sistema e registra em uma folha em um

tambor rotativo, além disso, o equipamento possui uma célula de absorção para avaliar a diferença entre a quantidade de dióxido de carbono produzido e retido (Bennion E. B., 1954).

Na primeira parte do ensaio a massa retém o dióxido de carbono formado durante a fermentação, aumentando o seu volume e elevando a pressão interna do sistema. Nesse momento o equipamento registra um crescimento no gráfico. Em seguida, a massa começa a perder parte do dióxido de carbono, que se mistura ao ar em sua volta, este gás desprendido é absorvido na célula de absorção. Isto resulta em um decréscimo na linha de registro do gráfico. A relação entre as linhas do gráfico mostra o momento em que a massa começa desprender o dióxido de carbono produzido (Argentina, 2015).

Figura 11. Zimotachigráfo Chopin.



Fonte: Bennion E. B., 1954

### 2.5.11 Seringa

Segundo Zhou et al. (2017), para a análise através do método da seringa, as culturas a serem testadas são peletizadas, lavadas com água esterilizada e inoculadas em um meio de cultura artificial definido (10 g/L de ácido succínico, 6 g/L

de hidróxido de sódio, 5 g/l de sulfato de amônio, 1,9 g/L de base de nitrogênio, pH = 5). Após, 3 mL da solução suspensa contendo a amostra a ser testada são colocados em uma seringa graduada de 50 mL. As seringas são posicionadas em um agitador a 200 rpm e mantidas a 25 °C durante 5-6 dias. O resultado é obtido observando o deslocamento do êmbolo da seringa (Zhou et al., 2017).

### **2.5.12 Titulação**

O método de titulação, assim como o da proveta teve apenas uma citação, Riobotta et al. (2013). Segundo estes autores, o poder fermentativo é analisado através de uma amostra de 2 g de fermento biológico suspensa em 100 ml no meio de cultura ágar batata (Dhingra and Sinclair, 1985) contendo 2 g de sacarose. Essa suspensão é colocada em frascos fermentadores e mantidas sob agitação constante por 90 minutos a 30 °C. Em uma das aberturas do frasco fermentador permanece ligada uma mangueira responsável por manter a injeção de um fluxo de gás nitrogênio no sistema. Na segunda extremidade, o frasco fermentador é conectado a um frasco coletor contendo uma solução de NaOH 2N. Deve-se manter um fluxo de gás nitrogênio passando pelo frasco fermentador para que todo o dióxido de carbono produzido na fermentação seja coletado. Ao término do tempo de fermentação, o dióxido de carbono é quantificado por titulação, utilizando uma solução de HCl 1N e fenolftaleína e laranja de metila como indicadores (Riobotta et al. 2013).

## **2.6. Conclusão**

Esta revisão nos mostra as diferentes ferramentas existentes para avaliar a eficiência do poder fermentativo de amostras de fermento biológico utilizada na indústria de panificação. Verificou-se a existência de equipamentos mais robustos, desenvolvidos com o uso de diferentes tecnologias, além de aparatos mais simples e de fácil acesso. As informações obtidas nesta revisão podem auxiliar cientistas e indústrias de panificação a decidirem qual dos métodos melhor se encaixa para sua realidade.

## 2.7 Referências

- AACC Approved Methods of Analysis, 11th Edition - AACC Method 22-11.01. Measurement of Gassing Power by the Pressuremeter Method [WWW Document], 2021. Aaccnet.org. URL <http://methods.aaccnet.org/summaries/22-11-01.aspx> (accessed 4.12.21).
- AACC Approved Methods of Analysis, 11th Edition - AACC Method 89-01.01. Yeast Activity, Gas Production [WWW Document], 2021. Aaccnet.org. URL <http://methods.aaccnet.org/summaries/89-01-01.aspx> (accessed 4.6.21).
- Abd El-Hady, E.A., El-Samahy, S.K., Brümmer, J.M., 1999. Effect of Oxidants, Sodium-Stearoyl-2-Lactylate and their Mixtures on Rheological and Baking Properties of Nonprefermented Frozen Doughs. *LWT - Food Sci. Technol.* 32, 446–454. <https://doi.org/10.1006/fstl.1999.0569>
- Abdel-Rahman, G.N., Nadia, Yehia Heikal, Fadel, M., 2017. Characteristics of the Storage Stability for Different *Saccharomyces cerevisiae* Strains. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, Vol:11, N°:5
- Adam, A.N.A.C., 1999. Construction of a Lactose-assimilating Strain of Baker ' s Yeast 1305, 1299–1305.
- Akbari, H., Karimi, K., Lundin, M., Taherzadeh, M.J., 2012. Optimization of baker's yeast drying in industrial continuous fluidized bed dryer. *Food Bioprod. Process.* 90, 52–57. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.12.005>
- Al-Eid, S.M., Al-jasass, F.M., Hamad, S.H., 2010. Performance of baker's yeast produced using date syrup substrate on Arabic bread quality. *African J. Biotechnol.* 9, 3167–3174. <https://doi.org/10.5897/AJB2010.000-3160>
- Ananingsih, V.K., Gao, J., Zhou, W., 2013. Impact of Green Tea Extract and Fungal Alpha-Amylase on Dough Proofing and Steaming. *Food Bioprocess Technol.* 6, 3400–3411. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0986-3>
- ANDRADE, M. M. de., 2010 *Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação.* 10.ed. São Paulo: Atlas.

Argentina, 2015. Manual de buenas prácticas de manufactura em panaderías y confiterías. 86.

ATTO Website, 2021. Atto.co.jp. URL <http://atto.co.jp/content/download/2802/30911/file/> (accessed 4.5.21).

Autio, K., Mattila-Sandholm, T., 1992. Detection of active yeast cells (*Saccharomyces cerevisiae*) in frozen dough sections. *Appl. Environ. Microbiol.* 58, 2153–2157. <https://doi.org/10.1128/aem.58.7.2153-2157.1992>

Autio, K., Sinda, E., 1992. Frozen doughs: Rheological changes and yeast viability. *Cereal Chem.*

Ayati, S.V., Hamdami, N., Le-Bail, A., 2017. Frozen Sangak dough and bread properties: Impact of pre-fermentation and freezing rate. *Int. J. Food Prop.* 20, 782–791. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1180535>

Ballester-Tomás, L., Pérez-Torrado, R., Rodríguez-Vargas, S., Prieto, J.A., Rande-Gil, F., 2016. Near-freezing effects on the proteome of industrial yeast strains of *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Biotechnol.* 221, 70–77. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2016.01.029>

Bennion E. B., 1954. *Breadmaking: Its principles and practice* Handcover. 369.

Borzani, W., 2004. Measurement of the gassing power of bakers' yeast: Correlation between the dough volume and the incubation time. *Brazilian Arch. Biol. Technol.* 47, 213–217. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132004000200008>

BURROWS, S., and HARRISON, J. H. 1959. Routine method for determination of the activity of baker's yeast. *J. Inst. Brew.* 65:39-44

Chopin Technologies [WWW Document], 2019. Chopin.fr. URL <https://chopin.fr/en/page-dun-produit/rheo-f4.html> (accessed 4.7.21).

Dhingra, O., and Sinclair, J. 1985. Culture media and their formulas. Pages 285-315 in: *Basic Plant Pathology Methods*. O. Dhingra and J. Sinclair, eds. CRC Press: Boca Raton, FL.

Dunås, F., 1988. Multi Fermentation Screening System (MFSS): Computerized simultaneous evaluation of carbon dioxide production in twenty-four yeasted broths or doughs. *J. Microbiol. Methods* 8, 303–314. [https://doi.org/10.1016/0167-7012\(88\)90012-7](https://doi.org/10.1016/0167-7012(88)90012-7)

- Gao, J., Tay, S.L., Koh, A.H.S., Zhou, W., 2017. Dough and bread made from high- and low-protein flours by vacuum mixing: Part 2. Yeast activity, dough proofing and bread quality. *J. Cereal Sci.* 77, 275–283. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.08.015>
- Gélinas, P., Gagnon, F., McKinnon, C., 2018. Wheat preharvest herbicide application, whole-grain flour properties, yeast activity and the degradation of glyphosate in bread. *Int. J. Food Sci. Technol.* 53, 1597–1602. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13741>
- Gélinas, P., McKinnon, C., 2018. Baking tests: Effect of sucrose and water on yeast gassing power. *Cereal Chem.* 95, 822–828. <https://doi.org/10.1002/cche.10100>
- Gélinas, P., Savoie, L., Rodrigue, N., 1996. Baker's yeast mitochondria, gassing power and freeze-thaw tolerance in dough. *Food Microbiol.* 13, 41–46. <https://doi.org/10.1006/fmic.1996.0005>
- Gobbetti, M., Corsetti, A., Rossi, J., 1995. Interaction between lactic acid bacteria and yeasts in sour-dough using a rheofermentometer. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 11, 625–630. <https://doi.org/10.1007/BF00361004>
- Häggman, M., Salovaara, H., 2008. Microbial re-inoculation reveals differences in the leavening power of sourdough yeast strains. *LWT - Food Sci. Technol.* 41, 148–154. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.02.001>
- Havet, M., Mankai, M., Le Bail, A., 2000. Influence of the freezing condition on the baking performances of French frozen dough. *J. Food Eng.* 45, 139–145. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00050-9](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00050-9)
- Hino, A., Mihara, K., Nakashima, K., Takano, H., 1990. Trehalose levels and survival ratio of freeze-tolerant versus freeze-sensitive yeasts. *Appl. Environ. Microbiol.* 56, 1386–1391. <https://doi.org/10.1128/aem.56.5.1386-1391.1990>
- Hernández-López, M.J., Pallotti, C., Andreu, P., Aguilera, J., Prieto, J.A., Randez-Gil, F., 2007. Characterization of a *Torulaspora delbrueckii* diploid strain with optimized performance in sweet and frozen sweet dough. *Int. J. Food Microbiol.* 116, 103–110. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.12.006>
- Hernandez-Lopez, M.J., Prieto, J.A., Randez-Gil, F., 2003. Osmotolerance and leavening ability in sweet and frozen sweet dough. Comparative analysis between *Torulaspora delbrueckii* and *Saccharomyces cerevisiae* baker's yeast strains.

- Antonie van Leeuwenhoek, *Int. J. Gen. Mol. Microbiol.* 84, 125–134. <https://doi.org/10.1023/A:1025413520192>
- Hou, G.G., Hsu, Y.H., 2013. Comparing fermentation gas production between wheat and apple sourdough starters using the Risograph. *Food Biosci.* 3, 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2013.04.007>
- Huang J., Fisher P. R., Argo W. R., 2007. A gasometric procedure to measure residual lime in container substrates. *Hort Science.* 42 (7), 1685-1689.
- Introduction, I., 2015. Effect of Transglutaminase on Gassing Power and Specific Loaf Volume in Wheat-Barley Flour Blends I, 5–9.
- Izawa, S., Ikeda, K., Maeta, K., Inoue, Y., 2004. Deficiency in the glycerol channel Fps1p confers increased freeze tolerance to yeast cells: Application of the *fps1Δ* mutant to frozen dough technology. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 66, 303–305. <https://doi.org/10.1007/s00253-004-1688-1>
- Izawa, S., Ikeda, K., Takahashi, N., Inoue, Y., 2007. Improvement of tolerance to freeze-thaw stress of baker's yeast by cultivation with soy peptides. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 75, 533–537. <https://doi.org/10.1007/s00253-007-0855-6>
- Izawa, S., Sato, M., Yokoigawa, K., Inoue, Y., 2004. Intracellular glycerol influences resistance to freeze stress in *Saccharomyces cerevisiae*: Analysis of a quadruple mutant in glycerol dehydrogenase genes and glycerol-enriched cells. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 66, 108–114. <https://doi.org/10.1007/s00253-004-1624-4>
- Kasaie, Z., Rad, A.H., Kargozari, M., Oskouie, M.J., 2017. Evaluation of survivability and bioactivity of *saccharomyces cerevisiae* in bread dough. *Sci. Study Res. Chem. Chem. Eng. Biotechnol. Food Ind.* 18, 249–257.
- Koh, H.S.A., Lim, S.E.V., Lu, J., Zhou, W., 2020. Bioactivity enhancement of fucoidan through complexing with bread matrix and baking. *Lwt* 130, 109646. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109646>
- Lazo-Vélez, M.A., Gutiérrez-Díaz, V.A., Ramírez-Medrano, A., Serna-Saldívar, S.O., 2013. Effect of sodium selenite addition and sponge dough fermentation on selenomethionine generation during production of yeast-leavened breads. *J. Cereal Sci.* 58, 164–169. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.03.019>

- Lin, X., Zhang, C.Y., Bai, X.W., Feng, B., Xiao, D.G., 2015. Improvement of stress tolerance and leavening ability under multiple baking-associated stress conditions by overexpression of the SNR84 gene in baker's yeast. *Int. J. Food Microbiol.* 197, 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.12.014>
- M. Gobbetti, 1998. The sourdough microflora: Interactions of lactic acid bacteria and yeasts. *Trends Food Sci. Technol.* 9, 267–274.
- McGee H., 2004. *On food and cooking: The science and lore of the kitchen.* 531-532.
- Meric, L., Lambert-Guilois, S., Neyreneuf, O., Richard-Molard, D., 1995. Cryoresistance of baker's yeast *Saccharomyces cerevisiae* in frozen dough: Contribution of cellular trehalose. *Cereal Chem.* 72, 609–615.
- Meziani, S., Ioannou, I., Jasniewski, J., Belhaj, N., Muller, J.M., Ghoul, M., Desobry, S., 2012a. Effects of freezing treatments on the fermentative activity and gluten network integrity of sweet dough. *LWT - Food Sci. Technol.* 46, 118–126. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.10.017>
- Meziani, S., Jasniewski, J., Ribotta, P., Arab-Tehrany, E., Muller, J.M., Ghoul, M., Desobry, S., 2012b. Influence of yeast and frozen storage on rheological, structural and microbial quality of frozen sweet dough. *J. Food Eng.* 109, 538–544. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.10.026>
- Nassar, N.R.A., Heikal, Y.A., Donia, M.A.M.A., Fadel, M., Abdel-rahman, G.N., 2015. Selection of *Saccharomyces cerevisiae* Strains Tolerant to Lead and Cadmium Toxicity 9, 93–100.
- Nakagawa, S., Ouchi, K., 1994. Construction from a single parent of baker's yeast strains with high freeze tolerance and fermentative activity in both lean and sweet doughs. *Appl. Environ. Microbiol.* 60, 3499–3502. <https://doi.org/10.1128/aem.60.10.3499-3502.1994>
- Nishida, O., Kuwazaki, S., Suzuki, C., Shima, J., 2004. Superior molasses assimilation, stress tolerance, and trehalose accumulation of baker's yeast isolated from dried sweet potatoes (hoshi-imo). *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 68, 1442–1448. <https://doi.org/10.1271/bbb.68.1442>

- Panadero, J., Randez-Gil, F., Prieto, J.A., 2005. Heterologous expression of type I antifreeze peptide GS-5 in baker's yeast increases freeze tolerance and provides enhanced gas production in frozen dough. *J. Agric. Food Chem.* 53, 9966–9970. <https://doi.org/10.1021/jf0515577>
- Peighambardoust, S.H., Fallah, E., Hamer, R.J., van der Goot, A.J., 2010. Aeration of bread dough influenced by different way of processing. *J. Cereal Sci.* 51, 89–95. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.10.002>
- Phimolsiripol, Y., Siripatrawan, U., Tulyathan, V., Cleland, D.J., 2008. Effects of freezing and temperature fluctuations during frozen storage on frozen dough and bread quality. *J. Food Eng.* 84, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.04.016>
- Rad, A.H., Kasaie, Z., 2017. A comparative study on different methods for the evaluation of baker's yeast bioactivity. *Int. J. Food Prop.* 20, 100–106. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1141297>
- Ribotta, P.D., León, A.E., Añón, M.C., 2003. Effects of yeast freezing in frozen dough. *Cereal Chem.* 80, 454–458. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2003.80.4.454>
- RISOGRAPH — NATIONAL MANUFACTURING. National Manufacturing. [s. l.], 2014. Disponível em: <https://www.national-mfg.com/risograph>. Acesso em: 10 maio. 2021.
- Sanz Penella, J.M., Collar, C., Haros, M., 2008. Effect of wheat bran and enzyme addition on dough functional performance and phytic acid levels in bread. *J. Cereal Sci.* 48, 715–721. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.03.006>
- Sasano, Y., Haitani, Y., Hashida, K., Oshiro, S., Shima, J., Takagi, H., 2013. Improvement of fermentation ability under baking-associated stress conditions by altering the POG1 gene expression in baker's yeast. *Int. J. Food Microbiol.* 165, 241–245. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.05.015>
- Sasano, Y., Haitani, Y., Ohtsu, I., Shima, J., Takagi, H., 2012. Proline accumulation in baker's yeast enhances high-sucrose stress tolerance and fermentation ability in sweet dough. *Int. J. Food Microbiol.* 152, 40–43. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.10.004>
- Sasano, Y., Takahashi, S., Shima, J., Takagi, H., 2010. Antioxidant N-acetyltransferase Mpr1/2 of industrial baker's yeast enhances fermentation ability

- after air-drying stress in bread dough. *Int. J. Food Microbiol.* 138, 181–185. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.01.001>
- Sapirstein, H.D., David, P., Preston, K.R., Dexter, J.E., 2007. Durum wheat breadmaking quality: Effects of gluten strength, protein composition, semolina particle size and fermentation time. *J. Cereal Sci.* 45, 150–161. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2006.08.006>
- Spreutels, L., Debaste, F., Legros, R., Haut, B., 2013. Experimental characterization and modeling of Baker's yeast pellet drying. *Food Res. Int.* 52, 275–287. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.038>
- Spreutels, L., Haut, B., Chaouki, J., Bertrand, F., Legros, R., 2014. Conical spouted bed drying of Baker's yeast: Experimentation and multi-modeling. *Food Res. Int.* 62, 137–150. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.027>
- Serna-Saldivar S. O., 2012. Cereal Grains: Laboratory Reference and Procedures Manual (Food Preservation Technology). 202-203.
- Shima, J., Hino, A., Yamada-Iyo, C., Suzuki, Y., Nakajima, R., Watanabe, H., Mori, K., Takano, H., 1999. Stress tolerance in doughs of *Saccharomyces cerevisiae* trehalase mutants derived from commercial baker's yeast. *Appl. Environ. Microbiol.* 65, 2841–2846. <https://doi.org/10.1128/aem.65.7.2841-2846.1999>
- Soares, S. V., Picolli, I. R. A., & Casagrande, J. L. 2018. Pesquisa Bibliográfica, Pesquisa Bibliométrica, Artigo de Revisão e Ensaio Teórico em Administração e Contabilidade. *Administração: Ensino E Pesquisa*, 19(2), 308-339. <https://doi.org/10.13058/raep.2018.v19n2.970>
- Struyf, N., Verspreet, J., Verstrepen, K.J., Courtin, C.M., 2017. Investigating the impact of  $\alpha$ -amylase,  $\alpha$ -glucosidase and glucoamylase action on yeast-mediated bread dough fermentation and bread sugar levels. *J. Cereal Sci.* 75, 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.03.013>
- Tanghe, A., Van Dijck, P., Colavizza, D., Thevelein, J.M., 2004. Aquaporin-mediated improvement of freeze tolerance of *saccharomyces cerevisiae* is restricted to rapid freezing conditions. *Appl. Environ. Microbiol.* 70, 3377–3382. <https://doi.org/10.1128/AEM.70.6.3377-3382.2004>

Teunissen, A., Dumortier, F., Gorwa, M.F., Bauer, J., Tanghe, A., Loïez, A., Smet, P., Van Dijck, P., Thevelein, J.M., 2002. Isolation and characterization of a freeze-tolerant diploid derivative of an industrial baker's yeast strain and its use in frozen doughs. *Appl. Environ. Microbiol.* 68, 4780–4787. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.10.4780-4787.2002>

Tsolmonbaatar, A., Hashida, K., Sugimoto, Y., Watanabe, D., Furukawa, S., Takagi, H., 2016. Isolation of baker's yeast mutants with proline accumulation that showed enhanced tolerance to baking-associated stresses. *Int. J. Food Microbiol.* 238, 233–240.

Van Dijck, P., Colavizza, D., Smet, P., Thevelein, J.M., 1995. Differential importance of trehalose in stress resistance in fermenting and nonfermenting *Saccharomyces cerevisiae* cells. *Appl. Environ. Microbiol.* 61, 109–115. <https://doi.org/10.1128/aem.61.1.109-115.1995>

Zhou, N., Schifferdecker, A.J., Gamero, A., Compagno, C., Boekhout, T., Piškur, J., Knecht, W., 2017. *Kazachstania gamospora* and *Wickerhamomyces subpelliculosus*: Two alternative baker's yeasts in the modern bakery. *Int. J. Food Microbiol.* 250, 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.03.013>

Zounis, S., Quail, K.J., Wootton, M., Dickson, M.R., 2002. Effect of final dough temperature on the microstructure of frozen bread dough. *J. Cereal Sci.* 36, 135–146. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2001.0407>

Wang, P., Lee, T.C., Xu, X., Jin, Z., 2016. The contribution of glutenin macropolymer depolymerization to the deterioration of frozen steamed bread dough quality. *Food Chem.* 211, 27–33. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.031>

Wang, P., Yang, R., Gu, Z., Xu, X., Jin, Z., 2017. Comparative study on the freeze stability of yeast and chemical leavened steamed bread dough. *Food Chem.* 221, 482–488. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.108>

Webbyrå Studio V19 AB, Bernd Lindemann, 2021. The leading Fermentograph - Mekab sales [WWW Document]. Mekab-sales.com. URL <http://mekab-sales.com/> (accessed 4.12.21).

What is this curious instrument? - Chromatography Forum [WWW Document], 2016. Chromforum.org. URL <https://www.chromforum.org/viewtopic.php?t=39011> (accessed 5.10.21).

Wick, M., Stolz, P., Böcker, G., Lebeault, J.M., 2003. Influence of several process parameters on Sourdough fermentation. *Acta Biotechnol.* 23, 51–61. <https://doi.org/10.1002/abio.200390008>

Yamauchi, H., Noda, T., Matsuura-Endo, C., Takigawa, S., Saito, K., Oda, Y., Funatsuki, W., Hashimoto, N., 2004. Improving the utility of potato pulp for bread-making by fermentation with *Rhizopus oryzae*. *Food Sci. Technol. Res.* 10, 314–319. <https://doi.org/10.3136/fstr.10.314>

Yi, J., Kerr, W.L., 2009. Combined effects of freezing rate, storage temperature and time on bread dough and baking properties. *LWT - Food Sci. Technol.* 42, 1474–1483. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.05.017>

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos neste estudo, pode-se verificar a existência de diversos métodos para avaliação do poder fermentativo do fermento biológico utilizado na indústria de panificação. Observou-se a existência de métodos mais complexos, que exigem investimentos em equipamentos robustos e com maior valor agregado. Entretanto, também foram verificados métodos mais simples, com a necessidade de investimentos menores. A escolha de cada método deve ser feita de acordo com a realidade e o grau de exigência de cada empresa ou estudo.

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, alguns pontos ainda podem ser discutidos, como a análise da precisão dos resultados obtidos em cada análise e os custos envolvidos na obtenção de cada equipamento, vidraria ou reagentes necessários para cada metodologia. Além disso, é possível avaliar cada análise na prática, visando buscar mais informações, de modo que os métodos sejam descritos com uma maior riqueza de detalhes.

Por fim, este trabalho conseguiu reunir uma vasta gama de informações referentes às metodologias, se tornando uma fonte de informação para indústrias de diferentes portes, além de estudos acadêmicos, facilitando a tomada de decisão no momento de decidir qual método aplicar.

#### 4 REFERÊNCIAS

AACC Approved Methods of Analysis, 11th Edition - AACC Method 22-11.01. Measurement of Gassing Power by the Pressuremeter Method [WWW Document], 2021. Aaccnet.org. URL <http://methods.aaccnet.org/summaries/22-11-01.aspx> (accessed 4.12.21).

AACC Approved Methods of Analysis, 11th Edition - AACC Method 89-01.01. Yeast Activity, Gas Production [WWW Document], 2021. Aaccnet.org. URL <http://methods.aaccnet.org/summaries/89-01-01.aspx> (accessed 4.6.21).

Abd El-Hady, E.A., El-Samahy, S.K., Brümmer, J.M., 1999. Effect of Oxidants, Sodium-Stearoyl-2-Lactylate and their Mixtures on Rheological and Baking Properties of Nonprefermented Frozen Doughs. LWT - Food Sci. Technol. 32, 446–454. <https://doi.org/10.1006/fstl.1999.0569>

Abdel-Rahman, G.N., Nadia, Yehia Heikal, Fadel, M., 2017. Characteristics of the Storage Stability for Different *Saccharomyces cerevisiae* Strains. International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering, Vol:11, N°:5

Adam, A.N.A.C., 1999. Construction of a Lactose-assimilating Strain of Baker ' s Yeast 1305, 1299–1305.

Akbari, H., Karimi, K., Lundin, M., Taherzadeh, M.J., 2012. Optimization of baker's yeast drying in industrial continuous fluidized bed dryer. Food Bioprod. Process. 90, 52–57. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.12.005>

Al-Eid, S.M., Al-jasass, F.M., Hamad, S.H., 2010. Performance of baker's yeast produced using date syrup substrate on Arabic bread quality. African J. Biotechnol. 9, 3167–3174. <https://doi.org/10.5897/AJB2010.000-3160>

Ananingsih, V.K., Gao, J., Zhou, W., 2013. Impact of Green Tea Extract and Fungal Alpha-Amylase on Dough Proofing and Steaming. Food Bioprocess Technol. 6, 3400–3411. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0986-3>

ANDRADE, M. M. de., 2010 Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação. 10.ed. São Paulo: Atlas.

Argentina, 2015. Manual de buenas prácticas de manufactura em panaderías y confiterías. 86.

- ATTO Website, 2021. Atto.co.jp. URL <http://atto.co.jp/content/download/2802/30911/file/> (accessed 4.5.21).
- Autio, K., Mattila-Sandholm, T., 1992. Detection of active yeast cells (*Saccharomyces cerevisiae*) in frozen dough sections. *Appl. Environ. Microbiol.* 58, 2153–2157. <https://doi.org/10.1128/aem.58.7.2153-2157.1992>
- Autio, K., Sinda, E., 1992. Frozen doughs: Rheological changes and yeast viability. *Cereal Chem.*
- Ayati, S.V., Hamdami, N., Le-Bail, A., 2017. Frozen Sangak dough and bread properties: Impact of pre-fermentation and freezing rate. *Int. J. Food Prop.* 20, 782–791. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1180535>
- Ballester-Tomás, L., Pérez-Torrado, R., Rodríguez-Vargas, S., Prieto, J.A., Rande-Gil, F., 2016. Near-freezing effects on the proteome of industrial yeast strains of *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Biotechnol.* 221, 70–77. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2016.01.029>
- Bennion E. B., 1954. *Breadmaking: Its principles and practice* Handcover. 369.
- Borzani, W., 2004. Measurement of the gassing power of bakers' yeast: Correlation between the dough volume and the incubation time. *Brazilian Arch. Biol. Technol.* 47, 213–217. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132004000200008>
- BURROWS, S., and HARRISON, J. H. 1959. Routine method for determination of the activity of baker's yeast. *J. Inst. Brew.* 65:39-44
- Chopin Technologies [WWW Document], 2019. Chopin.fr. URL <https://chopin.fr/en/page-dun-produit/rheo-f4.html> (accessed 4.7.21).
- Dhingra, O., and Sinclair, J. 1985. Culture media and their formulas. Pages 285-315 in: *Basic Plant Pathology Methods*. O. Dhingra and J. Sinclair, eds. CRC Press: Boca Raton, FL.
- Dunås, F., 1988. Multi Fermentation Screening System (MFSS): Computerized simultaneous evaluation of carbon dioxide production in twenty-four yeasted broths or doughs. *J. Microbiol. Methods* 8, 303–314. [https://doi.org/10.1016/0167-7012\(88\)90012-7](https://doi.org/10.1016/0167-7012(88)90012-7)

- Gao, J., Tay, S.L., Koh, A.H.S., Zhou, W., 2017. Dough and bread made from high- and low-protein flours by vacuum mixing: Part 2. Yeast activity, dough proofing and bread quality. *J. Cereal Sci.* 77, 275–283. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.08.015>
- Gélinas, P., Gagnon, F., McKinnon, C., 2018. Wheat preharvest herbicide application, whole-grain flour properties, yeast activity and the degradation of glyphosate in bread. *Int. J. Food Sci. Technol.* 53, 1597–1602. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13741>
- Gélinas, P., McKinnon, C., 2018. Baking tests: Effect of sucrose and water on yeast gassing power. *Cereal Chem.* 95, 822–828. <https://doi.org/10.1002/cche.10100>
- Gélinas, P., Savoie, L., Rodrigue, N., 1996. Baker's yeast mitochondria, gassing power and freeze-thaw tolerance in dough. *Food Microbiol.* 13, 41–46. <https://doi.org/10.1006/fmic.1996.0005>
- Gobbetti, M., Corsetti, A., Rossi, J., 1995. Interaction between lactic acid bacteria and yeasts in sour-dough using a rheofermentometer. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 11, 625–630. <https://doi.org/10.1007/BF00361004>
- Häggman, M., Salovaara, H., 2008. Microbial re-inoculation reveals differences in the leavening power of sourdough yeast strains. *LWT - Food Sci. Technol.* 41, 148–154. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.02.001>
- Havet, M., Mankai, M., Le Bail, A., 2000. Influence of the freezing condition on the baking performances of French frozen dough. *J. Food Eng.* 45, 139–145. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00050-9](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00050-9)
- Hino, A., Mihara, K., Nakashima, K., Takano, H., 1990. Trehalose levels and survival ratio of freeze-tolerant versus freeze-sensitive yeasts. *Appl. Environ. Microbiol.* 56, 1386–1391. <https://doi.org/10.1128/aem.56.5.1386-1391.1990>
- Hernández-López, M.J., Pallotti, C., Andreu, P., Aguilera, J., Prieto, J.A., Randez-Gil, F., 2007. Characterization of a *Torulaspora delbrueckii* diploid strain with optimized performance in sweet and frozen sweet dough. *Int. J. Food Microbiol.* 116, 103–110. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.12.006>
- Hernandez-Lopez, M.J., Prieto, J.A., Randez-Gil, F., 2003. Osmotolerance and leavening ability in sweet and frozen sweet dough. Comparative analysis between *Torulaspora delbrueckii* and *Saccharomyces cerevisiae* baker's yeast strains.

- Antonie van Leeuwenhoek, *Int. J. Gen. Mol. Microbiol.* 84, 125–134. <https://doi.org/10.1023/A:1025413520192>
- Hou, G.G., Hsu, Y.H., 2013. Comparing fermentation gas production between wheat and apple sourdough starters using the Risograph. *Food Biosci.* 3, 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2013.04.007>
- Huang J., Fisher P. R., Argo W. R., 2007. A gasometric procedure to measure residual lime in container substrates. *Hort Science.* 42 (7), 1685-1689.
- Introduction, I., 2015. Effect of Transglutaminase on Gassing Power and Specific Loaf Volume in Wheat-Barley Flour Blends I, 5–9.
- Izawa, S., Ikeda, K., Maeta, K., Inoue, Y., 2004. Deficiency in the glycerol channel Fps1p confers increased freeze tolerance to yeast cells: Application of the *fps1Δ* mutant to frozen dough technology. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 66, 303–305. <https://doi.org/10.1007/s00253-004-1688-1>
- Izawa, S., Ikeda, K., Takahashi, N., Inoue, Y., 2007. Improvement of tolerance to freeze-thaw stress of baker's yeast by cultivation with soy peptides. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 75, 533–537. <https://doi.org/10.1007/s00253-007-0855-6>
- Izawa, S., Sato, M., Yokoigawa, K., Inoue, Y., 2004. Intracellular glycerol influences resistance to freeze stress in *Saccharomyces cerevisiae*: Analysis of a quadruple mutant in glycerol dehydrogenase genes and glycerol-enriched cells. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 66, 108–114. <https://doi.org/10.1007/s00253-004-1624-4>
- Kasaie, Z., Rad, A.H., Kargozari, M., Oskouie, M.J., 2017. Evaluation of survivability and bioactivity of *saccharomyces cerevisiae* in bread dough. *Sci. Study Res. Chem. Chem. Eng. Biotechnol. Food Ind.* 18, 249–257.
- Koh, H.S.A., Lim, S.E.V., Lu, J., Zhou, W., 2020. Bioactivity enhancement of fucoidan through complexing with bread matrix and baking. *Lwt* 130, 109646. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109646>
- Lazo-Vélez, M.A., Gutiérrez-Díaz, V.A., Ramírez-Medrano, A., Serna-Saldívar, S.O., 2013. Effect of sodium selenite addition and sponge dough fermentation on selenomethionine generation during production of yeast-leavened breads. *J. Cereal Sci.* 58, 164–169. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.03.019>

- Lin, X., Zhang, C.Y., Bai, X.W., Feng, B., Xiao, D.G., 2015. Improvement of stress tolerance and leavening ability under multiple baking-associated stress conditions by overexpression of the SNR84 gene in baker's yeast. *Int. J. Food Microbiol.* 197, 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.12.014>
- M. Gobbetti, 1998. The sourdough microflora: Interactions of lactic acid bacteria and yeasts. *Trends Food Sci. Technol.* 9, 267–274.
- McGee H., 2004. *On food and cooking: The science and lore of the kitchen.* 531-532.
- Meric, L., Lambert-Guilois, S., Neyreneuf, O., Richard-Molard, D., 1995. Cryoresistance of baker's yeast *Saccharomyces cerevisiae* in frozen dough: Contribution of cellular trehalose. *Cereal Chem.* 72, 609–615.
- Meziani, S., Ioannou, I., Jasniewski, J., Belhaj, N., Muller, J.M., Ghoul, M., Desobry, S., 2012a. Effects of freezing treatments on the fermentative activity and gluten network integrity of sweet dough. *LWT - Food Sci. Technol.* 46, 118–126. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.10.017>
- Meziani, S., Jasniewski, J., Ribotta, P., Arab-Tehrany, E., Muller, J.M., Ghoul, M., Desobry, S., 2012b. Influence of yeast and frozen storage on rheological, structural and microbial quality of frozen sweet dough. *J. Food Eng.* 109, 538–544. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.10.026>
- Nassar, N.R.A., Heikal, Y.A., Donia, M.A.M.A., Fadel, M., Abdel-rahman, G.N., 2015. Selection of *Saccharomyces cerevisiae* Strains Tolerant to Lead and Cadmium Toxicity 9, 93–100.
- Nakagawa, S., Ouchi, K., 1994. Construction from a single parent of baker's yeast strains with high freeze tolerance and fermentative activity in both lean and sweet doughs. *Appl. Environ. Microbiol.* 60, 3499–3502. <https://doi.org/10.1128/aem.60.10.3499-3502.1994>
- Nishida, O., Kuwazaki, S., Suzuki, C., Shima, J., 2004. Superior molasses assimilation, stress tolerance, and trehalose accumulation of baker's yeast isolated from dried sweet potatoes (hoshi-imo). *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 68, 1442–1448. <https://doi.org/10.1271/bbb.68.1442>

- Panadero, J., Randez-Gil, F., Prieto, J.A., 2005. Heterologous expression of type I antifreeze peptide GS-5 in baker's yeast increases freeze tolerance and provides enhanced gas production in frozen dough. *J. Agric. Food Chem.* 53, 9966–9970. <https://doi.org/10.1021/jf0515577>
- Peighambardoust, S.H., Fallah, E., Hamer, R.J., van der Goot, A.J., 2010. Aeration of bread dough influenced by different way of processing. *J. Cereal Sci.* 51, 89–95. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.10.002>
- Phimolsiripol, Y., Siripatrawan, U., Tulyathan, V., Cleland, D.J., 2008. Effects of freezing and temperature fluctuations during frozen storage on frozen dough and bread quality. *J. Food Eng.* 84, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.04.016>
- Rad, A.H., Kasaie, Z., 2017. A comparative study on different methods for the evaluation of baker's yeast bioactivity. *Int. J. Food Prop.* 20, 100–106. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1141297>
- Ribotta, P.D., León, A.E., Añón, M.C., 2003. Effects of yeast freezing in frozen dough. *Cereal Chem.* 80, 454–458. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2003.80.4.454>
- RISOGRAPH — NATIONAL MANUFACTURING. National Manufacturing. [s. l.], 2014. Disponível em: <https://www.national-mfg.com/risograph>. Acesso em: 10 maio. 2021.
- Sanz Penella, J.M., Collar, C., Haros, M., 2008. Effect of wheat bran and enzyme addition on dough functional performance and phytic acid levels in bread. *J. Cereal Sci.* 48, 715–721. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.03.006>
- Sasano, Y., Haitani, Y., Hashida, K., Oshiro, S., Shima, J., Takagi, H., 2013. Improvement of fermentation ability under baking-associated stress conditions by altering the POG1 gene expression in baker's yeast. *Int. J. Food Microbiol.* 165, 241–245. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.05.015>
- Sasano, Y., Haitani, Y., Ohtsu, I., Shima, J., Takagi, H., 2012. Proline accumulation in baker's yeast enhances high-sucrose stress tolerance and fermentation ability in sweet dough. *Int. J. Food Microbiol.* 152, 40–43. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.10.004>
- Sasano, Y., Takahashi, S., Shima, J., Takagi, H., 2010. Antioxidant N-acetyltransferase Mpr1/2 of industrial baker's yeast enhances fermentation ability

- after air-drying stress in bread dough. *Int. J. Food Microbiol.* 138, 181–185. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.01.001>
- Sapirstein, H.D., David, P., Preston, K.R., Dexter, J.E., 2007. Durum wheat breadmaking quality: Effects of gluten strength, protein composition, semolina particle size and fermentation time. *J. Cereal Sci.* 45, 150–161. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2006.08.006>
- Spreutels, L., Debaste, F., Legros, R., Haut, B., 2013. Experimental characterization and modeling of Baker's yeast pellet drying. *Food Res. Int.* 52, 275–287. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.038>
- Spreutels, L., Haut, B., Chaouki, J., Bertrand, F., Legros, R., 2014. Conical spouted bed drying of Baker's yeast: Experimentation and multi-modeling. *Food Res. Int.* 62, 137–150. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.027>
- Serna-Saldivar S. O., 2012. Cereal Grains: Laboratory Reference and Procedures Manual (Food Preservation Technology). 202-203.
- Shima, J., Hino, A., Yamada-Iyo, C., Suzuki, Y., Nakajima, R., Watanabe, H., Mori, K., Takano, H., 1999. Stress tolerance in doughs of *Saccharomyces cerevisiae* trehalase mutants derived from commercial baker's yeast. *Appl. Environ. Microbiol.* 65, 2841–2846. <https://doi.org/10.1128/aem.65.7.2841-2846.1999>
- Soares, S. V., Picolli, I. R. A., & Casagrande, J. L. 2018. Pesquisa Bibliográfica, Pesquisa Bibliométrica, Artigo de Revisão e Ensaio Teórico em Administração e Contabilidade. *Administração: Ensino E Pesquisa*, 19(2), 308-339. <https://doi.org/10.13058/raep.2018.v19n2.970>
- Struyf, N., Verspreet, J., Verstrepen, K.J., Courtin, C.M., 2017. Investigating the impact of  $\alpha$ -amylase,  $\alpha$ -glucosidase and glucoamylase action on yeast-mediated bread dough fermentation and bread sugar levels. *J. Cereal Sci.* 75, 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.03.013>
- Tanghe, A., Van Dijck, P., Colavizza, D., Thevelein, J.M., 2004. Aquaporin-mediated improvement of freeze tolerance of *saccharomyces cerevisiae* is restricted to rapid freezing conditions. *Appl. Environ. Microbiol.* 70, 3377–3382. <https://doi.org/10.1128/AEM.70.6.3377-3382.2004>

Teunissen, A., Dumortier, F., Gorwa, M.F., Bauer, J., Tanghe, A., Loïez, A., Smet, P., Van Dijck, P., Thevelein, J.M., 2002. Isolation and characterization of a freeze-tolerant diploid derivative of an industrial baker's yeast strain and its use in frozen doughs. *Appl. Environ. Microbiol.* 68, 4780–4787. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.10.4780-4787.2002>

Tsolmonbaatar, A., Hashida, K., Sugimoto, Y., Watanabe, D., Furukawa, S., Takagi, H., 2016. Isolation of baker's yeast mutants with proline accumulation that showed enhanced tolerance to baking-associated stresses. *Int. J. Food Microbiol.* 238, 233–240.

Van Dijck, P., Colavizza, D., Smet, P., Thevelein, J.M., 1995. Differential importance of trehalose in stress resistance in fermenting and nonfermenting *Saccharomyces cerevisiae* cells. *Appl. Environ. Microbiol.* 61, 109–115. <https://doi.org/10.1128/aem.61.1.109-115.1995>

Zhou, N., Schifferdecker, A.J., Gamero, A., Compagno, C., Boekhout, T., Piškur, J., Knecht, W., 2017. *Kazachstania gamospora* and *Wickerhamomyces subpelliculosus*: Two alternative baker's yeasts in the modern bakery. *Int. J. Food Microbiol.* 250, 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.03.013>

Zounis, S., Quail, K.J., Wootton, M., Dickson, M.R., 2002. Effect of final dough temperature on the microstructure of frozen bread dough. *J. Cereal Sci.* 36, 135–146. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2001.0407>

Wang, P., Lee, T.C., Xu, X., Jin, Z., 2016. The contribution of glutenin macropolymer depolymerization to the deterioration of frozen steamed bread dough quality. *Food Chem.* 211, 27–33. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.031>

Wang, P., Yang, R., Gu, Z., Xu, X., Jin, Z., 2017. Comparative study on the freeze stability of yeast and chemical leavened steamed bread dough. *Food Chem.* 221, 482–488. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.108>

Webbyrå Studio V19 AB, Bernd Lindemann, 2021. The leading Fermentograph - Mekab sales [WWW Document]. Mekab-sales.com. URL <http://mekab-sales.com/> (accessed 4.12.21).

What is this curious instrument? - Chromatography Forum [WWW Document], 2016. Chromforum.org. URL <https://www.chromforum.org/viewtopic.php?t=39011> (accessed 5.10.21).

Wick, M., Stolz, P., Böcker, G., Lebeault, J.M., 2003. Influence of several process parameters on Sourdough fermentation. *Acta Biotechnol.* 23, 51–61. <https://doi.org/10.1002/abio.200390008>

Yamauchi, H., Noda, T., Matsuura-Endo, C., Takigawa, S., Saito, K., Oda, Y., Funatsuki, W., Hashimoto, N., 2004. Improving the utility of potato pulp for bread-making by fermentation with *Rhizopus oryzae*. *Food Sci. Technol. Res.* 10, 314–319. <https://doi.org/10.3136/fstr.10.314>

Yi, J., Kerr, W.L., 2009. Combined effects of freezing rate, storage temperature and time on bread dough and baking properties. *LWT - Food Sci. Technol.* 42, 1474–1483. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.05.017>