

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA
ENQ4020 – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

JOEL SPERAFICO

**OXIDANTES NA PANIFICAÇÃO: IMPACTO DO ÁCIDO ASCÓRBICO E DO
PERÓXIDO DE BENZOÍLA NA REOLOGIA DA FARINHA DE TRIGO**

CAXIAS DO SUL

2025

JOEL SPERAFICO

**OXIDANTES NA PANIFICAÇÃO: IMPACTO DO ÁCIDO ASCÓRBICO E DO
PERÓXIDO DE BENZOÍLA NA REOLOGIA DA FARINHA DE TRIGO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte dos requisitos para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia Química da Universidade de Caxias do Sul, sob a orientação da Prof^a. Dr^a. Camila Baldasso e com a colaboração da Ma. Júlia Daneluz.

CAXIAS DO SUL

2025

RESUMO

Os aditivos melhoradores desempenham papel fundamental na qualidade tecnológica da farinha de trigo, influenciando diretamente o comportamento reológico da massa e o desempenho no processo de panificação. Entre estes, o ácido ascórbico e o peróxido de benzoíla são amplamente utilizados pela indústria brasileira, embora apresentem mecanismos de ação distintos. Este estudo avaliou o impacto desses dois oxidantes, aplicados em diferentes concentrações, sobre propriedades físico-químicas e reológicas da farinha, com base em análises de umidade, glúten, número de queda, alveografia, farinografia e extensografia, além de testes práticos de panificação. O objetivo foi comparar o desempenho dos aditivos e compreender sua influência sobre força, extensibilidade, estabilidade e qualidade final do pão. As amostras tratadas com ácido ascórbico apresentaram melhora consistente na estrutura proteica e na resistência da massa, refletindo maior estabilidade reológica e melhor desempenho nos testes de panificação. Já o peróxido de benzoíla demonstrou efeito predominantemente visual, sem impacto nas propriedades tecnológicas da farinha. Esses resultados reforçam a função do ácido ascórbico como melhorador efetivo e indicam que o peróxido atua apenas como agente branqueador, oferecendo pouca contribuição ao processamento.

Palavras-chave: Melhoradores de farinha. Análise instrumental. Aditivos Alimentares.

ABSTRACT

Flour improvers play a key role in the technological quality of wheat flour, directly affecting dough rheology and baking performance. Among them, ascorbic acid and benzoyl peroxide are widely used in the Brazilian milling industry, although their mechanisms of action differ substantially. This study evaluated the effects of these two oxidizing agents, applied at different concentrations, on the physicochemical and rheological properties of wheat flour through moisture, gluten, falling number, alveograph, farinograph and extensograph analyses, as well as practical baking tests. The objective was to compare the technological performance of both additives and assess their influence on dough strength, extensibility, stability, and final bread quality. Samples treated with ascorbic acid showed consistent improvements in protein structure and dough resistance, resulting in enhanced rheological behavior and superior baking performance. In contrast, benzoyl peroxide exhibited mainly a visual whitening effect, with no impact on the technological functionality of the flour. These findings reinforce the role of ascorbic acid as an effective flour improver and indicate that benzoyl peroxide acts solely as a bleaching agent, contributing little to dough processing.

Keywords: Flour improvers. Instrumental analysis. Food additives.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Anatomia de um grão de trigo.....	13
Figura 2: Representação esquemática da formação da rede de glúten.	19
Figura 3: Reação de oxidação do ácido ascórbico.....	24
Figura 4: Reações de decomposição do peróxido de benzoíla.	25
Figura 5: Fluxograma de preparação das amostras.	30
Figura 6: Balança de análise por infravermelho marca Gehaka.	31
Figura 7: Equipamento para análise de <i>Falling Number</i> , marca Perten.....	32
Figura 8: Equipamentos para análise de glúten, todos da marca Perten.....	33
Figura 9: Alveógrafo da marca Chopin.	34
Figura 10: Farinógrafo da marca Brabender.....	35
Figura 11: Extensógrafo da marca Brabender.	36
Figura 12: Análises para avaliação de pão francês.	38
Figura 13: Pão preparado a partir da amostra 6.....	51
Figura 14: Pão preparado a partir da amostra 7.....	52
Figura 15: Pão preparado a partir da amostra 3.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais constituintes de um grão de trigo.....	15
Quadro 2: Comparação entre oxidantes utilizados em farinha.....	22
Quadro 3: Definição das amostras de farinha de trigo utilizadas no estudo.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados de umidade das amostras de farinha de trigo.	39
Tabela 2: Resultados de <i>Falling number</i> obtidos.	40
Tabela 3: Resultados obtidos na análise de Glúten Úmido.	41
Tabela 4: Resultados obtidos na análise de índice de glúten.	42
Tabela 5: Resultados obtidos na análise de glúten seco.	43
Tabela 6: Resultados do parâmetro de força (W) da análise de alveografia.....	44
Tabela 7: Resultados dos parâmetros P, L e relação P/L da análise de alveografia.	45
Tabela 8: Resultados de absorção de água da análise de farinografia.	46
Tabela 9: Resultados do tempo de desenvolvimento da análise de farinografia.	47
Tabela 10: Resultados da estabilidade da análise de farinografia.	47
Tabela 11: Resultados de ITM da análise de farinografia.	48
Tabela 12: Resultados de resistência da análise de extensografia.	49
Tabela 13: Resultados de extensibilidade da análise de extensografia.....	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVO GERAL	12
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO GRÃO DE TRIGO	13
2.2	COMPONENTES DA FARINHA E SUAS FUNÇÕES	14
2.2.1	Amido.....	14
2.2.2	Proteínas	15
2.2.3	Lipídios	15
2.3	FARINHA DE TRIGO: CLASSIFICAÇÃO E APLICAÇÕES INDUSTRIAIS.....	16
2.4	APLICAÇÕES ESPECÍFICAS DAS FARINHAS.....	16
2.5	NORMAS DE QUALIDADE E REQUISITOS INDUSTRIAIS	17
2.6	IMPACTO DA QUALIDADE DA FARINHA NO PROCESSAMENTO	18
2.7	REDE DE GLÚTEN E PROPRIEDADES REOLÓGICAS	18
2.7.1	Formação do glúten	18
2.7.2	Fatores que afetam a força do glúten.....	19
2.7.3	Métodos de avaliação reológica da farinha	20
2.8	OXIDANTES NA FARINHA DE TRIGO	21
2.8.1	Efeitos tecnológicos dos oxidantes.....	21
2.8.2	Mecanismo de ação	21
2.8.3	Principais oxidantes na indústria.....	21
2.9	ASPECTOS REGULATÓRIOS	22
2.10	MELHORADORES DE FARINHA: ÁCIDO ASCÓRBICO E PERÓXIDO DE BENZOÍLA	23
2.10.1	Mecanismo de ação do ácido ascórbico	23
2.10.2	Impacto tecnológico do ácido ascórbico	24
2.10.3	Peróxido de benzoíla: branqueador e oxidante secundário.....	25
2.10.4	Comparação e escolha tecnológica.....	26
2.11	ANÁLISE DA QUALIDADE DA FARINHA TRATADA COM OXIDANTES.....	26
2.11.1	Ensaios	27
2.11.1.1	Umidade	27
2.11.1.2	<i>Falling number</i>	27

2.11.1.3	Glúten	27
2.11.1.4	Alveografia	27
2.11.1.5	Farinografia	28
2.11.1.6	Extensografia	28
2.11.2	Testes de panificação e avaliação do produto final.....	28
3	MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1	MATERIAIS	29
3.2	PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	29
3.3	METODOLOGIA ANALÍTICA	31
3.3.1	Determinação de Umidade.....	31
3.3.2	<i>Falling Number</i>	32
3.3.3	Análise de Glúten.....	33
3.3.4	Análises Reológicas.....	33
3.4	TESTES DE PANIFICAÇÃO	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	39
4.1.1	Umidade.....	39
4.1.2	<i>Falling Number</i>	40
4.1.3	Glúten Úmido.....	41
4.1.4	Índice de Glúten.....	41
4.1.5	Glúten Seco.....	42
4.2	ANÁLISES REOLÓGICAS.....	43
4.2.1	Alveografia	43
4.2.1.1	Força (W).....	43
4.2.1.2	Relação P/L	44
4.2.2	Farinografia	45
4.2.2.1	Absorção de água.....	45
4.2.2.2	Tempo de Desenvolvimento	46
4.2.2.3	Estabilidade	47
4.2.2.4	Índice de tolerância mecânica (ITM).....	48
4.2.3	Extensografia	49
4.2.3.1	Resistência	49
4.2.3.2	Extensibilidade	50

4.2.4	Testes de Panificação	51
5	CONCLUSÕES.....	54
	REFERÊNCIAS	55
	ANEXOS	59

1 INTRODUÇÃO

A farinha de trigo é um ingrediente fundamental na indústria de alimentos, especialmente no setor de panificação, onde influencia diretamente as características tecnológicas e sensoriais dos produtos. Pães, bolos, massas e biscoitos dependem de farinhas com propriedades específicas para atender às expectativas do mercado e às exigências dos consumidores, especialmente quanto à textura, volume e coloração (ABITRIGO, 2022). Para obter essas características desejáveis, é comum a adição de aditivos durante o processamento, entre os quais os agentes oxidantes desempenham papel essencial na modificação da rede de glúten e na melhoria da qualidade da massa (Pereira, 2009).

No Brasil, a regulamentação do uso de oxidantes em farinhas de trigo é estabelecida pela Resolução RDC nº 778/2023 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2023), que autoriza apenas dois tipos de oxidantes para uso industrial: o ácido ascórbico (INS 300) e o peróxido de benzoíla (INS 928). Outros oxidantes, como bromato de potássio ($KBrO_3$) e azodicarbonamida (ADA), foram banidos devido a riscos toxicológicos e formação de subprodutos indesejados (Who, 1993; EFSA, 2005).

O ácido ascórbico, também conhecido como vitamina C, é amplamente utilizado na indústria de panificação por sua ação indireta como agente oxidante, promovendo a formação de ligações dissulfeto entre as proteínas do glúten e fortalecendo a rede proteica da massa (Pomeranz, 1988; Pereira, 2009). Essa ação resulta em massas mais coesas, elásticas e tolerantes a processos industriais intensivos, além de contribuir para o aumento do volume e a melhoria da textura e da migalha dos pães (Williams, 2007). Sua eficácia tecnológica, somada ao fato de ser um nutriente essencial, seguro e naturalmente presente nos alimentos, faz do ácido ascórbico o aditivo preferido pela indústria panificadora, agregando valor ao processo sem gerar subprodutos tóxicos ou resíduos indesejados (Fao & Who, 2019).

Por outro lado, o peróxido de benzoíla é utilizado principalmente como agente branqueador, clareando a farinha por meio da oxidação de pigmentos carotenoides (Lopes, 2014). Embora permitido pela legislação brasileira, seu uso é progressivamente reduzido na indústria em diversos países, como a União Europeia e a Austrália (Fao & Who, 2019). Além disso, o peróxido de benzoíla não contribui para o fortalecimento da rede de glúten, sendo considerado um oxidante secundário em comparação ao ácido ascórbico (Lopes, 2014; Pereira, 2009). A escolha entre os oxidantes na indústria depende de critérios como a finalidade do produto, as exigências tecnológicas do processo, o custo, os padrões de qualidade exigidos pelos consumidores e a legislação vigente. No caso da panificação, a preferência pelo ácido ascórbico

é justificada por seu impacto positivo na estrutura da massa e no desempenho dos pães, enquanto o peróxido de benzoíla é reservado a aplicações específicas, principalmente em farinhas destinadas à produção de biscoitos ou massas com foco na aparência visual (Lopes, 2014).

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo comparar os efeitos do ácido ascórbico e do peróxido de benzoíla na reologia e na qualidade da farinha de trigo, por meio de análises laboratoriais e testes de panificação. Busca-se compreender como esses aditivos influenciam o comportamento da massa e as características dos pães produzidos, oferecendo subsídios para a escolha consciente dos oxidantes no processo industrial, considerando os aspectos tecnológicos, sensoriais, legais e de segurança alimentar.

1.1 OBJETIVO GERAL

Comparar os efeitos do ácido ascórbico e do peróxido de benzoíla na reologia e qualidade da farinha de trigo, analisando seu impacto nas propriedades tecnológicas da massa e no desempenho final de pães, com o objetivo de fornecer subsídios para a escolha e aplicação desses oxidantes na indústria de panificação.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar os efeitos do ácido ascórbico e do peróxido de benzoíla nas propriedades reológicas da farinha de trigo, por meio de análises de *falling number*, alveografia, farinografia e extensografia.

Determinar através de análises físico-químicas e reológicas as alterações na quantidade e qualidade do glúten promovidas pela adição de ácido ascórbico e peróxido de benzoíla.

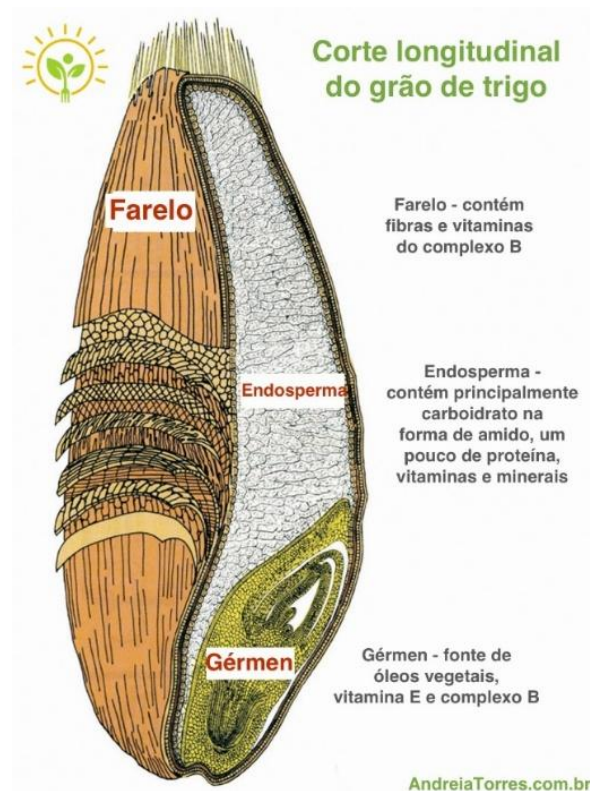
Comparar os resultados de testes de panificação (volume específico, textura, cor da casca e do miolo, e aceitação sensorial) em pães produzidos com farinhas tratadas com ácido ascórbico, peróxido de benzoíla e sem aditivos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO GRÃO DE TRIGO

O grão de trigo (*Triticum aestivum*) apresenta uma estrutura anatômica complexa, composta por três regiões principais — pericarpo, endosperma e gérmen — que determinam suas propriedades funcionais e nutricionais. A Figura 1 ilustra a organização interna do grão, evidenciando essas partes e permitindo observar como cada uma delas contribui para a estrutura e composição do trigo (Finney, 2004).

Figura 1: Anatomia de um grão de trigo.



Fonte: Torres (2018).

O pericarpo, camada mais externa, representa entre 12 e 15 % da massa total do grão e é composto por múltiplas subcamadas celulares ricas em fibras insolúveis, como celulose (40-50 % m/m), hemicelulose (20-30 % m/m) e lignina (15-20 % m/m). Esta estrutura não apenas protege o embrião contra danos mecânicos e microbianos, mas também contém compostos fenólicos, como ácidos ferúlico e cafeico, que apresentam atividade antioxidante significativa (Pomeranz, 1988).

O endosperma, constituindo 80-85 % do grão, é um tecido de reserva energética composto principalmente por células cheias de grânulos de amido (70-75 % da massa seca) embebidos em uma matriz proteica (8-15 %). Esta região apresenta variação composicional radial: as camadas externas do endosperma são mais ricas em proteínas e minerais, enquanto as porções centrais contêm amido mais puro. A distribuição heterogênea desses componentes explica as diferenças tecnológicas entre farinhas de extração gradual. (Finney, 2004).

O gérmen compõe 2-3 % do grão e é nutricionalmente denso, contendo 25-30 % de proteínas de alta qualidade biológica, 8-13 % de lipídios (principalmente triglicerídeos e fosfolipídios ricos em ácido linoleico), e concentrações elevadas de vitamina E (α -tocoferol), vitaminas do complexo B (especialmente tiamina e folato) e minerais como magnésio, fósforo e zinco. Sua remoção durante o refino aumenta a estabilidade oxidativa da farinha, mas reduz seu valor nutricional (Finney, 2004).

2.2 COMPONENTES DA FARINHA E SUAS FUNÇÕES

2.2.1 Amido

O amido do trigo representa entre 68 e 75 % (m/m) da farinha e consiste em uma mistura de dois polissacarídeos: amilose (25-28 %, formada por cadeias lineares de glicose) e amilopectina (72-75 %, formada por cadeias altamente ramificadas de glicose). Durante o processamento térmico, esses grânulos sofrem gelatinização entre 60-85 °C, absorvendo água e inchando, o que aumenta a viscosidade da massa e contribui para a estrutura do produto (Goesaert *et al.*, 2005).

A presença de amido danificado cerca de 3 a 8 % em farinhas comerciais, é crucial para a panificação, pois cria sítios de ação para enzimas α -amilases endógenas, que hidrolisam as cadeias de amido em maltose e dextrinas. Esses açúcares servem como substrato para leveduras durante a fermentação, produzindo gás carbônico (CO₂) e álcool. Farinhas com baixo dano amiláceo menor que 3 % podem resultar em pães com volume reduzido e migalha densa (Cauvain, 2003).

2.2.2 Proteínas

As proteínas do trigo classificam-se em quatro frações por solubilidade: albuminas (solúveis em água), globulinas (solúveis em sal), gliadinas (solúveis em álcool) e gluteninas (solúveis em ácido ou detergentes). Estudos recentes mostram que as frações de gliadina e glutenina continuam representando a maior parte do total proteico do trigo, contribuindo fortemente para a rede de glúten (Frontiers, 2020).

As Gliadinas são proteínas monoméricas com predominância de ligações dissulfeto intramoleculares e as Gluteninas são polímeros multiméricos com ligações dissulfeto intermoleculares. A hidratação e energia mecânica (sova) promovem o desdobramento dessas proteínas e a formação de uma rede tridimensional coesa, capaz de reter gases durante a fermentação (Blanshard *et al.*, 1986).

2.2.3 Lipídios

Embora minoritários, os lipídios interagem com outras macromoléculas. Os lipídios não polares (triglicerídeos e ésteres de esteróis) atuam como plastificantes da rede de glúten, melhorando a moldagem da massa, enquanto os polares (fosfolipídios e glicolipídios) formam complexos com amilose, retardando a recristalização do amido e, conseqüentemente, o endurecimento do pão (Gray & Bemiller, 2003). Essas funções específicas dos componentes da farinha estão detalhadas no Quadro 1.

Quadro 1: Principais constituintes de um grão de trigo.

Componente	Presença no grão (%)	Principal Função
Amido	68-75	Estrutura, gelatinização e substrato para levedura no processo de fermentação
Proteína	8-15	Formação do glúten e retenção de gases
Lipídios	1-3	Interações com glúten e amido

Fonte: Adaptado de Pomeranz (1988).

2.3 FARINHA DE TRIGO: CLASSIFICAÇÃO E APLICAÇÕES INDUSTRIAIS

A farinha de trigo é classificada com base em diversos parâmetros físico-químicos, dentre os quais a força panificável (W) destaca-se como um dos principais indicadores da aptidão tecnológica do produto. Esse parâmetro, obtido por meio da alveografia, representa a energia necessária para deformar a massa até o ponto de ruptura, refletindo diretamente a qualidade do glúten presente na farinha (ABITRIGO, 2022). A classificação da farinha por força panificável é comumente segmentada em três categorias: farinhas de alta força, com valores de W superiores a $280 \cdot 10^{-4}$ J, indicadas para produtos que demandam elevada retenção de gases e estrutura robusta, como pães especiais e massas fermentadas por longos períodos; farinhas de força média, com valores de W entre 180 e $275 \cdot 10^{-4}$ J, adequadas para pães comuns, massas frescas e produtos panificados em geral; e farinhas de baixa força, caracterizadas por valores de W inferiores a $180 \cdot 10^{-4}$ J, utilizadas na produção de bolos, biscoitos e demais produtos de confeitaria que requerem menor elasticidade e uma estrutura mais delicada (EMBRAPA, 2021).

Além da força panificável, outros parâmetros são considerados para determinar a aplicação ideal da farinha, tais como a tenacidade (P), a extensibilidade (L) e o índice de equilíbrio P/L. Esses indicadores complementam a avaliação da qualidade da farinha e auxiliam na seleção do tipo mais apropriado para diferentes produtos (SINDUSTRIGO, 2025).

Nesse contexto, farinhas que apresentam valores de P/L entre 0,5 e 0,9 são indicadas para biscoitos fermentados, ao passo que aquelas com valores de P/L entre 0,2 e 0,5 são mais recomendadas para biscoitos doces moldados. Essa diversidade de características técnicas permite que a farinha de trigo atenda às variadas exigências da indústria alimentícia, garantindo a qualidade e adequação dos produtos finais (ABITRIGO, 2022).

2.4 APLICAÇÕES ESPECÍFICAS DAS FARINHAS

A seleção da farinha de trigo adequada está diretamente relacionada às características desejadas no produto final, sendo fundamental para a obtenção de qualidade tecnológica e sensorial. No segmento da panificação, a utilização de farinhas com alta força panificável é imprescindível, uma vez que essas apresentam um equilíbrio adequado entre tenacidade e extensibilidade, garantindo ao pão um volume elevado, estrutura interna aerada e textura macia, atributos essenciais para a aceitação pelo consumidor (ABITRIGO, 2022). Além disso, essas farinhas favorecem a retenção de gases durante a fermentação, assegurando o crescimento uniforme da massa.

No caso das massas alimentícias, as farinhas utilizadas geralmente possuem força média a alta, conferindo elasticidade e resistência mecânica durante o processo de cocção. Essas características promovem a manutenção da forma e textura das massas após o cozimento, evitando deformações e perda de qualidade (EMBRAPA, 2021). A qualidade do glúten e a composição proteica são fatores determinantes para a performance da farinha nesse tipo de aplicação.

Por outro lado, produtos como biscoitos e bolos demandam farinhas de baixa força, pois essas proporcionam uma estrutura menos elástica e mais delicada, que resulta em produtos com textura macia, friável e sabor agradável. Essa menor força é adequada para produtos que não necessitam de grande desenvolvimento da rede de glúten, favorecendo a formação de uma massa mais quebradiça e suculenta, característica desejada em confeitaria (SINDUSTRIGO, 2025).

2.5 NORMAS DE QUALIDADE E REQUISITOS INDUSTRIAIS

No Brasil, a classificação e os padrões de qualidade da farinha de trigo são regulamentados por legislações específicas que visam garantir a segurança alimentar e a padronização do produto para diferentes aplicações. O Decreto nº 52.504, de 28 de julho de 1970, estabelece as categorias de farinha com base no teor de cinzas e no grau de extração, parâmetros fundamentais para determinar a qualidade e a adequação da farinha a usos específicos. De acordo com essa regulamentação, a farinha especial ou de primeira categoria apresenta uma extração máxima de 20 % e teor máximo de cinzas de 0,385 %, sendo indicada para aplicações que exigem alto padrão de pureza e cor clara. A farinha comum ou de segunda categoria possui uma extração máxima de 78 % e teor máximo de cinzas de 0,850 %, caracterizando-se por maior conteúdo de farelo e nutrientes. Já a farinha integral, com extração máxima de 95 % e teor máximo de cinzas de 1,750 %, mantém maior parte das camadas externas do grão, apresentando valor nutricional superior, mas coloração mais escura (Brasil, 1970).

Além dessa classificação, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) diferencia as farinhas em dois grupos principais, a fim de orientar seu uso: o grupo doméstico, que inclui as farinhas tipo 1, tipo 2 e integral, destinadas ao consumo doméstico, e o grupo industrial, que compreende farinhas direcionadas à indústria de panificação e outros usos industriais (SINDUSTRIGO, 2025).

2.6 IMPACTO DA QUALIDADE DA FARINHA NO PROCESSAMENTO

A qualidade da farinha de trigo influencia diretamente o desempenho tecnológico durante o processamento e as características sensoriais dos produtos finais. Parâmetros como teor de proteína, cinzas, umidade e granulometria são determinantes para o comportamento da massa e a eficiência dos processos industriais (ABITRIGO, 2022).

As proteínas do trigo, principalmente as gliadinas e glutenina, são responsáveis pela formação do glúten, uma rede tridimensional que confere elasticidade e extensibilidade à massa. A gliadina contribui para a extensibilidade, enquanto a glutenina proporciona elasticidade. A interação dessas proteínas durante a hidratação e a sova determina a capacidade da massa de reter gases, influenciando o volume e a textura dos produtos assados (Gutkoski, 2007).

O teor de cinzas na farinha indica a quantidade de minerais presentes, refletindo a proporção de partes externas do grão na moagem. Farinhas com alto teor de cinzas tendem a ter maior presença de farelo, o que pode afetar a cor e a textura dos produtos finais. A umidade, por sua vez, é crucial para a conservação da farinha; níveis elevados podem favorecer o crescimento de microrganismos e reduzir a vida útil do produto (ABITRIGO, 2022).

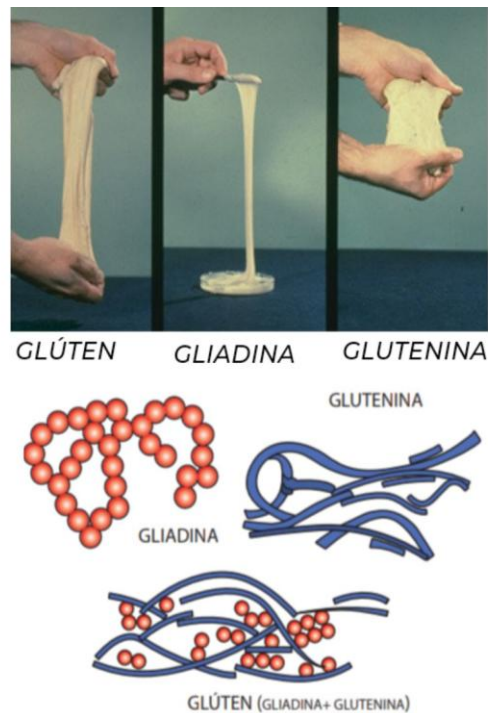
A granulometria da farinha, ou seja, o tamanho das partículas, afeta significativamente a absorção de água durante o processamento. Farinhas com partículas mais finas tendem a absorver água mais rapidamente, influenciando a consistência da massa e o tempo de mistura (SINDUSTRIGO, 2025).

2.7 REDE DE GLÚTEN E PROPRIEDADES REOLÓGICAS

2.7.1 Formação do glúten

O glúten é uma rede proteica complexa formada principalmente pelas proteínas gliadina e glutenina, presentes no trigo. A gliadina é responsável pela extensibilidade da massa, conferindo-lhe viscosidade, enquanto a glutenina proporciona elasticidade e força à estrutura do glúten. Durante o processo de mistura e hidratação da farinha, essas proteínas interagem por meio de ligações químicas, formando uma matriz tridimensional que retém gases, essencial para a qualidade dos produtos panificados (Santos, 2010). A Figura 2 demonstra a formação da rede de glúten e ilustra a composição do glúten.

Figura 2: Representação esquemática da formação da rede de glúten.



Fonte: Brunori (2023).

2.7.2 Fatores que afetam a força do glúten

A força do glúten é determinada por múltiplos fatores que influenciam suas propriedades físico-químicas e funcionais, essenciais para a qualidade da massa e do produto final. Entre esses fatores, destacam-se o teor total de proteínas presente na farinha, bem como a qualidade dessas proteínas, que inclui a proporção e a composição das frações de gliadina e glutenina, responsáveis pela elasticidade e resistência da rede protéica. Além disso, o grau de hidratação da massa exerce papel fundamental, pois a água facilita o desenvolvimento da rede de glúten durante a mistura, enquanto o tempo e a intensidade do processo de mistura determinam a extensão da formação dessa estrutura. A utilização de aditivos, como melhoradores de farinha, também pode modificar a força do glúten, promovendo melhorias na textura e no volume do produto (Komprath, 2019).

Além dos aspectos relacionados à composição proteica, condições ambientais durante o cultivo do trigo, como temperatura e disponibilidade de nutrientes, influenciam diretamente a qualidade das proteínas do glúten e, conseqüentemente, sua força. Altas temperaturas durante a maturação do grão tendem a aumentar o teor proteico, porém podem comprometer a qualidade funcional das proteínas, reduzindo a elasticidade da massa. Por outro lado, práticas agrícolas

que otimizam o aporte de nitrogênio ao solo contribuem para o desenvolvimento de proteínas de melhor qualidade, resultando em farinhas com força adequada para diferentes aplicações industriais (Gutkoski, 2007).

2.7.3 Métodos de avaliação reológica da farinha

A avaliação das propriedades reológicas da farinha de trigo é essencial para determinar sua adequação a diferentes aplicações industriais e garantir a qualidade dos produtos finais. Diversos métodos são empregados para caracterizar o comportamento da massa durante o processamento, destacando-se a alveografia, a farinografia e a extensografia. A alveografia, desenvolvida por Chopin, mede a tenacidade (P), a extensibilidade (L) e a força panificável (W) da massa, fornecendo informações valiosas sobre a resistência e a elasticidade do glúten, parâmetros essenciais para a produção de pães e massas que requerem boa estrutura. A farinografia é amplamente utilizada para determinar a capacidade de absorção de água da farinha, o tempo necessário para o desenvolvimento ideal da massa e a estabilidade dessa massa sob mistura contínua, fatores que impactam diretamente o rendimento e a qualidade tecnológica dos produtos. A extensografia permite avaliar a resistência e a extensibilidade da massa após um período de fermentação controlada, simulando as condições reais de panificação, sendo especialmente útil para prever o comportamento da massa durante a fermentação e o impacto de aditivos ou ingredientes especiais no desempenho final (Gutkoski *et al.*, 2011).

Além das técnicas tradicionais, métodos complementares têm sido incorporados às análises para proporcionar uma avaliação mais completa da qualidade da farinha. O teste de número de queda (*Falling Number*) destaca-se por medir a atividade da enzima α -amilase, indicando o grau de germinação do grão e sua influência sobre a viscosidade da massa; valores reduzidos podem afetar negativamente a qualidade do pão, resultando em miolo escuro e pegajoso. Equipamentos modernos, como o Rheolab — um reômetro utilizado para determinar a viscoelasticidade da massa — também vêm sendo empregados para analisar de forma integrada propriedades como viscosidade, elasticidade e estabilidade, oferecendo resultados rápidos e precisos a partir de pequenas quantidades de amostra (Prozyb, 2020).

A integração dessas análises fornece uma compreensão abrangente das características reológicas da farinha, orientando sua aplicação em diferentes produtos, como pães, massas frescas, biscoitos e bolos, e assegurando que as especificações técnicas sejam atendidas em cada processo produtivo. A escolha dos métodos de avaliação deve considerar as necessidades

específicas da indústria e as características desejadas no produto final, permitindo ajustes precisos nas formulações e processos para alcançar a qualidade esperada (Gutkoski, 2007).

2.8 OXIDANTES NA FARINHA DE TRIGO

2.8.1 Efeitos tecnológicos dos oxidantes

Os agentes oxidantes utilizados na panificação desempenham papel fundamental na modificação das propriedades viscoelásticas da massa, promovendo o fortalecimento da rede de glúten e melhorando a qualidade do produto. Sua atuação favorece a formação de ligações dissulfeto entre as cadeias polipeptídicas das glutenina, o que resulta em uma massa mais resistente, com maior capacidade de retenção de gases, influenciando positivamente o volume e a estrutura do pão (Silva, 2013). Além disso, o uso de oxidantes pode ajustar o equilíbrio entre extensibilidade e resistência da massa, otimizando o manuseio durante o processamento mecânico e a fermentação (Oliveira, 2011).

2.8.2 Mecanismo de ação

Os oxidantes agem por meio da oxidação de grupos sulfidríla (-SH) presentes nas proteínas da farinha, promovendo a formação de ligações dissulfeto (-S-S-) que estabilizam a rede proteica do glúten. Um dos principais alvos dessas reações é a glutathiona reduzida (GSH), um tripeptídeo naturalmente presente no trigo que, quando oxidado, perde sua capacidade redutora e deixa de interferir na formação de ligações proteicas, favorecendo a estruturação da massa. O controle da atividade da glutathiona tem sido um ponto chave na formulação de farinhas com desempenho tecnológico superior (Nascimento, 2021).

2.8.3 Principais oxidantes na indústria

O ácido ascórbico permanece como o oxidante de escolha na indústria panificadora devido à sua eficácia, segurança e ampla aceitação regulatória. No entanto, outros compostos também são utilizados em aplicações específicas ou para complementar os efeitos desejados na massa (Pereira, 2009).

Entre eles, destaca-se o peróxido de benzoíla, que atua como agente branqueador e oxidante, promovendo clareamento da farinha e reforço na rede de glúten. Seu uso é mais

comum em farinhas destinadas à produção de biscoitos e massas, onde a coloração clara é desejada e a formação de glúten excessivo é indesejada (Lopes, 2014).

Outro composto relevante é o bromato de potássio ($KBrO_3$), anteriormente amplamente utilizado por sua forte ação oxidante na fase inicial da mistura e por proporcionar massas mais tolerantes ao processo industrial. No entanto, devido a preocupações toxicológicas e potencial de carcinogenicidade, seu uso foi proibido no Brasil pela ANVISA (RDC nº 263/2005) e em diversos países (ANVISA, 2005; WHO, 1993). Ainda é permitido em alguns locais, como os Estados Unidos, sob condições estritas de uso (FDA, 2024).

O azodicarbonamida (ADA), composto que atua rapidamente como oxidante durante a mistura, foi utilizado por anos, mas teve seu uso suspenso ou proibido em muitos países por gerar subprodutos considerados tóxicos quando aquecido, como a semicarbazida (ANVISA, 2011; European Food Safety Authority, 2005). Demais compostos como persulfato de amônio, peróxido de cálcio e cloro gasoso, possuem usos mais limitados ou restritos. O Quadro 2 apresenta os mecanismos de ação dos oxidantes citados e seus atuais limites de uso no Brasil.

Quadro 2: Comparação entre oxidantes utilizados em farinha.

Oxidante	Função principal	Mecanismo	Status no Brasil
Ácido ascórbico	Melhorador do glúten	Oxida GSH → ↑ ligações S–S	Permitido (sem limite fixo)
Peróxido de benzoíla	Clareador visual	Oxida carotenos	Permitido (até 75 mg/kg)
Bromato de potássio	Reforço do glúten	Oxidação intensa de SH	Proibido (RDC 263/2005)
Azodicarbonamida (ADA)	Oxidante rápido	Gera semicarbazida	Proibido (ANVISA, 2011)

Fonte: Adaptado de ANVISA (2023) e Fao & Who (2019).

2.9 ASPECTOS REGULATÓRIOS

A regulamentação do uso de oxidantes em farinha varia conforme a jurisdição. No Brasil, a ANVISA permite o uso de ácido ascórbico e peróxido de benzoíla em concentrações máximas de $200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ e $75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente, conforme estabelecido pela Resolução RDC nº 778/2023 (ANVISA, 2023). Essas substâncias também são reconhecidas como seguras, desde que utilizadas dentro dos limites estabelecidos (Fao & Who, 2023; FDA, 2024). A

observância desses padrões é fundamental para garantir a segurança alimentar e o atendimento aos requisitos legais nos mercados nacional e internacional.

A legislação brasileira, por meio da Resolução RDC nº 263/2005 da ANVISA, permite a adição de ácido ascórbico em farinhas de trigo como agente melhorador, sem especificar um limite máximo desde que sua função seja exclusivamente tecnológica e devidamente justificada. O peróxido de benzoíla, por sua vez, é permitido como agente branqueador, com limite máximo de $75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, devendo seu uso estar declarado nos rótulos dos produtos destinados ao consumidor final (ANVISA, 2005).

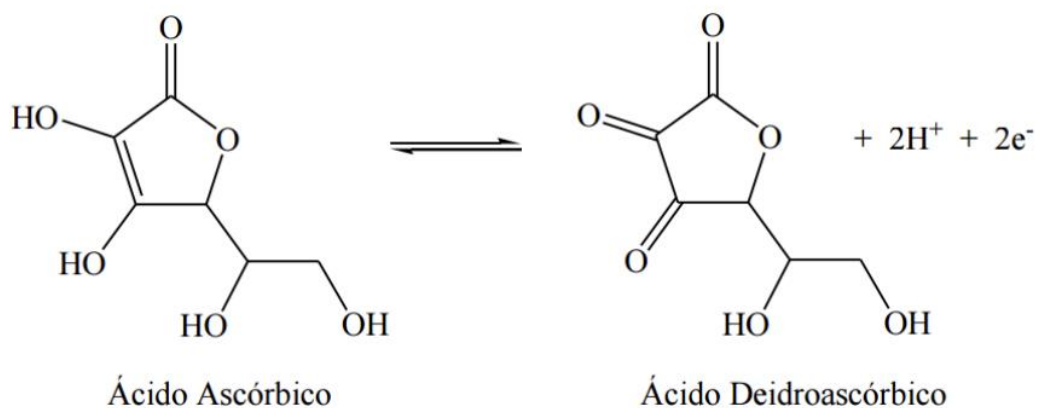
Internacionalmente, o Codex Alimentarius (Fao & Who, 2019) também reconhece o ácido ascórbico como aditivo seguro e funcional na panificação, recomendando seu uso dentro das boas práticas de fabricação. Já o peróxido de benzoíla tem uso restrito em muitos países, sendo banido em regiões como a União Europeia e Austrália (Fao & Who, 2019).

2.10 MELHORADORES DE FARINHA: ÁCIDO ASCÓRBICO E PERÓXIDO DE BENZOÍLA

2.10.1 Mecanismo de ação do ácido ascórbico

O ácido ascórbico é amplamente utilizado na panificação industrial como agente oxidante, desempenhando um papel crucial na melhoria das propriedades reológicas da massa. Embora quimicamente seja um antioxidante, na massa de pão atua como oxidante por meio de um mecanismo indireto. Durante a mistura, o ácido ascórbico é oxidado a ácido dehidroascórbico, que reage com compostos redutores como a glutatona, promovendo a formação de ligações dissulfeto entre as proteínas do glúten. Esse processo fortalece a rede de glúten, aumentando a resistência da massa e melhorando o volume e a textura do pão (Pereira, 2009). A Figura 3 demonstra a reação ocorrida com o ácido ascórbico.

Figura 3: Reação de oxidação do ácido ascórbico.



Fonte: Manica, 2019.

A glutathiona, em sua forma reduzida (GSH), pode romper ligações dissulfeto entre as subunidades de glutenina, prejudicando a formação de uma rede proteica elástica e coesa. Ao oxidar a glutathiona, o ácido ascórbico favorece a formação de ligações dissulfeto intermoleculares, que reforçam a estrutura do glúten. Como resultado, a massa torna-se mais resistente, coesa e tolerante ao manuseio, aumentando a capacidade de retenção dos gases produzidos durante a fermentação (Hoseney, 1994; Zelleke, 2013).

2.10.2 Impacto tecnológico do ácido ascórbico

Os efeitos do ácido ascórbico sobre a massa se traduzem em diversos benefícios tecnológicos: melhora do volume específico dos pães, aumento da estabilidade da massa durante a fermentação e cozedura, melhora da textura da migalha e uniformidade dos poros. Além disso, sua aplicação favorece a produção em larga escala, pois reduz a variabilidade do processo e amplia a tolerância da massa a tempos prolongados de fermentação ou descanso (Williams, 2007).

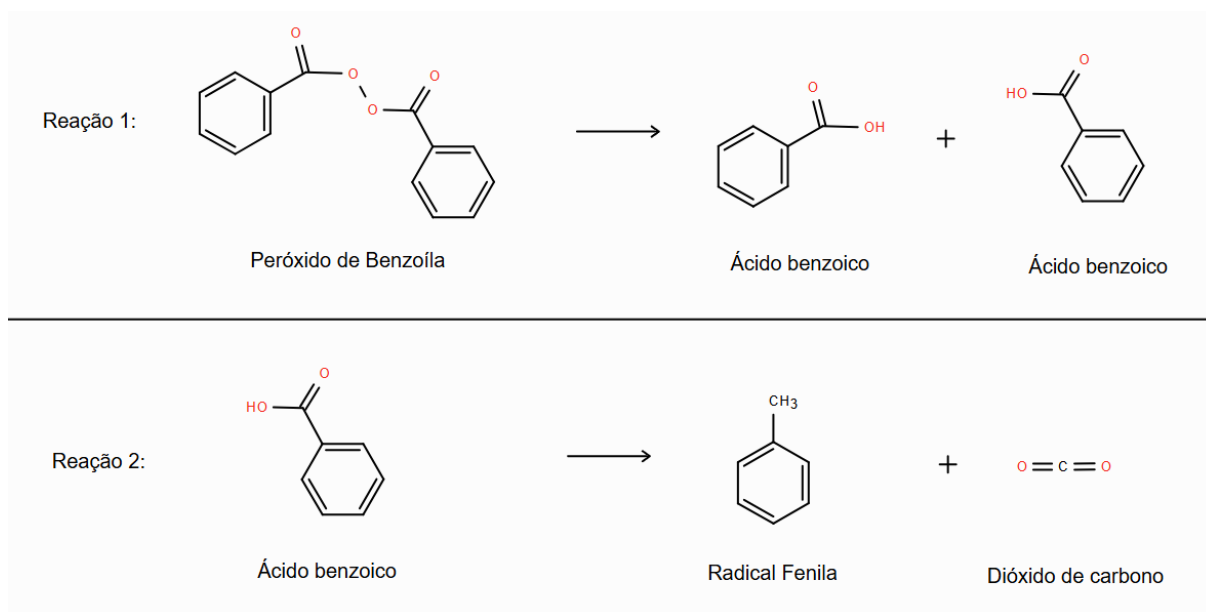
Do ponto de vista sensorial, a ação do ácido ascórbico é considerada neutra, não interferindo no sabor, aroma ou cor do produto final. Sua ampla aceitação e eficácia consolidam seu uso na formulação de farinhas específicas para panificação e massas fermentadas de longa fermentação, como baguetes e pães artesanais (Pereira, 2009).

2.10.3 Peróxido de benzoíla: branqueador e oxidante secundário

O peróxido de benzoíla, embora também classificado como um oxidante secundário, apresenta mecanismo e finalidade distintos. Seu uso principal na indústria moageira é como agente branqueador da farinha, atuando na oxidação de pigmentos carotenoides, especialmente a xantofila, conferindo à farinha um aspecto mais branco e visualmente limpo (Williams, 2007).

Durante a aplicação, o peróxido de benzoíla é geralmente adicionado na etapa de pós-moagem, antes do empacotamento. A ligação peróxido é rompida formando duas moléculas de ácido benzoico que atuam como reação intermediária, essas moléculas sofrem um processo de descarboxilação, formando radicais fenila, este último sendo o agente responsável pela oxidação dos pigmentos. A Figura 4 ilustra o processo de decomposição do peróxido de benzoíla. Embora haja uma leve atuação sobre os grupos sulfidríla (SH) das proteínas da farinha, o efeito do peróxido de benzoíla sobre o glúten é secundário e muito inferior ao do ácido ascórbico (Lopes, 2014).

Figura 4: Reações de decomposição do peróxido de benzoíla.



Fonte: O autor (2025).

Além disso, o uso do peróxido de benzoíla tem sido progressivamente restringido ou descontinuado em diversos países por preocupações relacionadas à formação de resíduos. A União Europeia, por exemplo, proíbe o uso do peróxido de benzoíla na farinha desde 1997. No

Brasil, sua utilização ainda é permitida, com restrições quanto à concentração máxima (ANVISA, 2005).

2.10.4 Comparação e escolha tecnológica

Comparativamente, o ácido ascórbico é mais utilizado quando o objetivo é a melhoria funcional e estrutural da massa panificável, enquanto o peróxido de benzoíla é escolhido apenas quando há exigências estéticas quanto à coloração da farinha. O ácido ascórbico também se destaca por ser uma vitamina naturalmente presente nos alimentos e por sua aceitação regulatória mais ampla. Além disso, sua estabilidade térmica moderada permite que parte de sua atividade se mantenha até o início do processo de fermentação, agindo de forma efetiva na formação da rede de glúten (Gutkoski & Muniz, 2020).

Embora o ácido ascórbico e o peróxido de benzoíla possam ser empregados em conjunto na formulação de farinhas destinadas à panificação, essa combinação exige cuidados, pois os efeitos de cada aditivo são distintos e, em alguns casos, podem ser antagonistas. O ácido ascórbico, ao promover o fortalecimento da rede de glúten, favorece a estrutura e o volume do pão, enquanto o peróxido de benzoíla atua principalmente como branqueador, sem impacto direto na qualidade reológica da massa. A legislação brasileira permite o uso simultâneo desses aditivos, desde que respeitados os limites máximos estabelecidos, como o limite de $75 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ para o peróxido de benzoíla (ANVISA, 2005). No entanto, a escolha da combinação deve considerar as características do produto final desejado, o perfil sensorial e a aceitação do consumidor (Lopes, 2014; Williams, 2007).

2.11 ANÁLISE DA QUALIDADE DA FARINHA TRATADA COM OXIDANTES

A avaliação da qualidade tecnológica da farinha após a adição de oxidantes envolve uma combinação de ensaios físico-químicos, reológicos e testes de panificação, que permitem correlacionar o desempenho da farinha com sua aplicação final. A adição de agentes oxidantes como ácido ascórbico e peróxido de benzoíla altera significativamente as propriedades funcionais da massa e, portanto, influencia o comportamento durante o processamento e a qualidade do produto final (Gutkoski & Muniz, 2020).

2.11.1 Ensaaios

2.11.1.1 Umidade

O teor de umidade da farinha é uma característica básica de controle de qualidade, mas também influencia diretamente o comportamento reológico da massa. Farinhas com teor de umidade mais elevado tendem a absorver menos água adicional, impactando a consistência e a tolerância da massa ao batimento e fermentação oxidantes, como o ácido ascórbico, não afetam diretamente a umidade, mas podem modificar a capacidade de absorção de água da matriz proteica e amilácea da farinha (Ziegler & Greer, 2007).

2.11.1.2 *Falling number*

O ensaio de *Falling Number* (FN) mede a atividade enzimática (principalmente α -amilase) da farinha. Em farinhas tratadas com oxidantes, normalmente não se observa alteração significativa no FN, pois os oxidantes não interferem na atividade enzimática endógena. No entanto, uma rede de glúten mais forte pode reter melhor a estrutura formada durante a gelatinização do amido, o que pode sutilmente alterar os resultados da viscosidade final no equipamento (Miskelly, 1996).

2.11.1.3 Glúten

A quantidade e a qualidade do glúten são profundamente impactadas pelo uso de oxidantes. Ensaaios como o Glúten Úmido, Glúten Seco e Índice de Glúten revelam aumentos na retenção da estrutura proteica quando a farinha é tratada com ácido ascórbico, devido ao fortalecimento das ligações dissulfeto entre as subunidades de glutenina. Esses efeitos resultam em massas mais coesas, menos pegajosas e mais elásticas (Zelleke, 2013).

2.11.1.4 Alveografia

A alveografia é essencial para avaliar a tenacidade (P), extensibilidade (L) e a força (W) da massa. Após a aplicação de oxidantes, especialmente o ácido ascórbico, há aumento significativo no valor de W, com aumento em P e leve redução em L, indicando uma massa

mais forte, porém menos extensível. Esse perfil é desejado para pães com estrutura volumosa e fermentações mais longas (Ferrari, 2003).

2.11.1.5 Farinografia

A farinografia analisa a absorção de água, desenvolvimento, estabilidade e enfraquecimento da massa durante o batimento. Farinhas tratadas com ácido ascórbico apresentam maior tempo de desenvolvimento e estabilidade, com menor taxa de enfraquecimento, refletindo maior resistência ao estresse mecânico. Isso é crucial para processos industriais contínuos, onde a massa é submetida a longos períodos de mistura e repouso (Williams, 2007).

2.11.1.6 Extensografia

A extensografia complementa os dados da alveografia, medindo a resistência à extensão (R), extensibilidade (E) e energia total (A). A aplicação de oxidantes aumenta a resistência à extensão e a energia acumulada pela massa, refletindo uma rede de glúten mais elástica e tenaz, favorecendo a retenção de gás durante a fermentação e cocção (Lopes, 2014).

2.11.2 Testes de panificação e avaliação do produto final

Os testes de panificação são fundamentais para avaliar a qualidade tecnológica das farinhas e o desempenho dos melhoradores durante o processo de fabricação de pães. Esses testes permitem simular as condições reais de produção e analisar as características sensoriais e físicas do produto final, garantindo a conformidade com os padrões de qualidade desejados. Entre os parâmetros avaliados, destacam-se a cor externa do pão, que deve apresentar um dourado uniforme e atrativo, e a presença de pestana – a fenda característica na superfície superior do pão, indicativa de uma boa expansão e desenvolvimento da estrutura durante a cocção (Watanabe, 2019).

A análise da cor do miolo indica o estado de fermentação e a adequação da farinha, enquanto o volume específico reflete o grau de expansão da massa e a qualidade do glúten. O sabor, por sua vez, deve ser equilibrado, sem notas amargas ou ácidas, expressando a qualidade dos ingredientes e do processo fermentativo. Esses parâmetros garantem a aceitação do consumidor e a padronização do produto final (Feitosa *et al.*, 2013; Souza, 2014).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS

O desenvolvimento deste trabalho experimental foi realizado nas dependências do laboratório de controle de qualidade da empresa Tondo S.A. A matéria-prima utilizada foi farinha de trigo branca tipo 1 – panificação, obtida de um único lote de produção, isenta de qualquer tipo de aditivo ou melhorador. Essa padronização teve como objetivo eliminar variáveis associadas à composição da matéria-prima, permitindo que os resultados obtidos refletissem exclusivamente os efeitos dos agentes oxidantes testados, sem interferência de outros aditivos, enzimas ou fortificantes.

A farinha foi selecionada por apresentar características adequadas à panificação, com teor médio de proteína dentro dos parâmetros exigidos para a produção de pão francês, além de teor de umidade, cinzas e força panificável compatíveis com as especificações técnicas definidas pela Associação Brasileira da Indústria do Trigo (ABITRIGO, 2022). A padronização do lote buscou minimizar variações no desempenho reológico e na qualidade final do pão.

Foram empregados como agentes oxidantes o ácido ascórbico (INS 300) da empresa Luwei Pharmaceutical e o peróxido de benzoíla (INS 928) da marca Prozyn Biosolutions, ambos de grau alimentício.

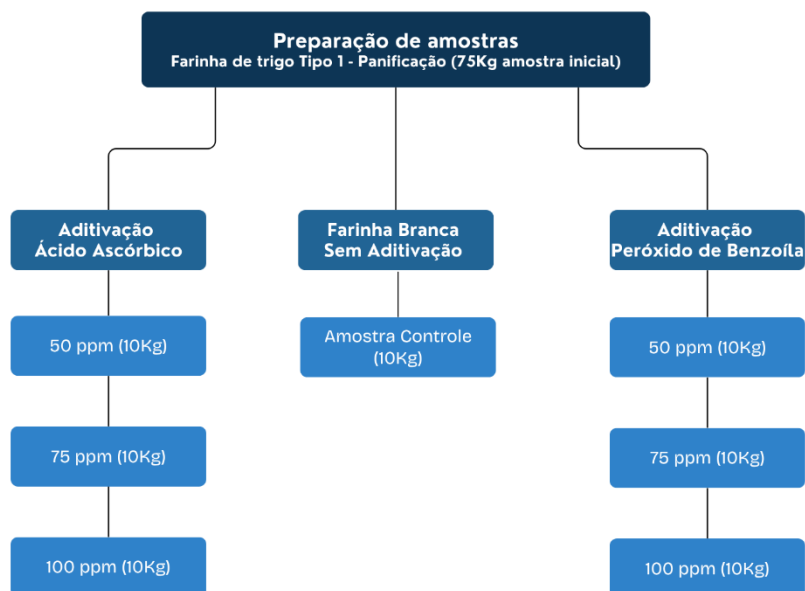
Foram também utilizados, nos testes de panificação, ingredientes básicos como água potável, fermento biológico fresco (*Saccharomyces cerevisiae*), sal refinado e açúcar. Estes componentes foram mantidos constantes em todas as formulações, com exceção da quantidade de água, que foi ajustada conforme a capacidade de absorção de cada amostra, determinada previamente pelo farinógrafo.

3.2 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

O delineamento experimental consistiu na preparação de setenta e cinco quilogramas de farinha de trigo, subdivididos em amostras de cinco quilogramas para cada condição de teste. As amostras foram organizadas em sete grupos experimentais, sendo um grupo controle, sem a adição de oxidantes, e seis grupos compostos pelas diferentes dosagens dos agentes oxidantes. Para cada oxidante, foram aplicadas as concentrações de cinquenta, setenta e cinco e cem partes por milhão conforme demonstrado na Figura 5, valores selecionados com base na legislação

vigente (ANVISA, 2023) e em estudos que demonstram os efeitos tecnológicos dessas substâncias na panificação.

Figura 5: Fluxograma de preparação das amostras.



Fonte: O autor (2025).

As sete amostras utilizadas no estudo estão descritas no Quadro 3, que apresenta a definição de cada formulação conforme o tipo e a concentração do oxidante empregado.

Quadro 3: Definição das amostras de farinha de trigo utilizadas no estudo.

Amostra	Descrição
1	Farinha de trigo com adição de 50 ppm de peróxido de benzoíla
2	Farinha de trigo com adição de 75 ppm de peróxido de benzoíla
3	Farinha de trigo com adição de 100 ppm de peróxido de benzoíla
4	Farinha de trigo com adição de 50 ppm de ácido ascórbico
5	Farinha de trigo com adição de 75 ppm de ácido ascórbico
6	Farinha de trigo com adição de 100 ppm de ácido ascórbico
7	Farinha de trigo sem aditivos - controle

Fonte: o autor (2025).

A dosagem dos oxidantes foi realizada por meio de pesagem precisa em balança analítica com sensibilidade de 0,001 g. A incorporação dos aditivos foi feita diretamente na

farinha seca, seguida de homogeneização mecânica em batedeira planetária, em rotação baixa (cerca de 60 a 120 RPM), durante aproximadamente 10 min. Esse procedimento foi adotado para assegurar uma distribuição uniforme dos aditivos na matriz farinácea, evitando a formação de aglomerados e garantindo a reprodutibilidade dos resultados.

Após a preparação, cada amostra foi devidamente acondicionada, identificada e encaminhada para as análises subsequentes. Todas as determinações laboratoriais foram realizadas em triplicata, a fim de assegurar reprodutibilidade e confiabilidade dos resultados obtidos.

3.3 METODOLOGIA ANALÍTICA

3.3.1 Determinação de Umidade

A Figura 6 apresenta o equipamento utilizado para a análise de umidade da farinha. A determinação do teor de umidade é realizada utilizando um aparelho de secagem por infravermelho a 120 °C, durante 5 minutos. Este procedimento é essencial para o controle de qualidade da farinha, pois a umidade interfere diretamente na vida útil do produto, na capacidade de absorção de água e no desempenho reológico da massa (Cauvain & Young, 2015).

Figura 6: Balança de análise por infravermelho marca Gehaka.



Fonte: O autor (2025).

3.3.2 *Falling Number*

A Figura 7 apresenta o equipamento utilizado para a avaliação da atividade enzimática, realizada por meio do teste de *Falling Number*, conforme metodologia AACC 56-81B. O procedimento envolve a preparação de uma suspensão de farinha e água destilada, que é aquecida até ocorrer a gelatinização do amido. Um êmbolo, guiado por gravidade, desce através da mistura, e o tempo de queda é registrado em segundos. Este parâmetro é fundamental para indicar o nível de atividade da enzima alfa-amilase, sendo diretamente relacionado à viscosidade da massa gelatinizada. Valores muito baixos estão associados à presença de grãos germinados, que podem comprometer a qualidade do pão, enquanto valores muito altos indicam baixa atividade enzimática, podendo resultar em pães de volume reduzido e migalha seca (Miskelly, 1996).

Figura 7: Equipamento para análise de *Falling Number*, marca Perten.

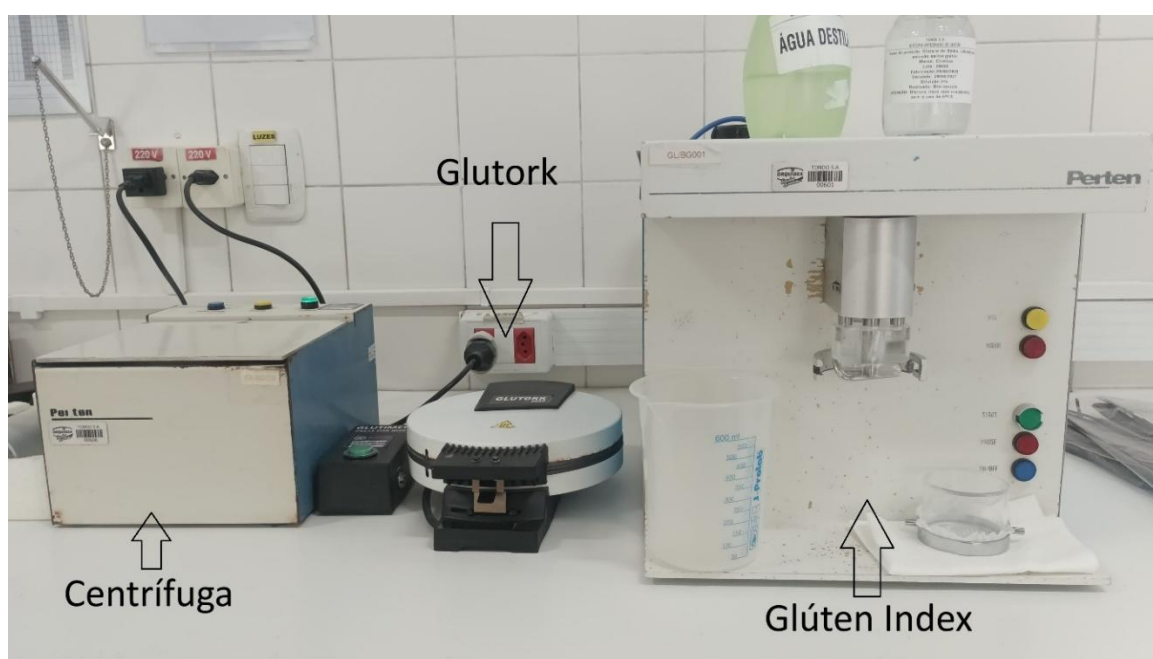


Fonte: O autor (2025).

3.3.3 Análise de Glúten

A determinação do teor de glúten foi realizada conforme os métodos AACC 38-12.02 e ICC 155. A análise baseia-se na lavagem automática da massa formada pelo equipamento Glúten Index, utilizando uma solução salina a 2 % (m/v), com o objetivo de remover os componentes solúveis e o amido. A fração proteica restante, correspondente ao glúten, é então submetida à centrifugação, permitindo avaliar a resistência da rede proteica à deformação. Após esse processo, as frações são pesadas: a porção que resiste à deformação é denominada glúten retido, enquanto a parte que ultrapassa essa resistência se combina com a primeira, formando o glúten úmido. Em seguida, o glúten úmido é inserido no equipamento *Glutork*, onde ocorre a etapa de secagem para obtenção do glúten seco. A Figura 8 mostra o equipamento utilizado nesse procedimento.

Figura 8: Equipamentos para análise de glúten, todos da marca Perten.



Fonte: O autor (2025).

3.3.4 Análises Reológicas

As análises reológicas desempenham papel central neste trabalho, uma vez que permitem avaliar de forma quantitativa e objetiva as alterações na estrutura da massa promovidas pela adição dos agentes oxidantes ácido ascórbico e peróxido de benzoíla. A reologia da farinha de trigo está diretamente associada à qualidade do glúten e ao

comportamento viscoelástico da massa durante o processamento, sendo determinante para o desempenho no processo de panificação (Gutkoski, 2011).

A avaliação reológica foi realizada utilizando três metodologias complementares: alveografia, farinografia e extensografia, cada uma fornecendo informações específicas e fundamentais sobre as propriedades da massa em diferentes fases do processamento.

A alveografia, realizada segundo o método AACC 54-30.02, tem como objetivo simular a expansão da massa sob a ação dos gases formados durante a fermentação. O ensaio é conduzido com o alveógrafo, mostrado na Figura 9 o qual infla uma lâmina de massa em forma de bolha até o ponto de ruptura, permitindo a avaliação de sua resistência e capacidade de expansão. Três parâmetros principais são obtidos: a tenacidade (P), que expressa a resistência da massa à deformação; a extensibilidade (L), que indica a capacidade da massa de se alongar antes de romper; e a força panificável (W), correspondente à área sob a curva do gráfico gerado, refletindo a energia total necessária para inflar e romper a bolha de massa.

Figura 9: Alveógrafo da marca Chopin.



Fonte: O autor (2025).

O processo analítico inicia-se com o preparo da solução salina, cuja quantidade é ajustada conforme a umidade da farinha analisada, sendo medida por uma bureta graduada localizada na lateral esquerda do equipamento. Em seguida, 250 g de farinha são adicionados à masseira, onde a mistura é batida por 8 min, promovendo a homogeneização e a sova da massa. Após esse tempo, a massa é extrusada, e cinco amostras são moldadas, as quais permanecem em repouso por, no mínimo, 10 min. Na etapa de leitura, cada amostra é achatada e inflada por meio de uma abertura de ar, gerando a curva característica do teste e possibilitando a leitura dos parâmetros P, L e W.

A adição de agentes oxidantes tende a impactar significativamente os parâmetros da alveografia. O ácido ascórbico, por sua ação fortalecedora da rede de glúten, geralmente promove um aumento nos valores de tenacidade e força panificável, podendo, em alguns casos, reduzir a extensibilidade. Isso resulta em massas mais firmes, capazes de reter maiores volumes de gás, embora com menor capacidade de expansão. Por outro lado, o peróxido de benzoíla, cuja ação é menos intensa sobre as proteínas da farinha, pode apresentar efeitos mais sutis ou praticamente neutros sobre esses parâmetros (Lopes, 2014).

A farinografia, realizada conforme o método AACC 54-21.02, avalia o comportamento reológico da massa durante o batimento, simulando as condições industriais de mistura. O equipamento, conforme a Figura 10, mede a resistência da massa aos braços misturadores, gerando um gráfico de torque em função do tempo. A partir desse registro, são determinados parâmetros como absorção de água, tempo de desenvolvimento, estabilidade e índice de tolerância máxima, que indicam respectivamente a quantidade ideal de água, a formação e a manutenção da rede de glúten e sua resistência ao sobrebatimento.

Figura 10: Farinógrafo da marca Brabender.



Fonte: O autor (2025).

Os agentes oxidantes influenciam diretamente esses parâmetros. O ácido ascórbico geralmente proporciona aumento na estabilidade da massa e prolongamento do tempo de desenvolvimento, tornando-a mais resistente às solicitações mecânicas. Isso é particularmente relevante para processos industriais que demandam longos tempos de mistura ou fermentação. A estabilidade elevada também está associada à capacidade da rede de glúten de manter sua integridade estrutural frente ao estresse mecânico (Gutkoski, 2011). O peróxido de benzoíla, devido à sua ação menos expressiva sobre as proteínas, pode apresentar alterações mínimas ou não significativas nesses parâmetros.

A extensografia, realizada conforme o método AACC 54-10.01, complementa as análises reológicas da farinha ao avaliar o comportamento da massa durante o alongamento — uma condição que simula a expansão sofrida durante a fermentação e o forneamento. O equipamento utilizado, ilustrado na Figura 11, registra a força necessária para estender a massa e o comprimento até o ponto de ruptura, gerando um gráfico de resistência versus extensão. A análise tem início com a preparação da massa, utilizando-se os dados de absorção de água e tempo de desenvolvimento previamente obtidos na farinografia. Após a mistura, a massa é moldada com auxílio de um rolo em formato cilíndrico e submetida a um período de repouso de 45 minutos.

Figura 11: Extensógrafo da marca Brabender.



Fonte: O autor (2025).

Decorrido esse tempo, cada amostra é posicionada no equipamento, onde um gancho estende a massa até sua ruptura, permitindo a leitura de três parâmetros fundamentais:

resistência à extensão (R), que representa a força necessária para alongar a massa; extensibilidade (E), que indica o quanto a massa pode ser estendida antes de se romper; e energia (A), que corresponde à área sob a curva gerada, refletindo a energia total acumulada durante o processo de deformação. Além disso, é possível determinar a resistência máxima, a resistência média e realizar leituras adicionais após novos descansos de 90 e 135 min, respeitando sempre o intervalo de 45 min entre as leituras — sendo permitido um máximo de três avaliações por amostra.

Do ponto de vista tecnológico, a resistência à extensão está associada à elasticidade da massa, enquanto a extensibilidade indica sua capacidade de se deformar sem romper. A energia total reflete o equilíbrio entre esses dois comportamentos. Massas com alta resistência e baixa extensibilidade tendem a ser mais rígidas e menos tolerantes ao crescimento durante a fermentação, o que pode resultar em pães com menor volume e miolo mais denso. Por outro lado, massas com resistência muito baixa e alta extensibilidade podem se espalhar excessivamente, colapsando durante a fermentação (Gutkoski *et al.*, 2011).

A análise integrada dos resultados provenientes desses três ensaios permite uma compreensão abrangente do impacto dos agentes oxidantes sobre a qualidade reológica da farinha e da massa. Esse entendimento é fundamental não apenas do ponto de vista acadêmico, mas também para a indústria, uma vez que a escolha e o controle dos aditivos impactam diretamente a padronização, a qualidade final dos produtos e a eficiência dos processos produtivos.

3.4 TESTES DE PANIFICAÇÃO

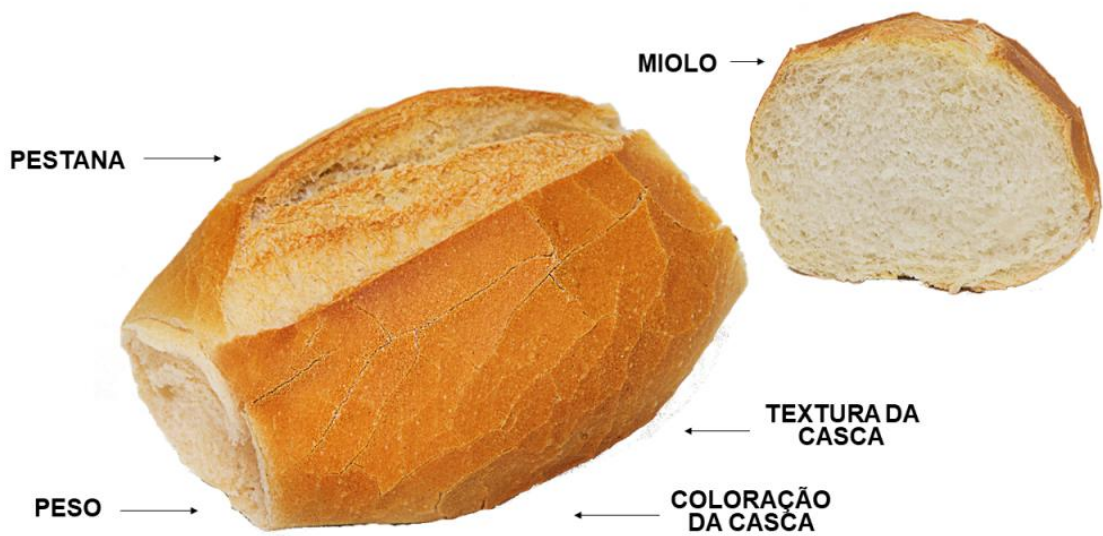
Os testes de panificação foram conduzidos com o objetivo de avaliar o desempenho prático das farinhas tratadas com diferentes níveis de oxidantes, comparando-as com a farinha controle. A formulação adotada foi composta por farinha de trigo, água, fermento biológico fresco, sal e açúcar, sendo que a quantidade de água foi ajustada com base na absorção determinada pela farinografia.

O processo de panificação seguiu as etapas de mistura, descanso em bloco por 20 min, divisão da massa em peças de aproximadamente 70 g, modelagem manual, fermentação final em câmara controlada a 30 °C e 80 % de umidade relativa por 90 min e forneamento em forno tipo lastro, com injeção de vapor nos minutos iniciais, a 200 °C por 20 min.

Após o forneamento, os pães foram resfriados à temperatura ambiente e submetidos à avaliação física e sensorial. Foram analisados o volume específico, a coloração da casca e do

miolo, a formação da pestana e a presença de craquelamento na superfície. A estrutura interna da migalha também foi observada quanto à uniformidade dos alvéolos, maciez e elasticidade, estes parâmetros são avaliados de forma sensorial. A Figura 12 ilustra alguns dos aspectos analisados no teste prático de pão francês. Esses critérios são fundamentais para compreender o impacto dos oxidantes nas propriedades reológicas da massa e nas características tecnológicas e sensoriais do produto final (Feitosa *et al.*, 2013; Souza, 2014).

Figura 12: Análises para avaliação de pão francês.



Fonte: ABIP (2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

4.1.1 Umidade

A Tabela 1 apresenta os resultados de umidade das amostras de farinha de trigo. Todas as amostras apresentaram valores dentro do limite máximo de 15,0 % estabelecido pela legislação brasileira para farinhas de trigo (Brasil, 2005), indicando condições adequadas para o processamento e armazenamento.

Tabela 1: Resultados de umidade das amostras de farinha de trigo.

Amostra	Umidade (%)
1	13,1 ± 0,1
2	13,3 ± 0,0
3	13,2 ± 0,3
4	13,3 ± 0,1
5	13,3 ± 0,1
6	13,1 ± 0,1
7	13,3 ± 0,1

Fonte: O autor (2025).

De acordo com Pomeranz (1988), o teor de umidade é um parâmetro fundamental na caracterização da farinha, pois influencia sua estabilidade, conservação e comportamento reológico. Teores elevados favorecem reações microbianas e enzimáticas indesejáveis, enquanto valores muito baixos podem comprometer a hidratação do glúten e o desempenho tecnológico da massa (Gutkoski & Durr, 2003).

Observa-se que a adição de ácido ascórbico e peróxido de benzoíla não alterou a umidade das amostras, o que era esperado, visto que esses aditivos não possuem caráter higroscópico. Resultados semelhantes foram relatados por Pereira (2009) e Zelleke (2013), reforçando que esses oxidantes não interferem no teor de água da farinha. Dessa forma, as amostras mantiveram condições adequadas de conservação e estabilidade, permitindo comparações confiáveis nas análises reológicas e tecnológicas subsequentes.

4.1.2 *Falling Number*

Na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos para o índice de queda das amostras de farinha de trigo com e sem aditivos. De maneira geral, observou-se que a aplicação dos agentes oxidantes promoveu variações discretas no comportamento da farinha, sem alterações expressivas na atividade enzimática.

Tabela 2: Resultados de *Falling number* obtidos.

Amostra	<i>Falling number</i> (s)
1	348 ± 5
2	346 ± 9
3	343 ± 2
4	344 ± 1
5	350 ± 11
6	340 ± 7
7	344 ± 4

Fonte: O autor (2025).

Nas amostras tratadas com peróxido de benzoíla, notou-se uma tendência de leve redução do índice de queda com o aumento da concentração, indicando que o composto não exerceu efeito sobre o sistema amilásico. Esse resultado está de acordo com Kihlberg e Johansson (2004), que descrevem a ação do peróxido de benzoíla como predominantemente voltada ao branqueamento, sem influência direta sobre enzimas endógenas da farinha.

Por outro lado, as amostras contendo ácido ascórbico apresentaram comportamento mais estável, com pequena variação entre as concentrações testadas. A presença desse aditivo tende a reduzir ligeiramente a disponibilidade de substrato para ação enzimática (Cauvain & Young, 2009).

Em conjunto, os resultados indicam que ambos os agentes mantiveram o *Falling Number* dentro da faixa adequada para farinhas de panificação, preservando o equilíbrio entre atividade enzimática e desempenho tecnológico, essencial para a obtenção de massas com estabilidade e produtos finais de qualidade.

4.1.3 Glúten Úmido

A Tabela 3 apresenta os resultados de glúten úmido das amostras analisadas. De modo geral, os valores permaneceram dentro da faixa esperada para farinhas de qualidade panificável aceitável, variando entre 28,5 % e 29,6 %. Observou-se que as amostras tratadas com ácido ascórbico apresentaram tendência de aumento no teor de glúten úmido em relação ao controle, indicando maior capacidade de formação e retenção da rede proteica. Esse comportamento está em concordância com os resultados relatados por Pereira (2009) e Lopes (2010), que observaram elevação do teor de glúten em farinhas tratadas com ácido ascórbico devido à formação de pontes dissulfeto e fortalecimento da estrutura do glúten.

Tabela 3: Resultados obtidos na análise de Glúten Úmido.

Amostra	Glúten Úmido (%)
1	28,7 ± 0,4
2	28,7 ± 0,8
3	28,9 ± 0,4
4	29,0 ± 0,2
5	28,5 ± 0,2
6	28,5 ± 0,4
7	28,8 ± 0,3

Fonte: O autor (2025).

As amostras com peróxido de benzoíla, por outro lado, apresentaram valores semelhantes ao controle, sugerindo que esse agente oxidante não interfere na quantidade de glúten formado, atuando predominantemente como branqueador, conforme descrito por Zelleke (2013). Resultados semelhantes foram relatados por Feitosa *et al.* (2013), que também não observaram alteração relevante na quantidade de glúten em farinhas branqueadas com peróxido. Assim, os resultados confirmam que o ácido ascórbico exerce efeito positivo sobre a formação do glúten, enquanto o peróxido de benzoíla não apresenta impacto expressivo nesse parâmetro.

4.1.4 Índice de Glúten

A Tabela 4 apresenta os resultados do índice de glúten das amostras avaliadas. Todas as amostras apresentaram valores elevados, entre 95,4 % e 98,7 %, indicando qualidade proteica

e adequada coesão da rede de glúten. Nota-se que as amostras com ácido ascórbico apresentaram leve elevação no índice de glúten em relação ao controle, resultado coerente com estudos de Pereira (2009) e Feitosa *et al.* (2013), que relataram aumento da força e elasticidade da massa em função da ação oxidante do ácido ascórbico.

Tabela 4: Resultados obtidos na análise de índice de glúten.

Amostra	Índice de glúten (%)
1	95,4 ± 0,6
2	98,4 ± 0,5
3	98,2 ± 0,7
4	97,6 ± 0,4
5	98,1 ± 0,4
6	97,8 ± 1,1
7	98,7 ± 0,7

Fonte: O autor (2025).

As amostras tratadas com peróxido de benzoíla mantiveram valores próximos ao controle, o que está de acordo com os achados de Zelleke (2013). Esses resultados indicam que, embora ambas as substâncias possuam caráter oxidante, apenas o ácido ascórbico promove reações capazes de reforçar a rede de glúten e melhorar a qualidade tecnológica da farinha.

4.1.5 Glúten Seco

A Tabela 5 apresenta os resultados de glúten seco das amostras de farinha analisadas. Observa-se que os valores obtidos apresentaram pequena variação entre os tratamentos, mantendo-se próximos à amostra controle, independentemente do oxidante utilizado. Esse comportamento indica que a adição de ácido ascórbico ou peróxido de benzoíla não promoveu alterações significativas no teor de glúten seco, o que era esperado, uma vez que esses aditivos não interferem diretamente na quantidade de proteínas presentes, mas sim na sua funcionalidade.

Tabela 5: Resultados obtidos na análise de glúten seco.

Amostra	Glúten Seco (%)
1	9,9 ± 0,2
2	9,8 ± 0,1
3	9,7 ± 0,1
4	9,8 ± 0,1
5	9,6 ± 0,1
6	9,7 ± 0,2
7	9,5 ± 0,1

Fonte: O autor (2025).

Nas amostras contendo peróxido de benzoíla, o teor de glúten seco manteve-se estável e semelhante ao controle, que indicam a atuação do aditivo principalmente na reorganização e fortalecimento da rede proteica, sem aumento do conteúdo proteico total. De forma semelhante, as amostras com ácido ascórbico não apresentaram variações elevadas nos valores de glúten seco, corroborando os resultados descritos por Zelleke (2013).

4.2 ANÁLISES REOLÓGICAS

4.2.1 Alveografia

4.2.1.1 Força (W)

O parâmetro W, expresso em miliJoules (mJ), representa a energia total necessária para inflar a bolha de massa até o rompimento, refletindo a força global da farinha. Esse índice integra simultaneamente os efeitos de P e L, sendo considerado um dos principais indicadores da qualidade panificável (Pomeranz, 1988; Wieser, 2007).

As amostras com ácido ascórbico apresentaram os maiores valores de W (330–359 mJ), enquanto as com peróxido mantiveram valores próximos ao controle (323–330 mJ), conforme Tabela 6. Esses resultados demonstram que o ácido ascórbico promoveu aumento na capacidade de expansão e na resistência da massa, indicando melhor estrutura e maior tolerância à fermentação.

Tabela 6: Resultados do parâmetro de força (W) da análise de alveografia.

Amostra	W (mJ)
1	324 ± 8
2	323 ± 8
3	330 ± 28
4	330 ± 4
5	341 ± 5
6	359 ± 3
7	316 ± 3

Fonte: O autor (2025).

Estudos de Pereira (2009) e Feitosa *et al.* (2013) relatam comportamento semelhante, com aumento de W associado ao fortalecimento da rede proteica e à melhora da retenção de gás durante a fermentação. Segundo Lopes (2010), farinhas com W entre 300 e 400 mJ são classificadas como de força média a alta, adequadas para pães com bom volume e estrutura firme — classificação que se aplica perfeitamente às amostras com ácido ascórbico deste estudo.

Por outro lado, o peróxido de benzoíla não alterou a força da massa, mantendo comportamento equivalente ao controle, o que confirma sua ineficácia como agente reológico. Assim, o aumento de W nas amostras com ácido ascórbico reflete não apenas a maior tenacidade (P), mas também a estabilidade mecânica da massa, reforçando o papel desse aditivo como melhorador tecnológico.

4.2.1.2 Relação P/L

Conforme apresentado na Tabela 7, que reúne os resultados de tenacidade (P), extensibilidade (L) e da relação P/L, observa-se que o tratamento com ácido ascórbico promoveu as maiores alterações reológicas nas amostras. Os valores de P foram superiores (106–117 mm) em comparação ao controle (89 mm) e às amostras tratadas com peróxido de benzoíla (85–89 mm), indicando aumento na resistência da massa à deformação. Em contrapartida, os valores de L foram menores (82–87 mm) nas amostras com ácido ascórbico, enquanto o controle e o peróxido apresentaram extensibilidade mais elevada (108–115 mm).

Tabela 7: Resultados dos parâmetros P, L e relação P/L da análise de alveografia.

Amostra	P (mm)	L (mm)	Relação P/L
1	85 ± 4	115 ± 6	0,7 ± 0,1
2	86 ± 3	115 ± 10	0,8 ± 0,1
3	89 ± 8	112 ± 18	0,8 ± 0,2
4	106 ± 2	87 ± 1	1,2 ± 0,1
5	110 ± 3	82 ± 1	1,3 ± 0,1
6	117 ± 3	82 ± 2	1,4 ± 0,1
7	89 ± 4	108 ± 6	0,8 ± 0,1

Fonte: O autor (2025).

Essas variações refletiram diretamente nos valores da relação P/L, que se mostraram mais altos nas amostras com ácido ascórbico (1,2–1,4) em relação ao controle e ao peróxido ($\approx 0,8$). Essa elevação evidencia o fortalecimento da rede de glúten promovido pela ação oxidante do ácido ascórbico, que aumenta a coesão entre as cadeias proteicas e resulta em massas mais firmes e estáveis. De acordo com Feitosa et al. (2013), farinhas com valores de P/L entre 0,9 e 1,2 são consideradas ideais para panificação, pois equilibram retenção de gases e expansão controlada, proporcionando pães com maior volume e estrutura uniforme.

Por outro lado, o peróxido de benzoíla não provocou alterações significativas em relação ao controle, apresentando comportamento semelhante tanto em P quanto em L, o que resultou em valores constantes de P/L próximos de 0,8. Esse resultado confirma que o peróxido não possui efeito direto sobre a estrutura proteica (Zelleke, 2013).

Dessa forma, os resultados demonstram que o ácido ascórbico desempenhou papel determinante no aprimoramento reológico das amostras, promovendo maior força e estabilidade sem comprometer totalmente a extensibilidade. Já o peróxido de benzoíla manteve o perfil característico de farinhas não modificadas, reforçando sua função essencialmente estética e sem impacto tecnológico relevante na qualidade da massa

4.2.2 Farinografia

4.2.2.1 Absorção de água

A Tabela 8 apresenta os resultados de absorção de água das amostras analisadas. Os valores médios variaram entre 59,1 % e 59,4 %, demonstrando uniformidade entre os

tratamentos e ausência de variação significativa. Esse comportamento indica que nem o ácido ascórbico nem o peróxido de benzoíla exerceram influência relevante sobre a capacidade de hidratação da farinha.

Tabela 8: Resultados de absorção de água da análise de farinografia.

Amostra	Absorção de água (%)
1	59,2 ± 0,1
2	59,3 ± 0,1
3	59,2 ± 0,5
4	59,1 ± 0,2
5	59,3 ± 0,1
6	59,4 ± 0,0
7	59,4 ± 0,1

Fonte: O autor (2025).

De acordo com Feitosa *et al.* (2013), pequenas variações de absorção são comuns em farinhas com características proteicas semelhantes. Além disso, Pomeranz (1988) ressalta que o teor de umidade inicial da farinha exerce papel mais determinante sobre a absorção do que a adição de oxidantes. Assim, os resultados obtidos demonstram consistência e adequação à faixa típica para farinhas de trigo panificáveis (58–60 %).

4.2.2.2 Tempo de Desenvolvimento

Na Tabela 9, observa-se que o tempo de desenvolvimento da massa apresentou diferenças expressivas entre os tratamentos. As amostras com ácido ascórbico apresentaram os maiores valores médios, entre 11,8 e 12,1 minutos, enquanto as amostras com peróxido de benzoíla e o controle apresentaram tempos entre 9,3 e 9,7 minutos.

Tabela 9: Resultados do tempo de desenvolvimento da análise de farinografia.

Amostra	Tempo de desenvolvimento (min)
1	9,7 ± 0,1
2	9,3 ± 0,2
3	9,6 ± 0,2
4	12,1 ± 0,3
5	12,1 ± 0,4
6	11,8 ± 0,2
7	9,5 ± 0,3

Fonte: O autor (2025).

Esse aumento confirma o fortalecimento da rede de glúten promovido pelo ácido ascórbico, que exige maior tempo para o completo desenvolvimento da estrutura proteica.

4.2.2.3 Estabilidade

Os resultados de estabilidade da massa estão apresentados na Tabela 10. As amostras com ácido ascórbico novamente se destacaram, apresentando tempos médios entre 16,1 e 17,4 minutos, superiores aos valores do controle (15,8 minutos) e das amostras com peróxido (16,0 a 16,4 minutos).

Tabela 10: Resultados da estabilidade da análise de farinografia.

Amostra	Estabilidade (min)
1	16,2 ± 0,3
2	16,4 ± 0,6
3	16,0 ± 0,5
4	16,1 ± 0,3
5	16,8 ± 0,5
6	17,4 ± 0,2
7	15,8 ± 0,3

Fonte: O autor (2025).

O aumento da estabilidade indica maior resistência ao sobreatamento e melhor tolerância mecânica, refletindo uma rede de glúten mais coesa e elástica. Segundo Feitosa *et al.* (2013),

esse comportamento é típico de farinhas tratadas com oxidantes fortes, que aumentam a firmeza e reduzem a degradação durante a mistura. De modo geral, o padrão observado confirma a eficácia do ácido ascórbico na manutenção da estrutura da massa, enquanto o peróxido de benzoíla não apresentou efeito reológico significativo.

4.2.2.4 Índice de tolerância mecânica (ITM)

A Tabela 11 mostra os resultados de ITM, que expressa a perda de consistência da massa após o ponto de máxima estabilidade. Os valores variaram entre 21 e 29 UF, com menores índices nas amostras com peróxido de benzoíla e maiores nas tratadas com ácido ascórbico.

Tabela 11: Resultados de ITM da análise de farinografia.

Amostra	ITM (UF)
1	24 ± 1
2	21 ± 1
3	22 ± 3
4	29 ± 1
5	28 ± 1
6	24 ± 1
7	24 ± 4

Fonte: O autor (2025).

Esse comportamento indica que, embora o ácido ascórbico aumente a resistência da massa, ele também pode reduzir ligeiramente a tolerância ao batimento excessivo, efeito descrito por Pomeranz (1988) e Gutkoski e Durr (2003) em farinhas fortificadas com altos níveis de oxidantes. Mesmo assim, os valores obtidos permanecem dentro da faixa típica para farinhas de boa qualidade tecnológica.

De forma geral, os resultados farinográficos confirmam a ação do ácido ascórbico como melhorador tecnológico, promovendo maior tempo de desenvolvimento e estabilidade, ainda que com leve aumento no ITM, o que reflete uma massa mais forte e consistente. Já o peróxido de benzoíla apresentou comportamento semelhante ao controle, confirmando sua ausência de efeito funcional sobre a reologia da farinha.

4.2.3 Extensografia

4.2.3.1 Resistência

A Tabela 12 apresenta os resultados de resistência da massa nas três leituras extensográficas realizadas após 45, 90 e 135 minutos de repouso. De forma geral, observou-se um comportamento consistente entre os tratamentos, com aumento progressivo da resistência ao longo do tempo — tendência típica em farinhas com boa capacidade de desenvolvimento proteico, conforme descrito por Wieser (2007).

Tabela 12: Resultados de resistência da análise de extensografia.

Amostra	Resistência em 45 min (UB)	Resistência em 90 min (UB)	Resistência em 135 min (UB)
1	407 ± 15	493 ± 18	504 ± 21
2	450 ± 2	608 ± 40	707 ± 20
3	462 ± 11	716 ± 18	792 ± 11
4	497 ± 12	761 ± 21	826 ± 21
5	685 ± 20	934 ± 18	1007 ± 4
6	834 ± 29	973 ± 23	1020 ± 7
7	426 ± 20	526 ± 34	596 ± 26

Fonte: O autor (2025).

As diferenças entre os tratamentos foram bastante claras. As amostras com ácido ascórbico apresentaram as maiores resistências em todas as leituras, evidenciando o fortalecimento contínuo da rede de glúten ao longo do descanso. Os valores aumentaram de maneira acentuada entre 45 e 135 minutos, indicando maior coesão proteica e capacidade de manter a estrutura sob tensão. Nas amostras com peróxido de benzoíla, a resistência mostrou aumento mais moderado, mantendo-se intermediária entre o controle e o ácido ascórbico, o que confirma seu efeito oxidante limitado e sem impacto funcional relevante na reologia da massa. Já a farinha controle apresentou as menores resistências ao longo das três leituras, refletindo o comportamento típico de uma farinha de força média, com desenvolvimento proteico adequado, porém sem reforço adicional promovido por agentes oxidantes.

4.2.3.2 Extensibilidade

A Tabela 13 apresenta os resultados de extensibilidade obtidos nas leituras realizadas após 45, 90 e 135 minutos. De maneira geral, observou-se redução progressiva da extensibilidade ao longo do repouso, comportamento esperado devido à reorganização e ao fortalecimento gradual da rede proteica, conforme descrito por Feitosa *et al.* (2013).

Tabela 13: Resultados de extensibilidade da análise de extensografia.

Amostra	Extensibilidade em 45 min (mm)	Extensibilidade em 90 min (mm)	Extensibilidade em 135 min (mm)
1	156 ± 4	150 ± 4	136 ± 4
2	155 ± 4	143 ± 3	124 ± 2
3	167 ± 2	126 ± 2	114 ± 5
4	150 ± 4	98 ± 2	92 ± 2
5	137 ± 4	95 ± 4	88 ± 3
6	111 ± 4	87 ± 2	85 ± 3
7	165 ± 3	153 ± 5	140 ± 18

Fonte: O autor (2025).

A comparação entre os tratamentos mostra um padrão claro. As amostras tratadas com ácido ascórbico apresentaram os menores valores de extensibilidade em todas as leituras — variando de 150 a 111 mm aos 45 min, 98 a 87 mm aos 90 min e 92 a 85 mm aos 135 min — evidenciando o aumento da rigidez da massa decorrente da oxidação de grupos sulfidril e formação de ligações dissulfeto. Esse comportamento está de acordo com a literatura, que associa o ácido ascórbico à redução da extensibilidade devido ao fortalecimento da rede de glúten (Lopes, 2010; Pereira *et al.*, 2009).

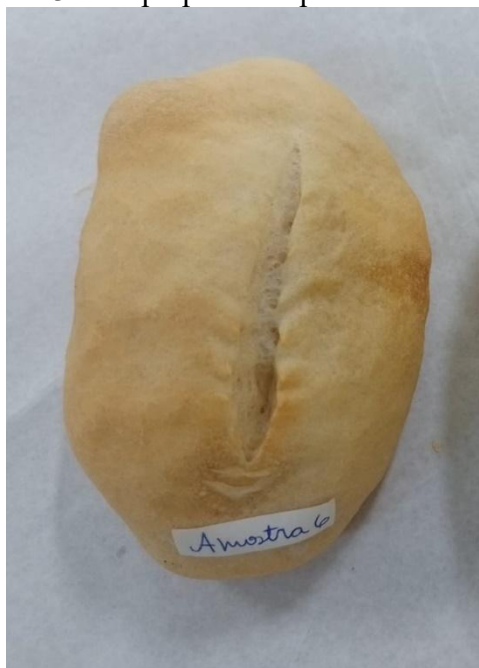
As amostras tratadas com peróxido de benzoíla apresentaram valores intermediários, próximos ao controle na primeira leitura e com queda mais acentuada nas leituras seguintes. Embora apresentem leve redução da extensibilidade, a magnitude das diferenças confirma que o peróxido exerce pouca influência na estrutura proteica (Zelleke, 2013). A farinha controle manteve as maiores extensibilidades nas três leituras — especialmente aos 45 min (165 mm) e 90 min (153 mm) — refletindo uma rede de glúten mais flexível e menos rígida que a observada nas farinhas com ácido ascórbico.

De forma geral, os resultados demonstram que o ácido ascórbico reduz a extensibilidade da massa de maneira progressiva, enquanto o peróxido apresenta efeito discreto e similar ao controle. Esse comportamento complementa os resultados de resistência, reforçando que apenas o ácido ascórbico promoveu modificações estruturais marcantes na rede de glúten.

4.2.4 Testes de Panificação

De forma geral, observou-se que a amostra 6 (Figura 13), tratada com ácido ascórbico, apresentou o melhor desempenho visual entre as três farinhas comparadas. O produto mostrou maior expansão volumétrica, boa simetria e uma abertura de corte mais definida, indicando uma estrutura de miolo bem desenvolvida e capacidade superior de retenção de gases durante a fermentação. Esse comportamento é compatível com o encontrado por Feitosa *et al.* (2013) e Pereira (2009), que descrevem o ácido ascórbico como um oxidante eficaz no reforço das ligações dissulfeto do glúten, favorecendo massas mais elásticas e estáveis e, conseqüentemente, maior volume específico após o forneamento.

Figura 13: Pão preparado a partir da amostra 6.



Fonte: O autor (2025).

A amostra 7, correspondente à farinha controle (Figura 14), apresentou características intermediárias. Embora tenha exibido boa uniformidade superficial, o volume final foi menor que o observado na amostra tratada com ácido ascórbico, e não demonstrou abertura de pestana,

sugerindo uma rede de glúten mais fraca e menor capacidade de expansão. Essa resposta está de acordo com o comportamento típico de farinhas sem aditivos oxidantes, as quais normalmente apresentam desempenho moderado em panificação, conforme reportado por Zelleke (2013).

Figura 14: Pão preparado a partir da amostra 7.



Fonte: o autor (2025).

Por outro lado, a amostra 3, tratada com 100 ppm de peróxido de benzoíla (Figura 15), apresentou a menor expansão e não apresentou abertura de pestana. O produto exibiu aspecto mais compacto, indicando que o peróxido, apesar de atuar no branqueamento da farinha, não contribui de forma relevante para o fortalecimento reológico da massa. Estudos clássicos de Pomeranz (1988) e Gutkoski e Durr (2003) reforçam esse resultado, apontando que o peróxido de benzoíla possui função predominantemente estética, sem promover melhorias sensoriais ou estruturais no pão.

Figura 15: Pão preparado a partir da amostra 3.



Fonte: o autor (2025).

Assim, a análise conjunta confirma que a adição de ácido ascórbico proporcionou melhor desempenho panificável, refletido em maior volume, melhor abertura de corte e aparência mais uniforme. Já o tratamento com peróxido de benzoíla não demonstrou benefícios perceptíveis no produto final, enquanto a farinha controle manteve comportamento de uma farinha não oxidada.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho comparou os efeitos do ácido ascórbico e do peróxido de benzoíla na reologia e na qualidade tecnológica da farinha de trigo. As análises físico-químicas mostraram que ambos os oxidantes não alteram parâmetros básicos da farinha, como umidade e atividade enzimática, permitindo que as diferenças observadas sejam atribuídas exclusivamente ao impacto sobre a rede de glúten.

Os resultados reológicos evidenciaram que o ácido ascórbico teve efeito mais intenso, fortalecendo a estrutura proteica e aumentando a resistência da massa, com redução clara da extensibilidade. Esse comportamento confirma sua eficácia como melhorador na panificação. Já o peróxido de benzoíla apresentou efeito discreto e próximo ao controle, reforçando seu papel predominantemente como agente branqueador, sem contribuição relevante para o desempenho reológico.

Nos testes de panificação, as farinhas tratadas com ácido ascórbico apresentaram pães com melhor desenvolvimento de volume, maior estabilidade da pestana e miolo mais uniforme, confirmando os efeitos estruturais observados nas análises instrumentais. As formulações com peróxido de benzoíla resultaram em pães visualmente semelhantes ao controle, sem ganhos relevantes em volume ou estrutura.

Assim, conclui-se que o ácido ascórbico é o oxidante mais adequado para farinhas destinadas à panificação, enquanto o peróxido de benzoíla deve ser utilizado apenas quando o objetivo for o clareamento da farinha. Os resultados obtidos fornecem subsídios técnicos importantes para a escolha consciente de aditivos na indústria, alinhando desempenho tecnológico, regulamentação e demandas do mercado.

REFERÊNCIAS

- ABITRIGO. *Guia de qualidade da farinha*. São Paulo: Associação Brasileira da Indústria do Trigo, 2022. Disponível em: <https://www.abitrigo.com.br/wp-content/uploads/2022/02/Guia-de-Qualidade-da-Farinha.pdf>. Acesso em: 28 maio 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005.** Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2005. Disponível em: <https://www.in.gov.br>. Acesso em: 04 maio 2025.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). *Approved methods of analysis*. 11th ed. St. Paul: AACC, 2010.
- ANVISA. Informe técnico: Azodicarbonamida em produtos de panificação.** Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2011>. Acesso em: 04 maio 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA – ABIP. Conheça os 13 atributos de qualidade do pão francês. Disponível em: <https://www.abip.org.br/site/conheca-os-13-atributos-de-qualidade-do-pao-frances/>. Acesso em: 28 jun. 2025.
- BLANSHARD, J. M. V.; FRAZIER, P. J.; GALLIARD, T. (eds.). *Chemistry and physics of baking*. London: Royal Society of Chemistry, 1986.
- BRASIL. Resolução RDC nº 166, de 24 de julho de 2017. Dispõe sobre aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2017.
- BRASIL. Decreto nº 52.504, de 28 de julho de 1970. Regulamenta a classificação e especificações para farinha de trigo. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 29 jul. 1970.
- BRUNORI, Julio Andres. Tecnologia e panificação em Portugal. [imagem]. *LinkedIn*, 2023. Disponível em: https://www.linkedin.com/posts/julio-andres-brunori-50504030_tecnologia-panifica%C3%A7%C3%A3o-portugal-activity-7019721602648973312-fDMJ. Acesso em: 16 maio 2025.
- CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. *Tecnologia de panificação*. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2015.
- CHUNG, O. K. et al. Wheat lipids: functionality and impact on bread quality. *Cereal Chemistry*, v. 86, n. 1, p. 1–10, 2009.
- EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA). Opinion of the scientific panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food on azodicarbonamide. *EFSA Journal*, v. 285, p. 1–17, 2005. Disponível em: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/285>. Acesso em: 04 maio 2025.
- EMBRAPA. *Normas de classificação comercial de trigo e de farinha de trigo no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, 2021. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1143607/1/Documentos-199-online.pdf>. Acesso em: 28 maio 2025.

FAO; WHO. *Codex Alimentarius: General standard for food additives (GSFA)*. Rome, 2019. Disponível em: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>. Acesso em: 16 maio 2025.

FDA – U.S. Food and Drug Administration. *Food additive status list*. 2024. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/food-additives-petitions/food-additive-status-list>. Acesso em: 04 maio 2025.

FEITOSA, L. R. G. de F. et al. Avaliação de qualidade do pão tipo francês por métodos instrumentais e sensoriais. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 34, n. 2, p. 693–704, mar./abr. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277673318_Avaliacao_de_qualidade_do_pao_tipo_frances_por_metodos_instrumentais_e_sensoriais. Acesso em: 29 maio 2025.

FERREIRA, E. G. *Estudo para estabelecer os parâmetros de relação entre o teor de sais minerais e a colorimetria na farinha de trigo*. 2019. 62 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2019. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4969>. Acesso em: 04 maio 2025.

FINNEY, K. F. Wheat flour. In: KAHN, K. (ed.). *Encyclopedia of grain science*. Oxford: Elsevier, 2004. p. 381–390.

FRONTIERS IN PLANT SCIENCE. Further Steps Toward the Development of Gluten Reference Materials – Wheat Flours or Protein Isolates? *Frontiers in Plant Science*, 2020.

GOESAERT, H. et al. Wheat flour constituents: how they impact bread quality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 4, n. 1, p. 1–18, 2005.

GRAY, J. A.; BEMILLER, J. N. Bread staling: molecular basis and control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 2, n. 1, p. 1–21, 2003.

GUTKOSKI, L. C. et al. Efeito da adubação nitrogenada nas características tecnológicas de trigo. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 17, n. 1–4, p. 116–122, jan.–mar. 2011.

GUTKOSKI, L. C. et al. Efeito do período de maturação de grãos nas propriedades físicas e reológicas de trigo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 1, p. 1–7, 2007.

GUTKOSKI, L. C. et al. *Qualidade tecnológica de trigo*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/932419/1/CNPTID42413.pdf>. Acesso em: 28 maio 2025.

GUTKOSKI, L. C.; MUNIZ, M. B. Qualidade tecnológica de farinhas e melhoradores de panificação. *Revista Ciência Rural*, v. 50, n. 4, p. 1–12, 2020.

PEREIRA, E. P. R. et al. Influência de agentes oxidantes sobre as propriedades reológicas de massas de farinha de trigo branca e de grão inteiro e sobre o volume específico de pão

francês. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 12, n. 3, p. 161–171, jul./set. 2009.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/250388890_Influencia_de_agentes_oxidantes_sobre_as_propriedades_reologicas_de massas_de_farinha_de_trigo_branca_e_de_grao_inteiro_e_sobre_o_volume_especifico_de_pao_frances. Acesso em: 28 maio 2025.

POMERANZ, Y. *Wheat: chemistry and technology*. 3rd ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 52.504, de 28 de julho de 1970. Dispõe sobre a classificação da farinha de trigo. Disponível em:

<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1970/decreto-52504-28.07.1970.html>. Acesso em: 04 maio 2025.

SINDUSTRIGO. *Classificação da farinha*. São Paulo: Sindicato da Indústria do Trigo no Estado de São Paulo, 2025. Disponível em: <https://www.sindustrigo.com.br/classificacao-da-farinha/>. Acesso em: 28 maio 2025.

SHEWRY, P. R. et al. The structure and properties of gluten: an elastic protein from wheat grain. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, v. 357, n. 1418, p. 133–142, 2002.

SILVA, J. A. da. *Avaliação das propriedades reológicas do trigo armazenado*. 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cta/a/6YjVd9Z3FF9jHC5hc9f437h/?format=pdf>. Acesso em: 04 maio 2025.

SOUZA, D. F. M. de. *Influência do tempo de condicionamento do trigo na qualidade tecnológica da farinha*. 2019. 48 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2019. Disponível em:

<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4480>. Acesso em: 04 maio 2025.

SOUZA, M. A. de. *O padrão de qualidade do pão francês na visão dos consumidores*. 2014. 118 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em:

<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/174913>. Acesso em: 29 maio 2025.

TORRES, Andreia. Gérmen de trigo. [imagem]. 2018. Disponível em:

<https://andreiatorres.com/blog/2018/02/14/germen-de-trigo>. Acesso em: 16 maio 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS). *Avaliação da qualidade de farinhas de trigo*. Porto Alegre: UFRGS, [2025]. Disponível em: <https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/avaliacao-qualidade/2c.php>. Acesso em: 04 maio 2025.

WATANABE, E. Aditivos melhoradores aplicados na panificação: fundamentos tecnológicos. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 22, p. 1–10, 2019.

WEGENG, S. *Chlorine gas treatment of soft wheat flour: effect on functional and baking properties*. 2003. 130 f. Thesis (Master of Science) – Kansas State University, Manhattan,

Kansas, 2003. Disponível em: <https://krex.k-state.edu/handle/2097/114>. Acesso em: 04 maio 2025.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Toxicological evaluation of certain food additives: potassium bromate*. WHO Food Additives Series, n. 30, Geneva, 1993. Disponível em: <https://inchem.org>. Acesso em: 04 maio 2025.

ZELLEKE, T. A. Effect of flour improvers on the quality of wheat flour and bread. *International Journal of Agricultural Science*, v. 3, n. 7, p. 546–552, 2013.

ANEXOS

ANEXO A – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE ALVEOGRAFIA



CHOPIN Technologies
36 avenue Marc Sangnier
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

CHOPIN Technologies
36 avenue Marc Sangnier
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

Protocolo : Alveógrafo HC
Nome do ficheiro : 2510140107[352]
Nome do ensaio : AMOSTRA 01 JOEL
Comentários :

Data e hora do ensaio : 14/10/2025 14:51:34
Nome do parceiro : CHOPIN Technologies
Produto :

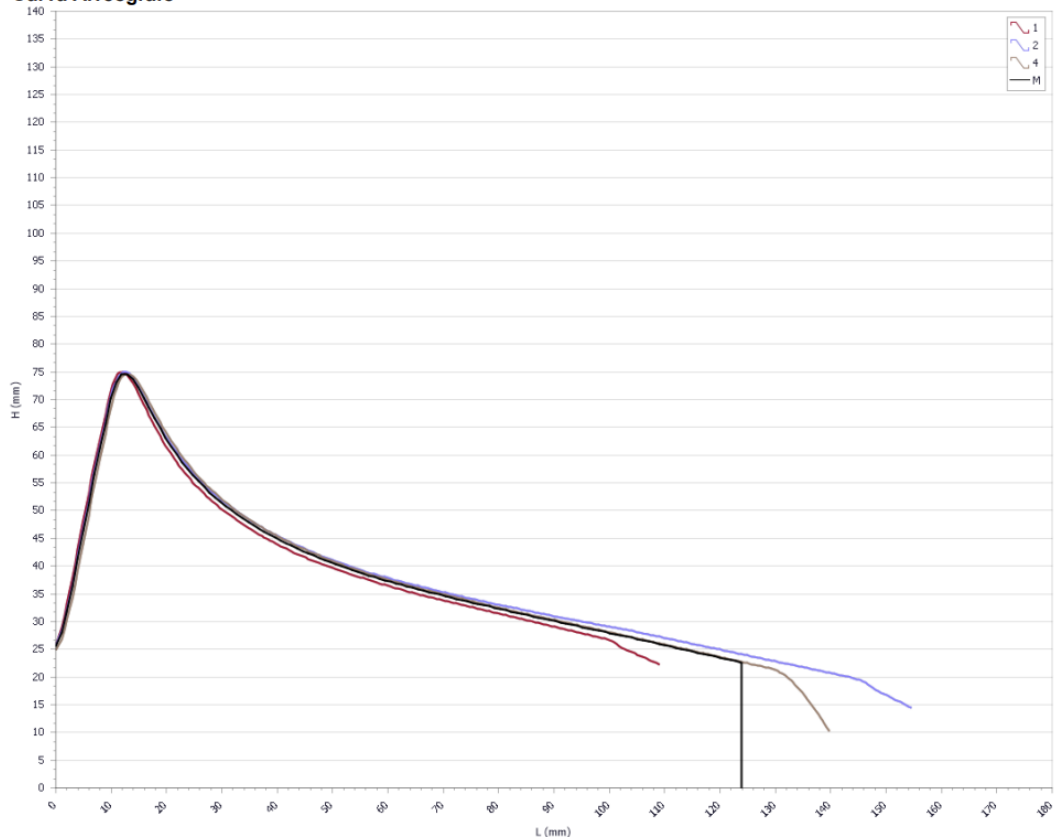
Parâmetros

Humidade : 13,1 %
Hidratação : 50 %
Base de hidratação : B15% H2O
Quantidade de água : 133,38 mL
Peso da farinha : 250 g

Resultados padrão

P : 82 mmH2O
L : 123 mm
G : 24,6
W : 326 10-4J
P/L : 0,67
Ie : 60,4 %

Curva Alveógrafo



CHOPIN
TECHNOLOGIES

Alveo^{PC}
graph

CHOPIN Technologies
36 avenue Marc Sangnier
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

CHOPIN Technologies
36 avenue Marc Sangnier
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

Protocolo : Alveógrafo HC
Nome do ficheiro : 2510150107[363]
Nome do ensaio : AMOSTRA 2.2 JOEL
Comentários :

Data e hora do ensaio : 15/10/2025 14:50:09
Nome do parceiro : CHOPIN Technologies
Produto :

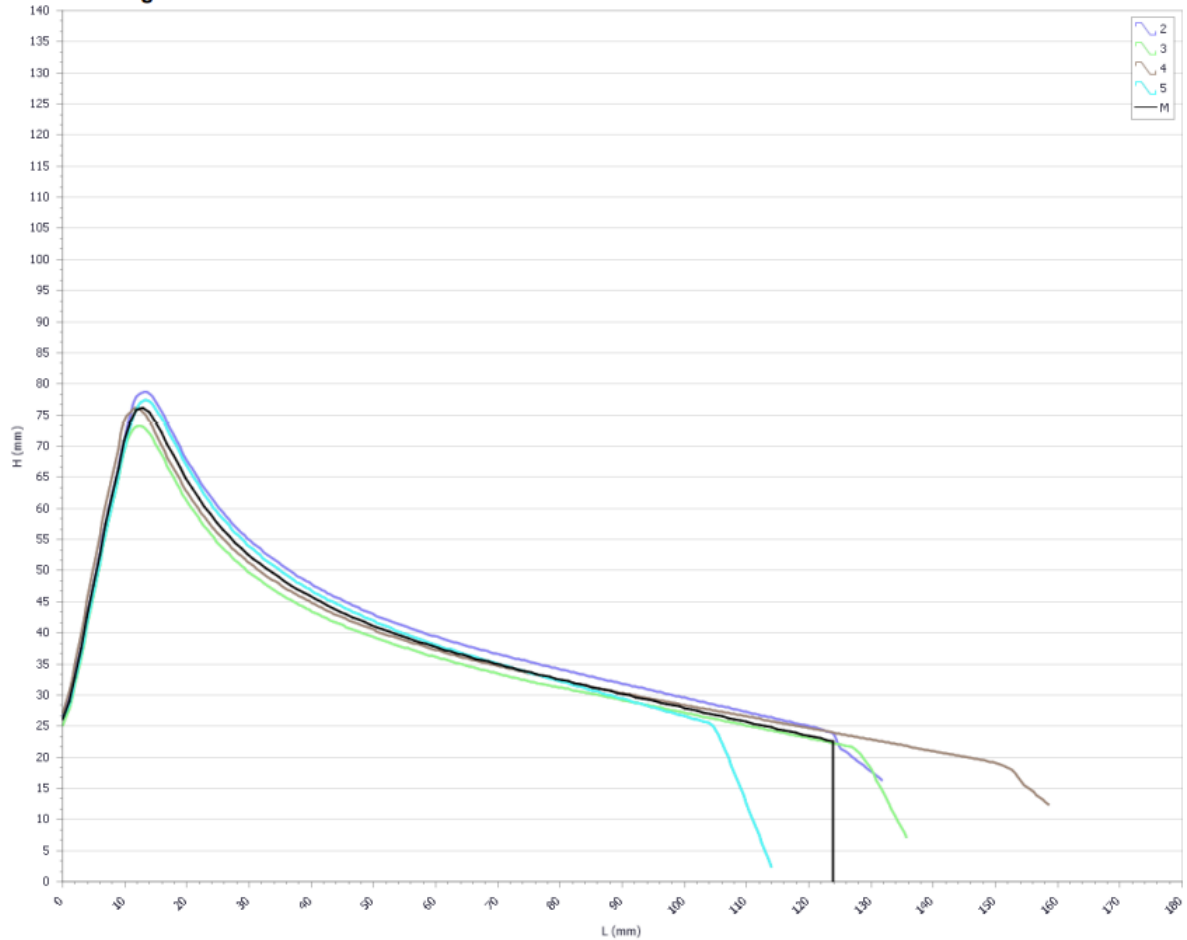
Parâmetros

Humidade : 13,3 %
Hidratação : 50 %
Base de hidratação : B15% H20
Quantidade de água : 132,5 mL
Peso da farinha : 250 g

Resultados padrão

P : 84 mmH2O
L : 124 mm
G : 24,7
W : 330 10-4J
P/L : 0,68
Ie : 60,4 %

Curva Alveógrafo



CHOPIN
TECHNOLOGIES

Alveo^{PC}
graph

CHOPIN Technologies
36 avenue Marc Sangnier
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

CHOPIN Technologies
36 avenue Marc Sangnier
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

Protocolo : Alveógrafo HC
Nome do ficheiro : 2510160105[370]
Nome do ensaio : AMOSTRA 3.2 JOEL
Comentários :

Data e hora do ensaio : 16/10/2025 13:43:14
Nome do parceiro : CHOPIN Technologies
Produto :

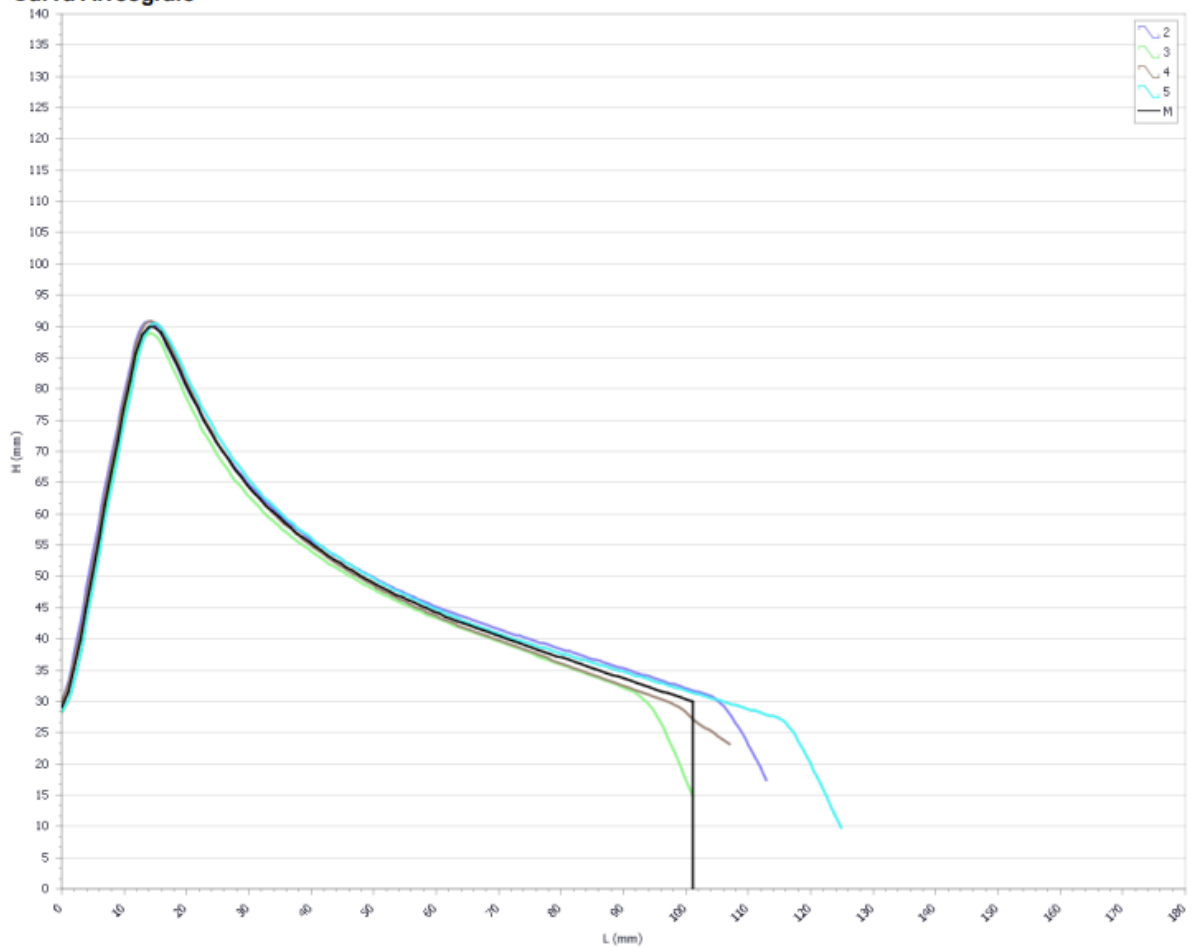
Parâmetros

Humidade : 13,4 %
Hidratação : 50 %
Base de hidratação : B15% H2O
Quantidade de água : 132,06 mL
Peso da farinha : 250 g

Resultados padrão

P : 99 mmH2O
L : 100 mm
G : 22,2
W : 342 10-4J
P/L : 0,99
Ie : 61,6 %

Curva Alveógrafo



CHOPIN
TECHNOLOGIES

Alveo^{PC}
graph

CHOPIN Technologies
36 avenue Marc Sangnier
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

CHOPIN Technologies
36 avenue Marc Sangnier
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

Protocolo : Alveógrafo HC
Nome do ficheiro : 2508220101[69]
Nome do ensaio : AMOSTRA 4.1
Comentários :

Data e hora do ensaio : 17/10/2025 08:35:54
Nome do parceiro : CHOPIN Technologies
Produto :

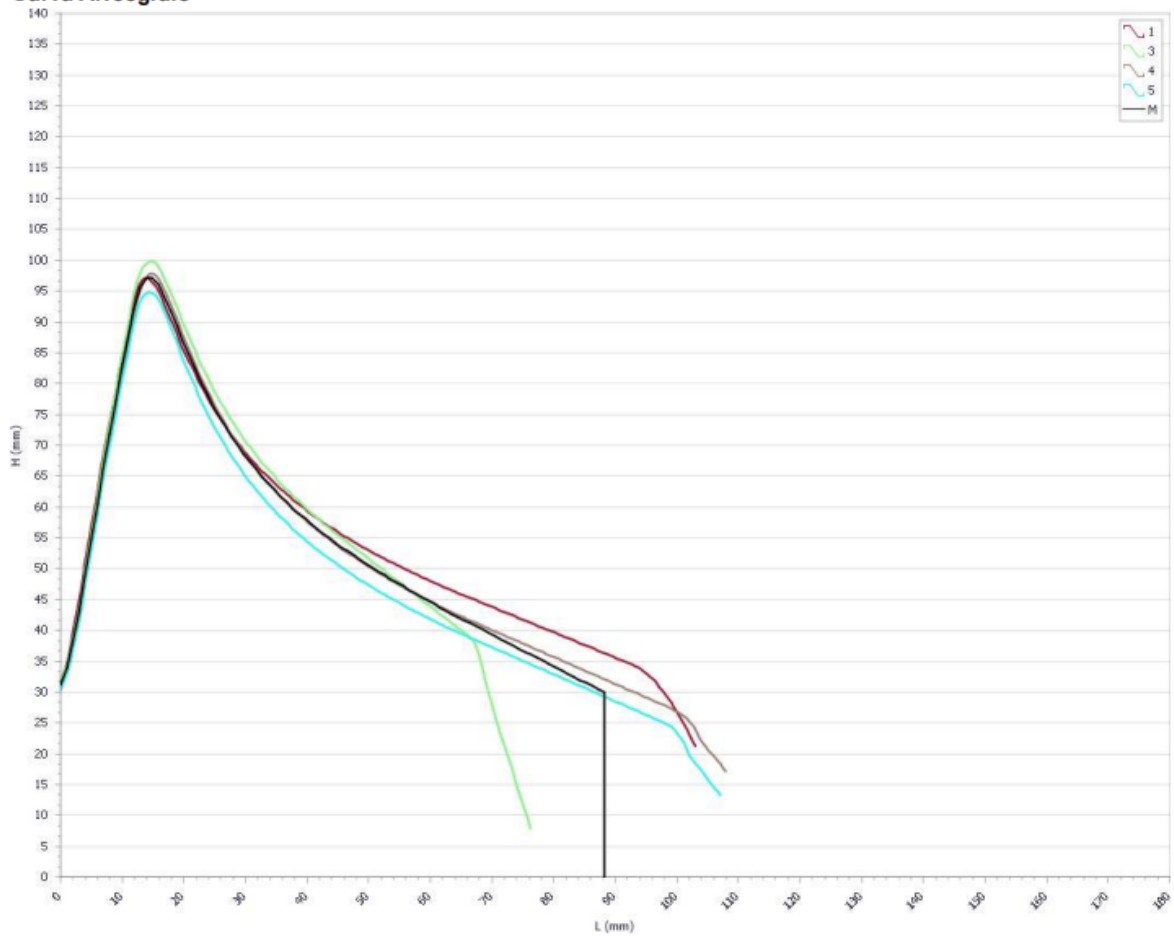
Parâmetros

Humidade : 13,4 %
Hidratação : 50 %
Base de hidratação : B15% H20
Quantidade de água : 132,06 mL
Peso da farinha : 250 g

Resultados padrão

P : 107 mmH₂O
L : 88 mm
G : 20,8
W : 326 10-4J
P/L : 1,22
le : 59,8 %

Curva Alveógrafo



CHOPIN
TECHNOLOGIES

Alveo^{PC}
graph

CHOPIN Technologies
36 avenue Marc Sangnier
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

CHOPIN Technologies
36 avenue Marc Sangnier
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

Protocolo : Alveógrafo HC
Nome do ficheiro : 2508290101[105]
Nome do ensaio : AMOSTRA 5.1 JOEL
Comentários :

Data e hora do ensaio : 17/10/2025 09:17:41
Nome do parceiro : CHOPIN Technologies
Produto :

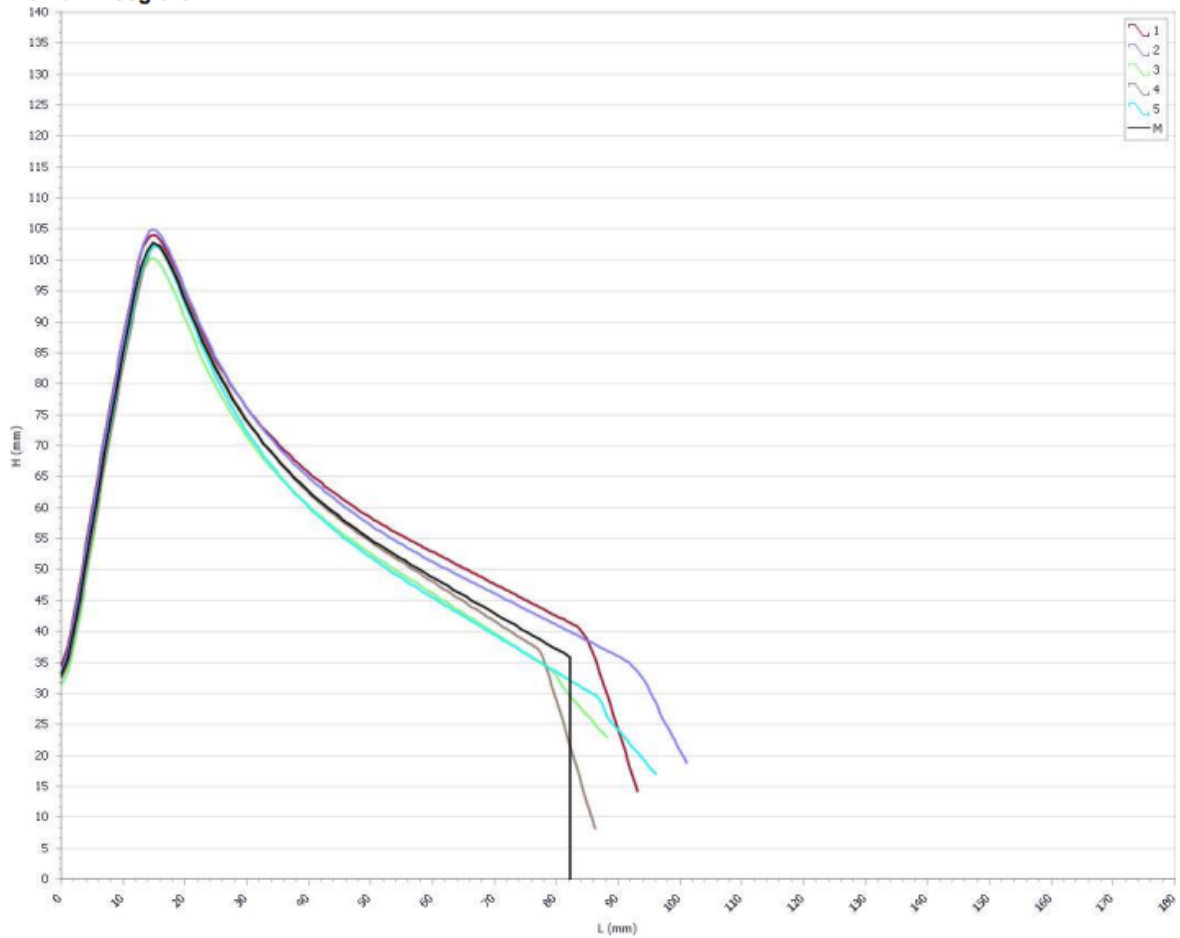
Parâmetros

Humidade : 13,3 %
Hidratação : 50 %
Base de hidratação : B15% H20
Quantidade de água : 132,5 mL
Peso da farinha : 250 g

Resultados padrão

P : 113 mmH2O
L : 82 mm
G : 20,1
W : 337 10-4J
P/L : 1,38
Ie : 61,3 %

Curva Alveógrafo



CHOPIN
TECHNOLOGIES

AlveoPC
graph

CHOPIN Technologies
36 avenue Marc Sangnier
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

CHOPIN Technologies
36 avenue Marc Sangnier
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

Protocolo : Alveógrafo HC
Nome do ficheiro : 2510210106[404]
Nome do ensaio : AMOSTRA 6.3
Comentários :

Data e hora do ensaio : 21/10/2025 11:04:51
Nome do parceiro : CHOPIN Technologies
Produto :

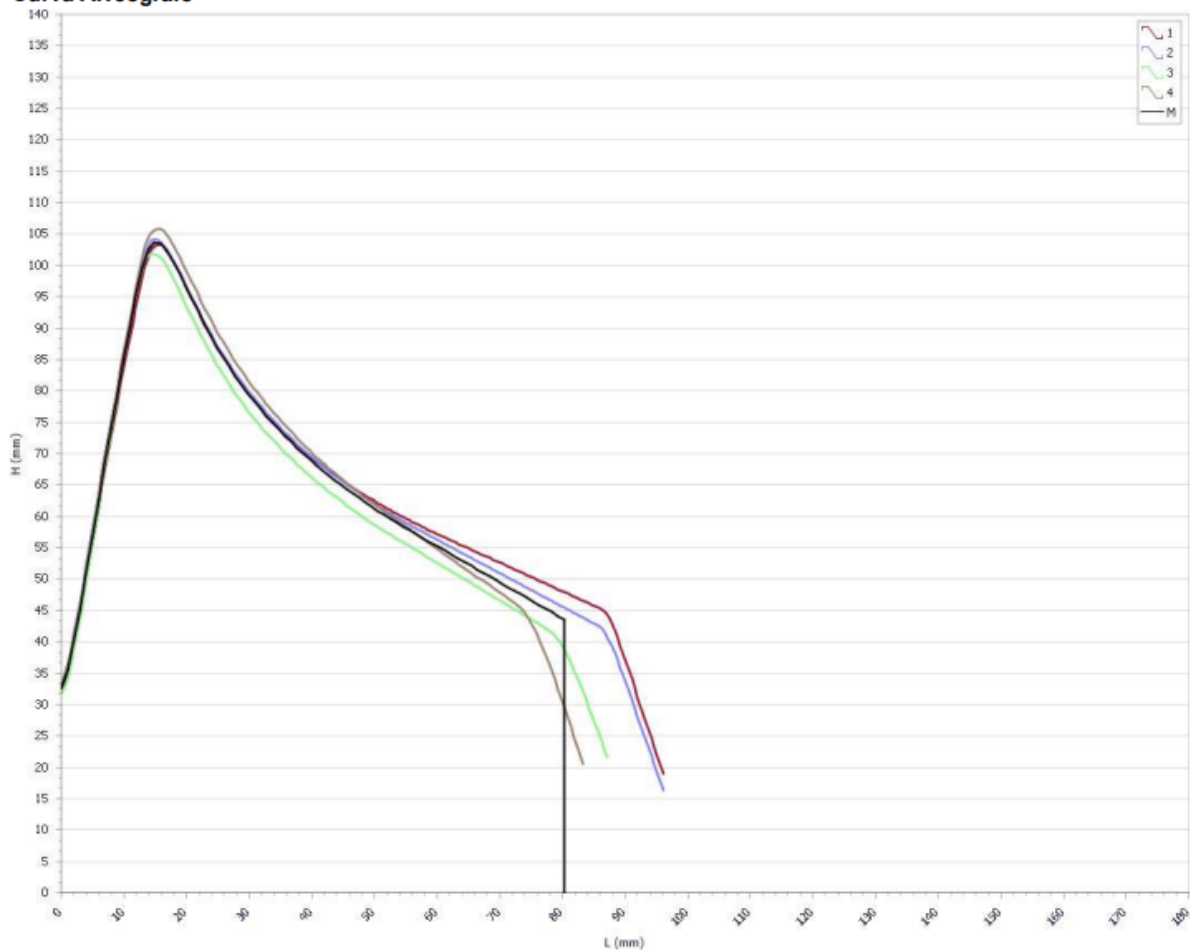
Parâmetros

Humidade : 13,4 %
Hidratação : 50 %
Base de hidratação : B15% H2O
Quantidade de água : 132,06 mL
Peso da farinha : 250 g

Resultados padrão

P : 114 mmH2O
L : 80 mm
G : 19,9
W : 357 10-4J
P/L : 1,43
Ie : 66,6 %

Curva Alveógrafo



CHOPIN
TECHNOLOGIES

AlveoPC
graph

CHOPIN Technologies
36 avenue Marc Sangnier
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

CHOPIN Technologies
36 avenue Marc Sangnier
92390, Villeneuve-la-Garenne, FRANCE
+33 1 41 47 50 33

Protocolo : Alveógrafo HC
Nome do ficheiro : 2510230104[417]
Nome do ensaio : AMOSTRA 7.2
Comentários :

Data e hora do ensaio : 23/10/2025 13:57:57
Nome do parceiro : CHOPIN Technologies
Produto :

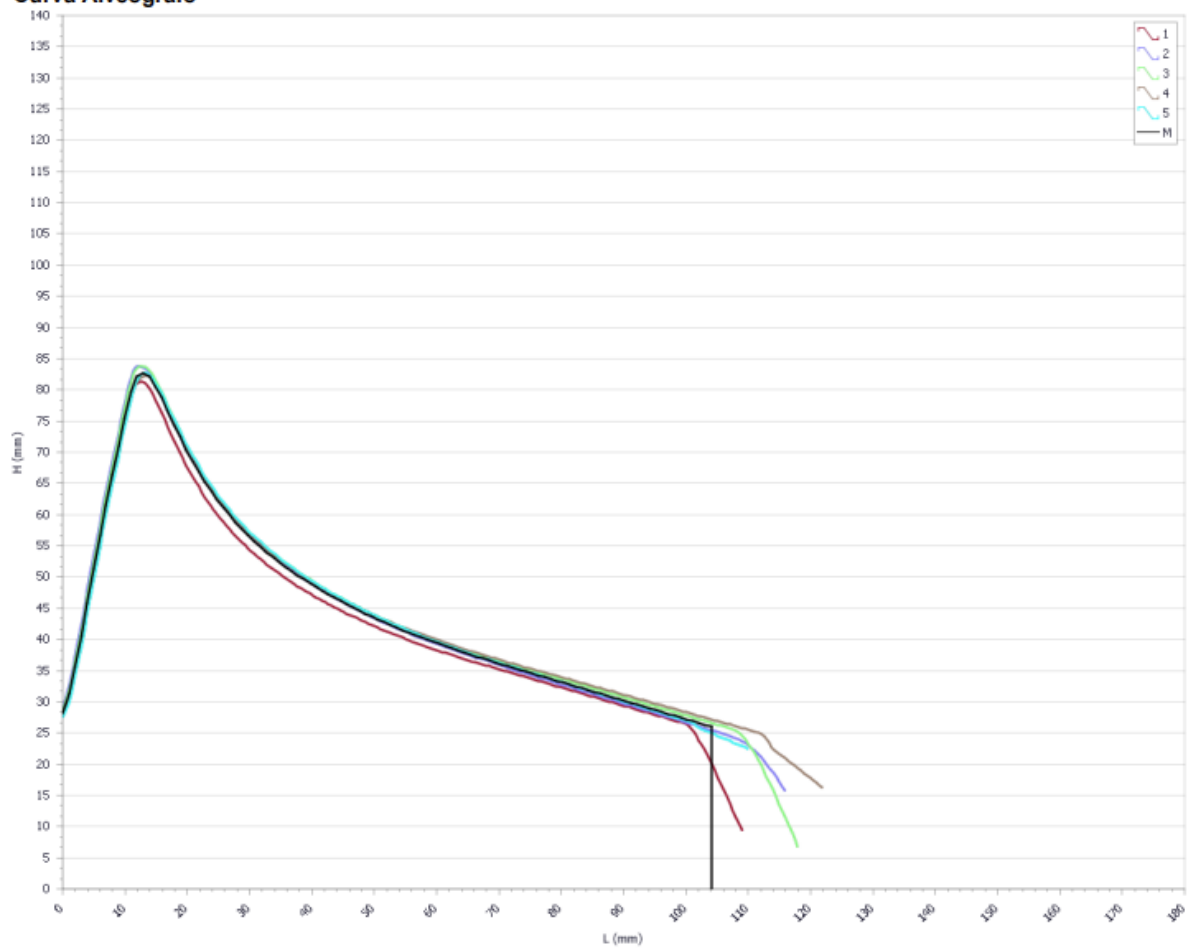
Parâmetros

Humidade : 13,4 %
Hidratação : 50 %
Base de hidratação : B15% H2O
Quantidade de água : 132,06 mL
Peso da farinha : 250 g

Resultados padrão

P : 91 mmH2O
L : 104 mm
G : 22,6
W : 314 10-4J
P/L : 0,88
Ie : 59,3 %

Curva Alveógrafo



ANEXO B – GRÁFICOS DAS ANÁLISES DE FARINOGRAFIA

Brabender® Farinograph

Brabender

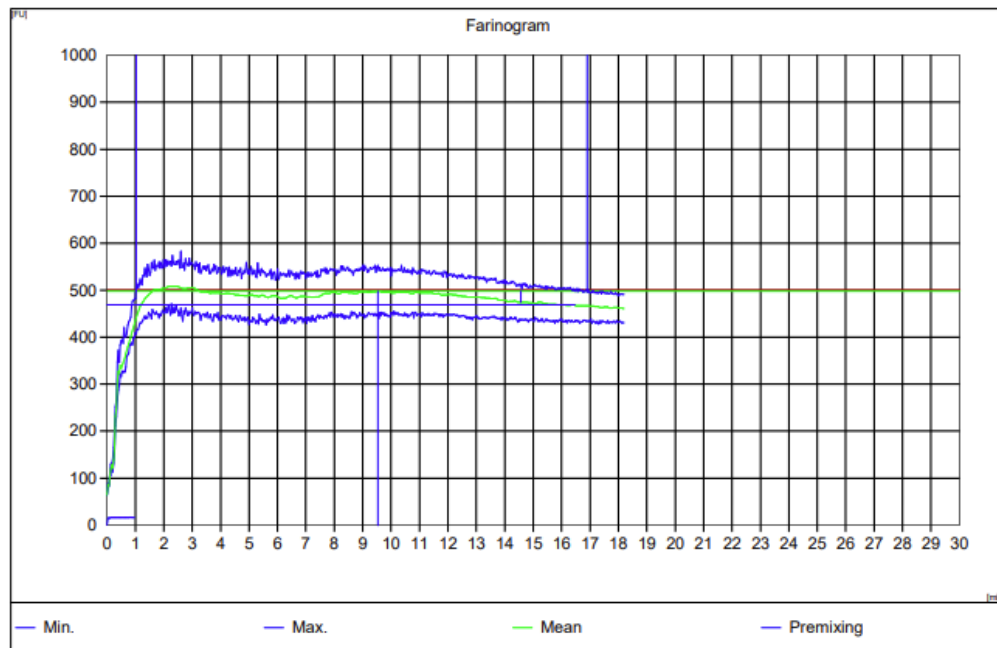
Sample: AM 1.2
 Method: AACC
 Date: 15/10/2025 18:24:57

Operator: LAB

Mixer: 300 g Speed: 63 1/min
 Consistency 498 FU with waterabsorption 59,3 %

Moisture content: 13,2 %

Waterabsorption (corrected for 500 FU):	59,2 %
Waterabsorption (corrected to 14,0 %):	58,3 %
Development time:	9,6 min
Stability:	15,9 min
Toleranceindex (MTI):	24 FU
Time to breakdown:	16,5 min
Farinograph quality number:	165
Remarks:	



Brabender® Farinograph

Brabender®

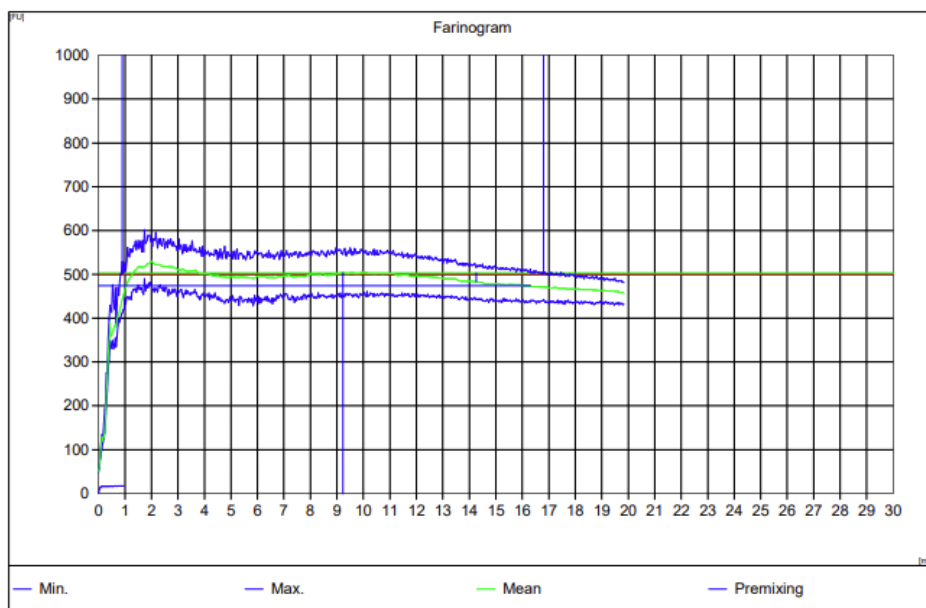
Sample: AMOSTRA 2.2
 Method: AACCC
 Date: 18/10/2025 09:13:44

Operator: LAB

Mixer: 300 g Speed: 63 1/min
 Consistency 503 FU with waterabsorption 59,2 %

Moisture content: 13,3 %

Waterabsorption (corrected for 500 FU):	59,3 %
Waterabsorption (corrected to 14,0 %):	58,5 %
Development time:	9,3 min
Stability:	15,9 min
Toleranceindex (MTI):	20 FU
Time to breakdown:	16,3 min
Farinograph quality number:	163
Remarks:	



Brabender® Farinograph

Brabender

Sample: AMOSTRA 3.3
 Method: AACC
 Date: 25/10/2025 10:03:57

Operator: LAB

Mixer: 300 g Speed: 63 1/min
 Consistency 510 FU with waterabsorption 59,2 %

Moisture content: 13,4 %

Waterabsorption (corrected for 500 FU):

59,5 %

Waterabsorption (corrected to 14,0 %):

58,8 %

Development time:

9,7 min

Stability:

15,8 min

Toleranceindex (MTI):

24 FU

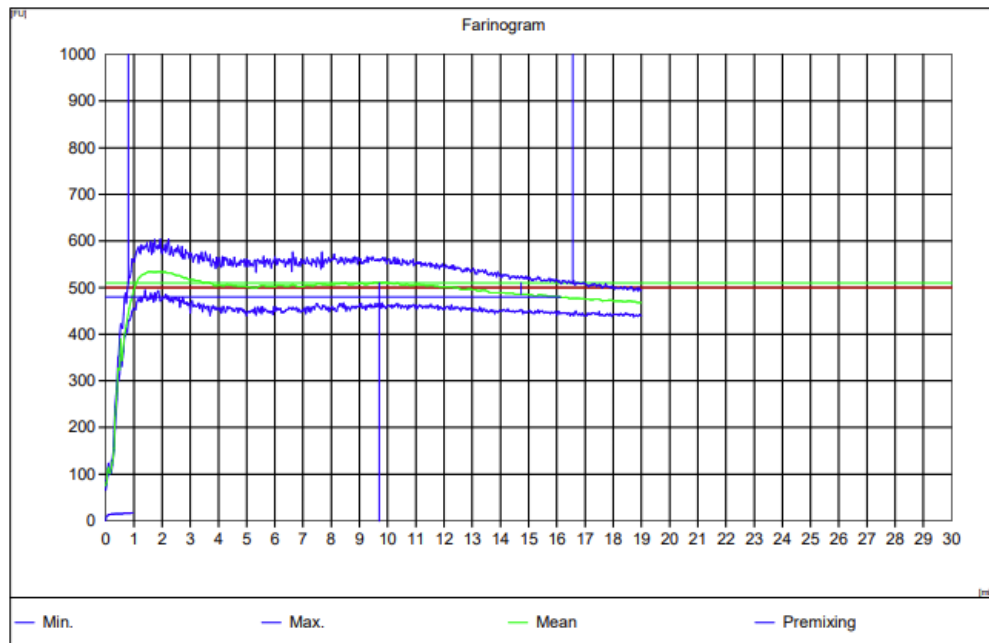
Time to breakdown:

16,1 min

Farinograph quality number:

161

Remarks:



Brabender® Farinograph

Brabender®

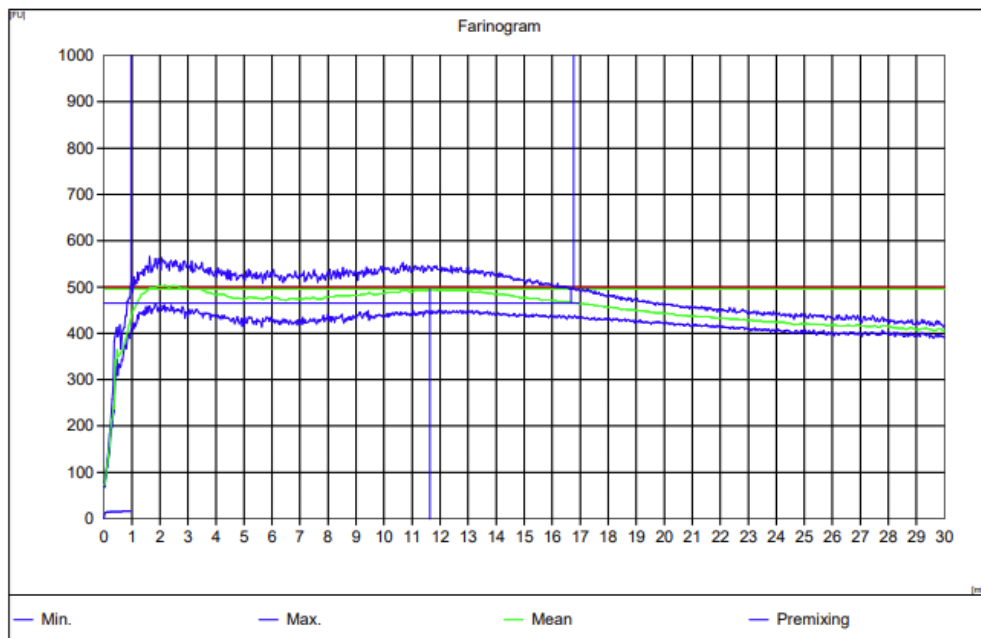
Sample: AMOSTRA 4.1
 Method: AACC
 Date: 27/10/2025 15:39:30

Operator: LAB

Mixer: 300 g Speed: 63 1/min
 Consistency 495 FU with waterabsorption 59,4 %

Moisture content: 13,4 %

Waterabsorption (corrected for 500 FU):	59,3 %
Waterabsorption (corrected to 14,0 %):	58,6 %
Development time:	11,7 min
Stability:	15,8 min
Toleranceindex (MTI):	29 FU
Time to breakdown:	17,0 min
Farinograph quality number:	170
Remarks:	



Brabender® Farinograph

Brabender®

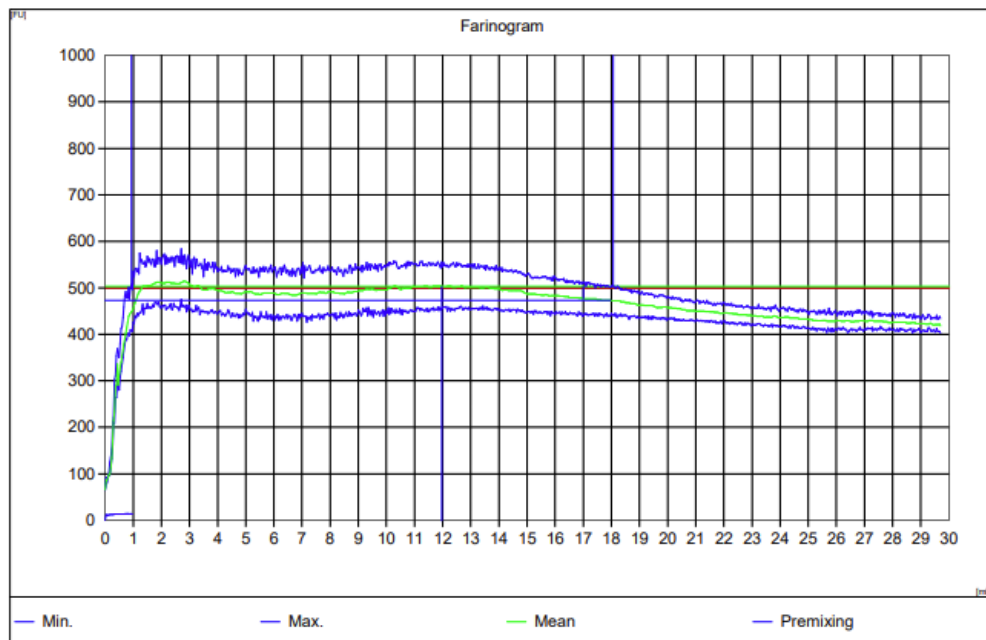
Sample: AM 5.2
 Method: AACC
 Date: 22/10/2025 10:05:41

Operator: LAB

Mixer: 300 g Speed: 63 1/min
 Consistency 503 FU with waterabsorption 59,2 %

Moisture content: 13,4 %

Waterabsorption (corrected for 500 FU):	59,3 %
Waterabsorption (corrected to 14,0 %):	58,6 %
Development time:	12,0 min
Stability:	17,1 min
Toleranceindex (MTI):	27 FU
Time to breakdown:	18,0 min
Farinograph quality number:	180
Remarks:	



Brabender® Farinograph

Brabender®

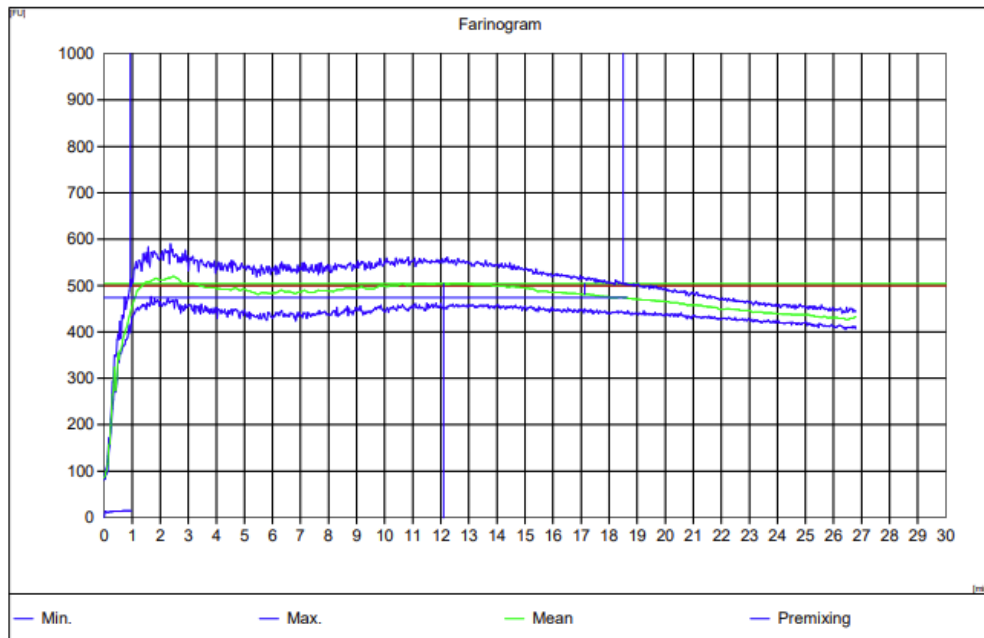
Sample: AM 6.2
 Method: AACC
 Date: 22/10/2025 14:24:53

Operator: LAB

Mixer: 300 g Speed: 63 1/min
 Consistency 504 FU with waterabsorption 59,3 %

Moisture content: 13,0 %

Waterabsorption (corrected for 500 FU):	59,4 %
Waterabsorption (corrected to 14,0 %):	58,2 %
Development time:	12,1 min
Stability:	17,6 min
Toleranceindex (MTI):	23 FU
Time to breakdown:	18,6 min
Farinograph quality number:	186
Remarks:	



Brabender® Farinograph

Brabender®

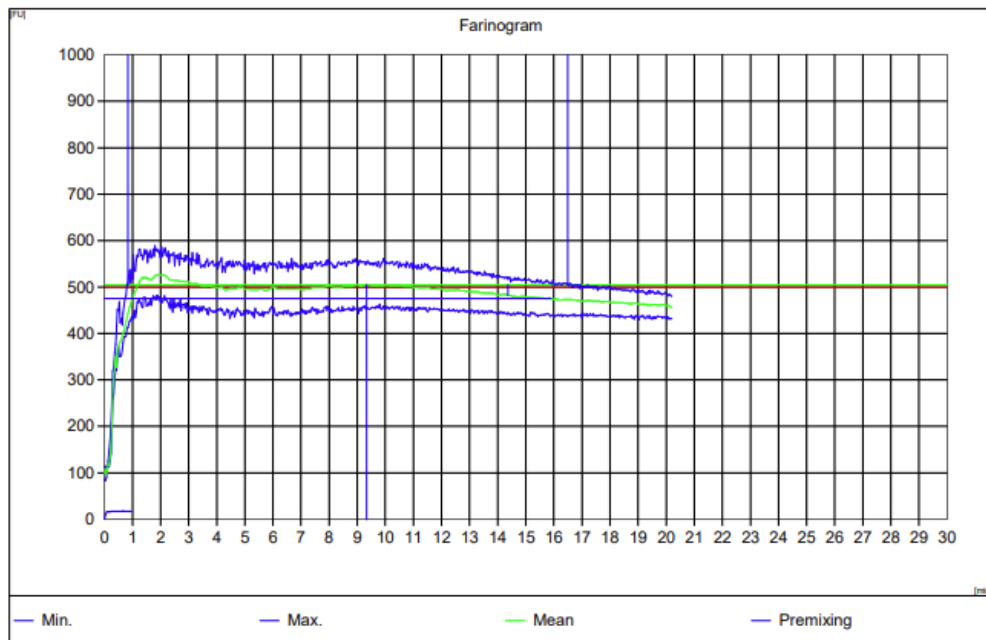
Sample: AM 7.3
 Method: AACC
 Date: 15/10/2025 17:19:15

Operator: LAB

Mixer: 300 g Speed: 63 1/min
 Consistency 505 FU with waterabsorption 59,3 %

Moisture content: 13,2 %

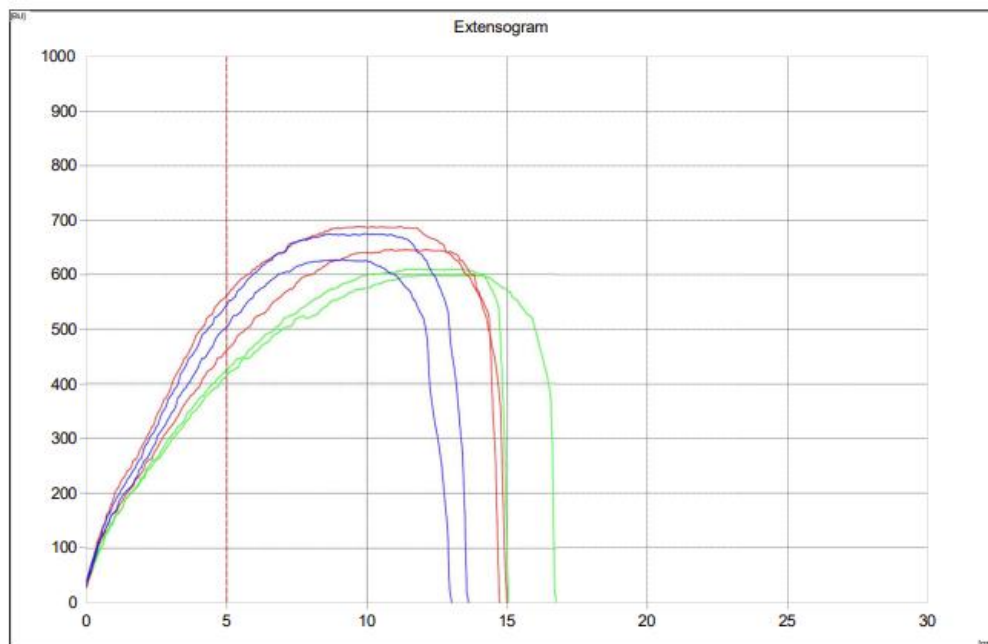
Waterabsorption (corrected for 500 FU):	59,4 %
Waterabsorption (corrected to 14,0 %):	58,5 %
Development time:	9,4 min
Stability:	15,7 min
Toleranceindex (MTI):	23 FU
Time to breakdown:	15,9 min
Farinograph quality number:	159
Remarks:	



ANEXO C – GRÁFICO DAS ANÁLISES DE EXTENSOGRAFIA

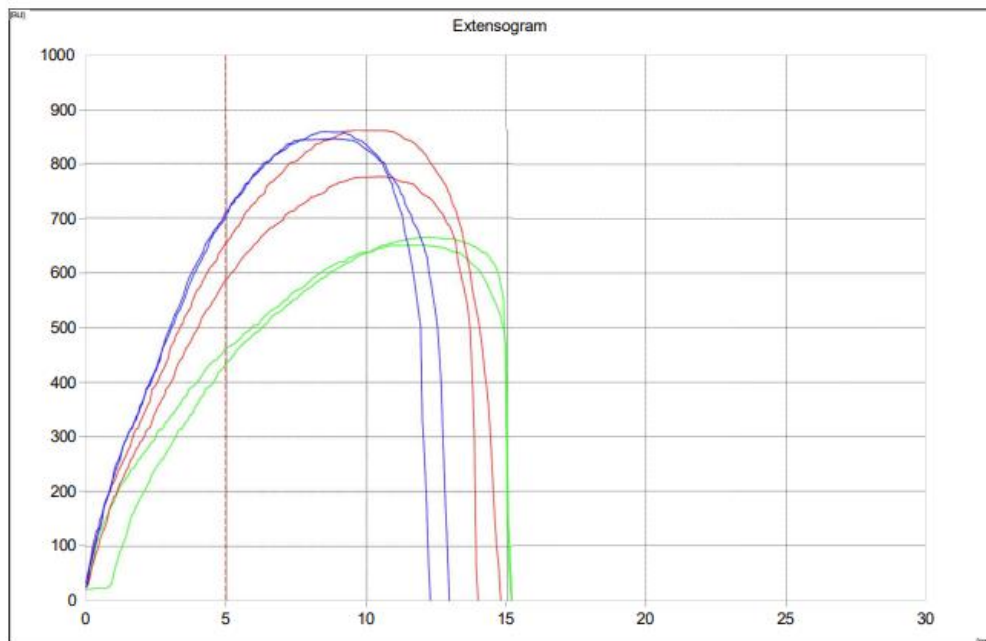
Brabender® Extensograph

Evaluation of sample:	AMOSTRA 1		
Date:	17/10/2025		
Operator:			
Test after 45/90/135 Minutes			
Waterabsorption:	57,3 %		
Proving Time [min]:	45	90	135
Energy [cm ²]:	128	133	114
Resistance to Extension [BU]:	421	513	525
Extensibility [mm]:	159	149	133
Maximum [BU]:	603	665	649
Ratio Number:	2,7	3,4	3,9
Ratio Number (Max.):	3,8	4,5	4,9
Remarks:	Remark 1 Remark 2		



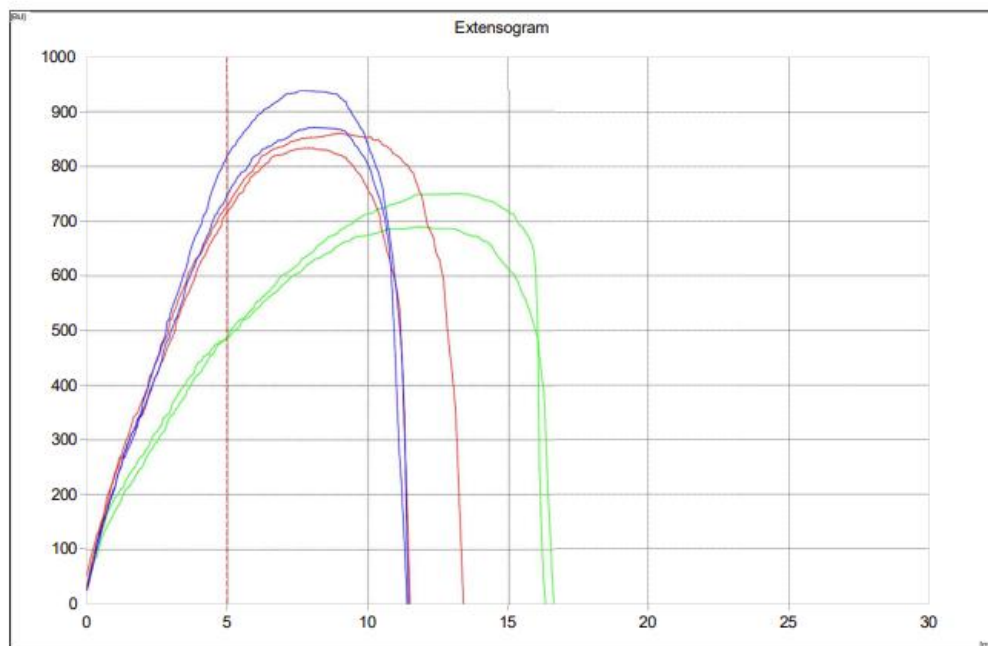
Brabender® Extensograph

Evaluation of sample:	AMOSTRA 2		
Date:	17/10/2025		
Operator:	LAB BG		
Test after 45/90/135 Minutes			
Waterabsorption:	57,2 %		
Proving Time [min]:	45	90	135
Energy [cm ²]:	128	153	140
Resistance to Extension [BU]:	450	622	712
Extensibility [mm]:	152	144	126
Maximum [BU]:	658	818	852
Ratio Number:	3,0	4,3	5,6
Ratio Number (Max.):	4,3	5,7	6,8
Remarks:	Remark 1 Remark 2		



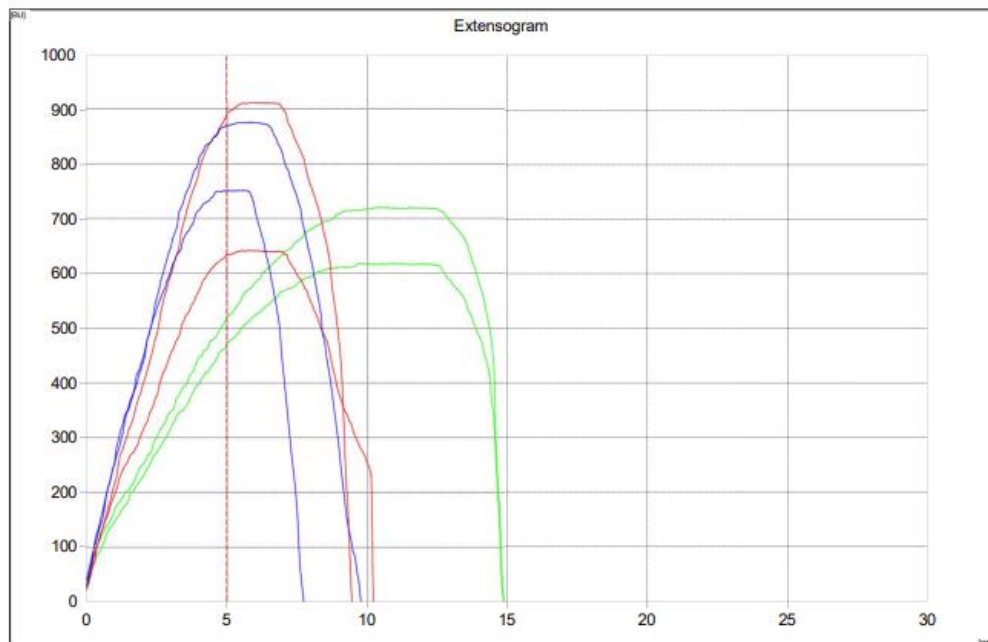
Brabender® Extensograph

Evaluation of sample:	AMOSTRA 3		
Date:	17/10/2025		
Operator:	LAB BG		
Test after 45/90/135 Minutes			
Waterabsorption:	57,5 %		
Proving Time [min]:	45	90	135
Energy [cm ²]:	157	139	131
Resistance to Extension [BU]:	486	725	788
Extensibility [mm]:	165	124	114
Maximum [BU]:	719	846	904
Ratio Number:	3,0	5,9	6,9
Ratio Number (Max.):	4,4	6,8	7,9
Remarks:	Remark 1 Remark 2		



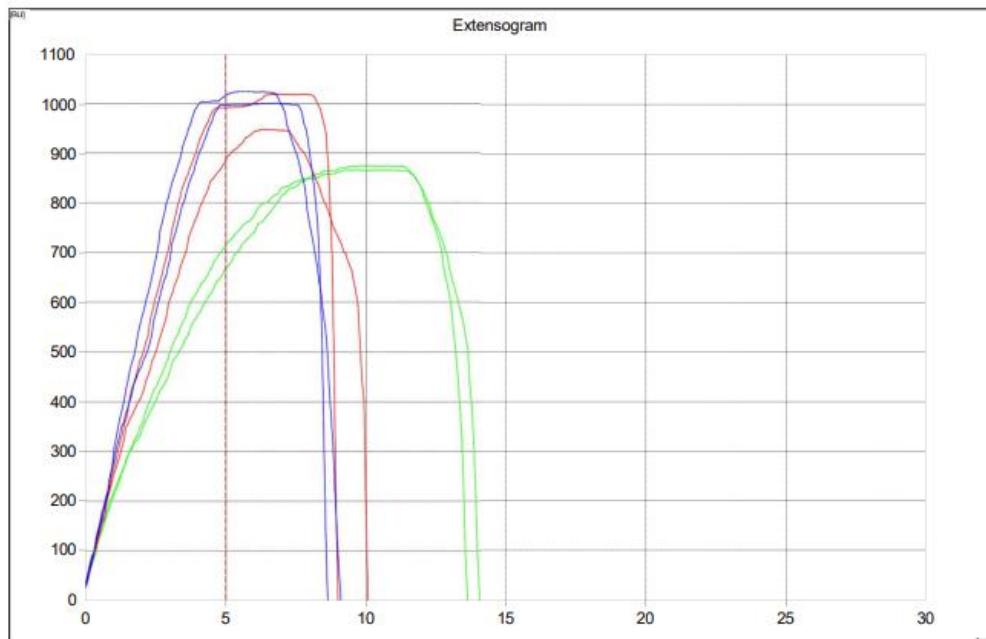
Brabender® Extensograph

Evaluation of sample:	AMOSTRA 4		
Date:	18/10/2025		
Operator:	LAB BG		
Test after 45/90/135 Minutes			
Waterabsorption:	57,0 %		
Proving Time [min]:	45	90	135
Energy [cm ²]:	130	93	85
Resistance to Extension [BU]:	496	764	809
Extensibility [mm]:	149	98	88
Maximum [BU]:	669	776	813
Ratio Number:	3,3	7,8	9,3
Ratio Number (Max.):	4,5	8,0	9,3
Remarks:	Remark 1 Remark 2		



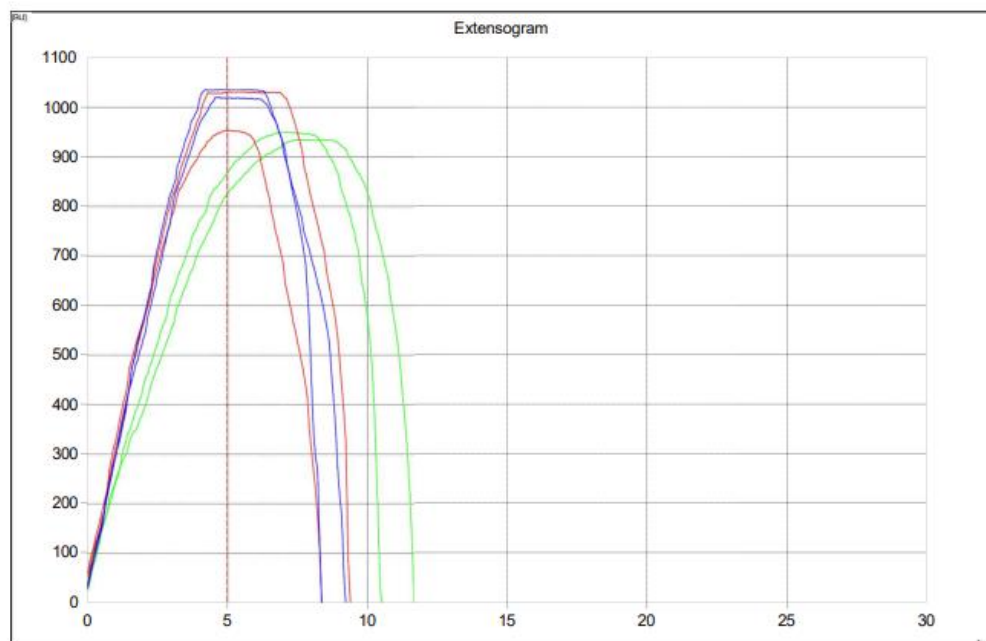
Brabender® Extensograph

Evaluation of sample:	AMOSTRA 5		
Date:	20/10/2025		
Operator:	LAB BG		
Test after 45/90/135 Minutes			
Waterabsorption:	57,3 %		
Proving Time [min]:	45	90	135
Energy [cm ²]:	159	120	114
Resistance to Extension [BU]:	695	942	1006
Extensibility [mm]:	139	95	89
Maximum [BU]:	870	983	1012
Ratio Number:	5,0	9,9	11,3
Ratio Number (Max.):	6,3	10,4	11,4
Remarks:	Remark 1 Remark 2		



Brabender® Extensograph

Evaluation of sample:	AMOSTRA 6		
Date:	20/10/2025		
Operator:	LAB BG		
Test after 45/90/135 Minutes			
Waterabsorption:	57,4 %		
Proving Time [min]:	45	90	135
Energy [cm ²]:	133	111	112
Resistance to Extension [BU]:	846	992	1028
Extensibility [mm]:	111	89	88
Maximum [BU]:	942	992	1028
Ratio Number:	7,7	11,2	11,7
Ratio Number (Max.):	8,5	11,2	11,7
Remarks:	Remark 1 Remark 2		



Brabender® Extensograph

Evaluation of sample: AMOSTRA BRANCA 7
 Date: 16/10/2025
 Operator:

Test after 45/90/135 Minutes
 Waterabsorption: 57,4 %

Proving Time [min]:	45	90	135
Energy [cm ²]:	135	136	115
Resistance to Extension [BU]:	404	487	525
Extensibility [mm]:	167	157	139
Maximum [BU]:	606	641	637
Ratio Number:	2,4	3,1	3,8
Ratio Number (Max.):	3,6	4,1	4,6

Remarks: Remark 1
 Remark 2

