

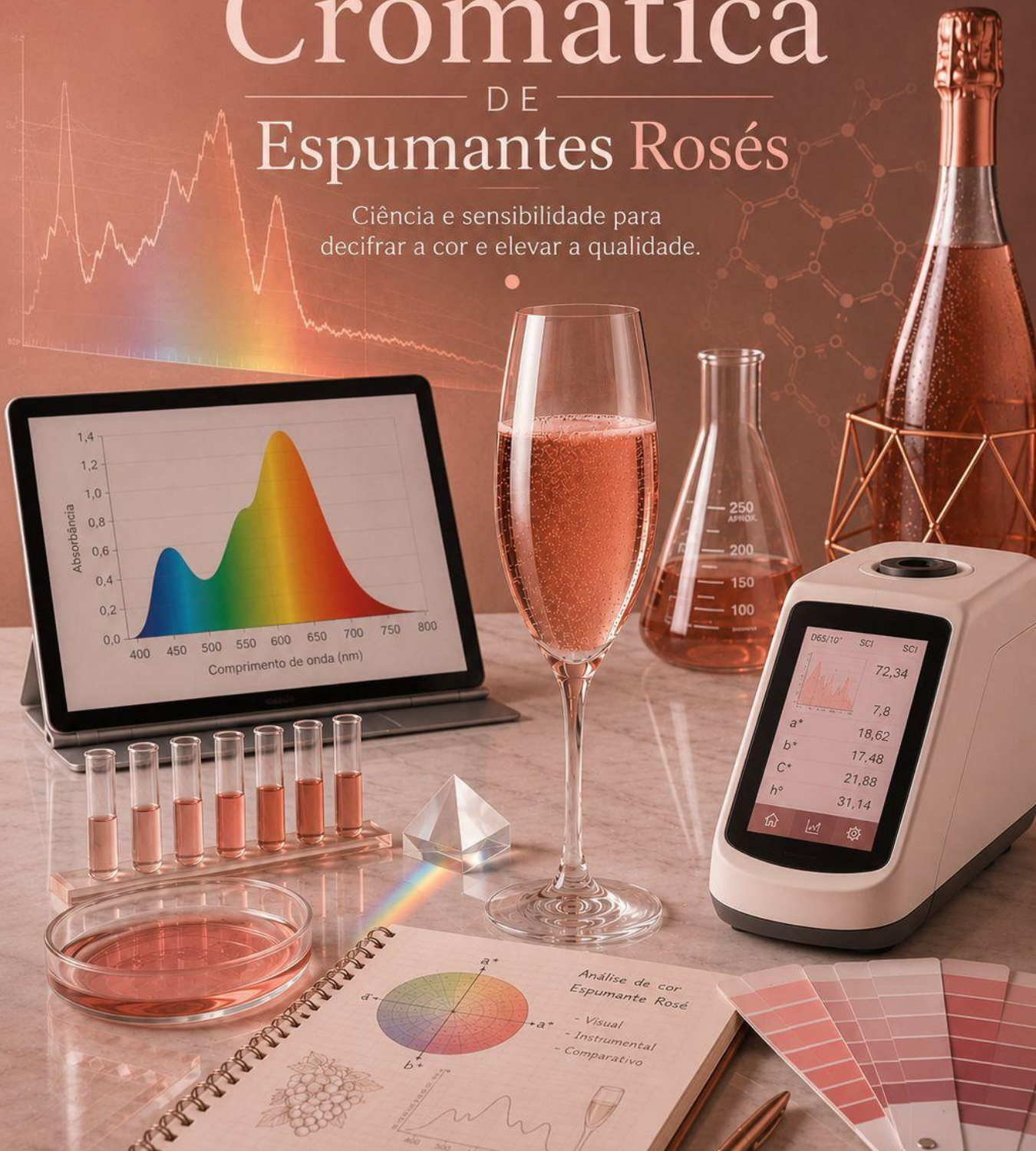
MANUAL DE

Análise Cromática

DE

Espumantes Rosés

Ciência e sensibilidade para decifrar a cor e elevar a qualidade.



MANUAL TÉCNICO

Estabilidade cromática de espumante
Brut **Rosé** durante o armazenamento

Este manual técnico reúne e organiza informações essenciais sobre o comportamento da cor de espumantes rosés ao longo do tempo e sob diferentes condições de armazenamento, contribuindo para o conhecimento científico e para o aprimoramento da qualidade dos produtos.



QUALIDADE



CONHECIMENTO



CIÊNCIA



EXCELÊNCIA

AUTORIA

Larissa Moro Goulart
Roberta Schmatz
Evandro Ficagna

INSTITUIÇÃO



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Sul
Campus Bento Gonçalves

NÍVEL



Mestrado em
**VITICULTURA
E ENOLOGIA**



2025

Bento Gonçalves – RS



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

G694m Goulart, Larissa Moro

Manual de análise cromática de espumantes rosés - ciência e sensibilidade para decifrar a cor e elevar a qualidade [recurso eletrônico] / Larissa Moro Goulart, Roberta Schmatz, Evandro Ficagna -- 1.ed.-- Bento Gonçalves, RS : IFRS, 2026.

1 arquivo em PDF (31 p.)

ISBN 978-65-5950-282-0

Produto educacional elaborado a partir da dissertação intitulada: "*Avaliação cromática de espumantes rosés durante a elaboração e após o engarrafamento: um estudo de caso com abordagem instrumental*". (Mestrado em Viticultura e Enologia). - IFRS, *Campus* Bento Gonçalves RS, 2026.

1. Vinhos espumantes. 2. Espectrofotômetro. 3. Colorimetria. 3. I. Schmatz, Roberta. II. Ficagna, Evandro. II. Título.

CDU: Ed. 2007 (online)

Catalogação na publicação: Aline Terra Silveira CRB10/1933

Introdução



Este relatório técnico aprimorado detalha os achados do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de Larissa Moro Goulart, intitulado 'Avaliação Cromática de Espumantes Rosés Durante a Elaboração e Após o Engarrafamento: Um Estudo de Caso com Abordagem Instrumental'



O estudo, conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), durante o Programa de Pós-Graduação em Viticultura e Enologia ressalta a crescente importância dos vinhos rosés no mercado global e nacional, enfatizando a cor como um atributo sensorial primordial que molda a percepção de qualidade e a decisão de compra do consumidor.



A cor é o primeiro parâmetro avaliado em análises sensoriais e reflete as escolhas tecnológicas realizadas ao longo do processo de elaboração.



A relevância deste estudo reside na necessidade de compreender como os processos enológicos influenciam a evolução cromática dos espumantes rosés, tanto durante a elaboração quanto após o engarrafamento. Essa compreensão é fundamental para otimizar a qualidade do produto final e atender às preferências do mercado consumidor.



O trabalho aborda uma lacuna importante na literatura científica brasileira, combinando análises instrumentais para estabelecer correlações entre a composição química e as características cromáticas percebidas. Desta forma, contribui para o avanço do conhecimento enológico e para o desenvolvimento de estratégias de produção mais eficientes e direcionadas ao mercado.



Objetivo central:

Avaliar a evolução cromática de um espumante Brut Rosé elaborado pelo método Charmat e comparar a aplicabilidade dos métodos espectrofotométrico e colorimétrico (CIELAB) no monitoramento da cor durante a elaboração e o armazenamento.



Em síntese:



A cor é o primeiro atributo percebido pelo consumidor.



A estabilização a frio (-2°C) é etapa crítica que influencia a cor.



A análise instrumental permite entender as transformações químicas e perceptivas.



O conhecimento gerado apoiará a produção de espumantes rosés de alta qualidade e alinhados às expectativas do consumidor.



Contexto de Mercado



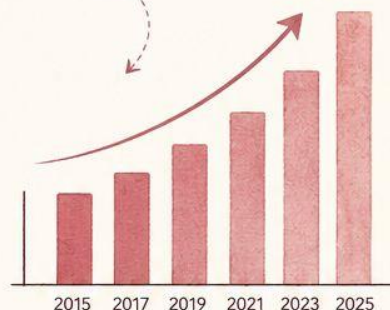
O Brasil tem sido reconhecido mundialmente como um produtor de vinhos e espumantes de excelência, com crescente presença em premiações e avaliações técnicas internacionais. Conforme apontado pela Embrapa Uva e Vinho (2023), as particularidades da vitivinicultura brasileira — associadas à diversidade de condições edafoclimáticas, sistemas produtivos e estratégias tecnológicas — posicionam o país em um patamar singular, despertando o interesse tanto dos consumidores brasileiros quanto de especialistas internacionais.



Vinhos rosés no mundo:

10%

do consumo de vinhos tranquilos
≈ 3,85 milhões de hectolitros



Paralelamente, o consumo de vinhos **rosés** tem apresentado crescimento expressivo nas últimas décadas, consolidando-se como uma categoria relevante no mercado global de vinhos tranquilos. De acordo com o *Vinho Rosé Observatory* (2025), os vinhos rosés representam atualmente cerca de 10% do consumo mundial de vinhos tranquilos, com um volume estimado em aproximadamente **3,85 milhões de hectolitros**, mostrando participação estável mesmo em um cenário recente de retração do consumo global de vinhos, conforme informes obtidos pela Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV, 2024).

No contexto brasileiro, esse reconhecimento se reflete de forma consistente. Dados do Instituto Brasileiro do Vinho indicam que o mercado nacional de vinhos tranquilos também tem se inclinado para o consumo de rótulos mais refrescantes e com apelo frutado, especialmente espumantes, acompanhando mudanças no perfil do consumidor e na valorização de estilos considerados mais leves e frescos (IBRAVIN, 2025). Esse movimento, sobretudo, pelo público jovem-adulto e feminino, bem como pela crescente valorização de experiências sensoriais associadas à cor, ao frescor e à versatilidade do consumo dos vinhos **rosés** (IBRAVIN, 2025; World Rosé Observatory, 2025).

Reconhecimento Internacional



O Brasil se destaca na produção de vinhos e espumantes de **excelência**, com presença crescente em premiações e avaliações técnicas internacionais.

Rosés em Expansão



Os vinhos **rosés** já representam cerca de **10%** do consumo mundial de vinhos tranquilos, com volume estimado em **3,85 milhões de hectolitros**.

Mercado Brasileiro



No Brasil, cresce a participação dos **rosés** e espumantes, impulsionada por consumidores que valorizam leveza, frescor e apelo visual.



Excelência Brasileira



Presença Global



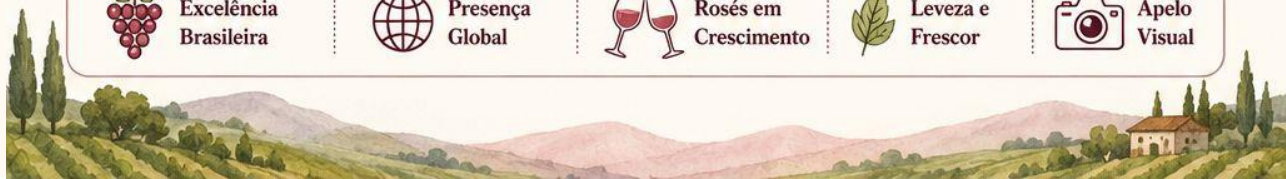
Rosés em Crescimento



Leveza e Frescor



Apelo Visual





Qualidade, Competitividade e Atributos Sensoriais



A competitividade da vitivinicultura está associada a diversos fatores, entre os quais se destacam a qualidade e a tipicidade dos produtos elaborados, atributos fundamentais para a diferenciação em mercados cada vez mais exigentes (FIZORNY, 2009). À medida que os consumidores se tornam mais informados e criteriosos quanto à qualidade dos vinhos, a busca pela excelência em enologia torna-se ainda mais relevante (GUERRA, 2005; CASTRO, 2021).

A cor é o primeiro parâmetro avaliado em análises sensoriais e reflete as escolhas tecnológicas realizadas ao longo do processo de elaboração.

Entre os atributos sensoriais, a cor destaca-se como um dos principais indicadores da qualidade percebida dos vinhos rosés, exercendo forte influência na decisão de compra dos consumidores (PERES et al., 2020; LEBORGNE, 2022). Em análises sensoriais, a cor é o primeiro parâmetro avaliado e reflete escolhas tecnológicas realizadas ao longo do processo de elaboração, como a casta utilizada, o terroir de origem, os métodos de vinificação e as condições de envelhecimento.

A elaboração de produtos diferenciados depende de múltiplos fatores que trabalham em conjunto:



Região

Define características de origem e identidade do vinho.



Solo

Influência o desenvolvimento da videira e a composição das uvas.



Porta-enxerto

Contribui para adaptação, vigor e resistência da planta.



Colheita

O momento da colheita impacta diretamente a maturação e a qualidade.



Clima

Temperatura, chuva e insolação moldam o perfil sensorial.



Manejo do vinhedo

Práticas de cultivo influenciam produtividade e qualidade final.



Técnicas de vinificação

Decisões enológicas determinam estilo, cor e atributos sensoriais.





Composição Química e Pigmentos



O vinho apresenta uma composição química altamente complexa, constituída majoritariamente por água e etanol, além de uma ampla diversidade de compostos minoritários, como álcoois superiores, ácidos orgânicos, ésteres, aldeídos, cetonas e, especialmente, compostos fenólicos (MEIRA, 2013; PINHEIRO et al., 2025). Estes compostos interagem entre si ao longo da vinificação, maturação e envelhecimento, dando origem a novas moléculas e promovendo alterações contínuas nas propriedades físico-químicas e sensoriais da bebida.



Água e etanol

Componentes majoritários da matriz do vinho.



Compostos minoritários

Álcoois, ácidos, ésteres, aldeídos e cetonas.



Compostos fenólicos

Grupo de grande relevância para cor e estrutura.



Evolução química

Transformações contínuas durante vinificação e envelhecimento.

À cor dos vinhos rosés está associada principalmente à presença de antocianinas extraídas das cascas das uvas, bem como à formação de pigmentos derivados dessas moléculas durante a vinificação e o envelhecimento (LEBORGNE, 2022; DELIĆ et al., 2024). A composição e a concentração dos compostos fenólicos, especialmente antocianinas e taninos, estão diretamente relacionadas à intensidade, tonalidade e estabilidade da cor, podendo ser avaliadas por parâmetros cromáticos como o sistema CIELAB (LEBORGNE, 2022; BARIS, 2024).



Antocianinas

Pigmentos extraídos das cascas das uvas.



Pigmentos derivados

Formados ao longo da vinificação e do envelhecimento.



Taninos e fenólicos

Relacionados à intensidade e estabilidade da cor.



CIELAB

Sistema usado para avaliar os parâmetros cromáticos.





Estratégia de Branding e Objetivos da Pesquisa



O estudo da cor torna-se fundamental por envolver aspectos técnicos e mercadológicos. A cor pode ser empregada como uma ferramenta estratégica de branding, permitindo o posicionamento de vinhos e espumantes **rosés** com características cromáticas específicas para determinados públicos, ocasiões de consumo ou estações do ano. O embasamento científico sobre a formação e a evolução da cor possibilita que enólogos desenvolvam novos estilos de produtos **rosés**, promovendo inovação, diferenciação e maior competitividade no mercado vitivinícola (BARIS, 2024; WORLD ROSÉ OBSERVATORY, 2025).

Este estudo visa avaliar as alterações físicas e químicas que ocorrem durante a elaboração de espumantes **rosés**, associando a evolução da cor à interferência dos processos enológicos ao longo da produção. O trabalho busca compreender o comportamento de vinhos durante a vida de prateleira secundária, constituindo-se em uma importante ferramenta para otimizar a qualidade do produto final e atender às preferências do mercado consumidor.



Objetivo Principal

Compreender as alterações físicas e químicas na elaboração de espumantes **rosés** e sua relação com a evolução da cor.



Evolução da Cor

Analisar como os processos enológicos interferem na formação e estabilidade da coloração ao longo da produção.



Aplicação Mercadológica

Usar o conhecimento científico da cor como ferramenta estratégica de branding, inovação e diferenciação no mercado.





OBJETIVO GERAL



Avaliar a evolução cromática de um espumante **Brut Rosé** elaborado pelo método **Charmat** e comparar a aplicabilidade dos métodos espectrofotométrico e colorimétrico (CIELAB) no monitoramento da cor durante a elaboração e o armazenamento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1



Caracterizar a evolução da cor do espumante **Brut Rosé** ao longo das etapas de elaboração pelo método **Charmat**.

2



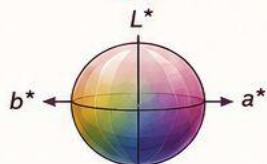
Monitorar as alterações cromáticas durante o armazenamento pós-engarrafamento, ao longo de **16 meses**.

3



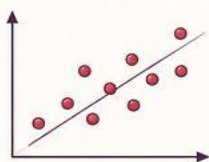
Determinar os parâmetros cromáticos por espectrofotometria **UV-Vis (A420, A520, A620, intensidade e tonalidade da cor)** em cada etapa do processo e durante o armazenamento.

4



Determinar os parâmetros colorimétricos pelo sistema **CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* e h°)** nas mesmas condições analíticas, permitindo a comparação direta entre os métodos.

5



Avaliar a correlação entre os parâmetros espectrofotométricos e colorimétricos, identificando relações entre intensidade, matiz e percepção visual da cor do espumante.

6



Comparar a sensibilidade e a aplicabilidade dos métodos espectrofotométrico e colorimétrico para o monitoramento da evolução cromática de espumantes **rosés**, considerando sua utilização em ambientes laboratoriais e industriais.





FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA



A cor dos vinhos **rosés** vem das **antocianinas**, pigmentos naturais extraídos das cascas das uvas. Essas moléculas determinam a intensidade e tonalidade da cor, que podem ser medidas objetivamente pelo sistema CIELAB (LEBORGNE, 2022; BARIS, 2024).



Durante a elaboração, as antocianinas são extraídas em um processo chamado maceração. Sua cor final depende da quantidade presente e de como sua estrutura química é alterada por **pH**, **temperatura** e outros compostos (LEBORGNE, 2022; DELIĆ et al., 2024).



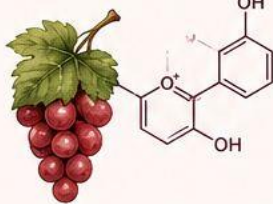
Na fermentação e envelhecimento, as antocianinas se combinam com **taninos e ácidos**, formando novos pigmentos. Essas transformações são influenciadas pela temperatura, tempo de contato com as cascas, oxigênio e microrganismos presentes (ATANASOVA et al., 2002; PERTILE et al., 2025).



O sistema **CIELAB** mede a cor em três dimensões: **L*** (clareza), **a*** (vermelho-verde) e **b*** (amarelo-azul). Esse método permite comparar amostras e acompanhar mudanças de cor ao longo do tempo, facilitando o controle de qualidade (LEBORGNE, 2022; BARIS, 2024).

Antocianinas

Pigmentos naturais responsáveis pela **cor inicial** dos rosés.



Taninos e pigmentos derivados

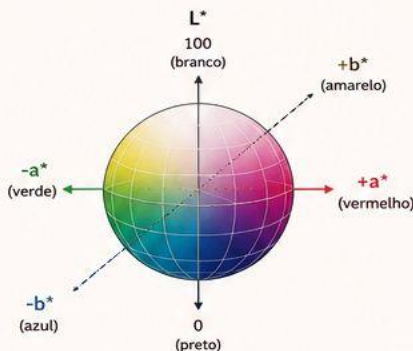
Interagem com as antocianinas e contribuem para novas tonalidades durante a evolução do vinho.



Sistema CIELAB

Método objetivo para medir e acompanhar a cor em **L***, **a*** e **b***.

- **L*** (clareza): varia do preto (0) ao branco (100)
- **a*** (vermelho-verde): valores positivos indicam vermelho e negativos indicam verde
- **b*** (amarelo-azul): valores positivos indicam amarelo e negativos indicam azul



- Maior L* = mais claro
- Menor L* = mais escuro
- Maior +a* = mais vermelho
- Menor -a* = mais verde
- Maior +b* = mais amarelo
- Menor -b* = mais azul





PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS – PARTE 1



AVALIAÇÃO CROMÁTICA DE SOLUÇÕES MODELO

Foram preparadas soluções modelo a partir de uma base vínea branca (Pinot Noir, Chardonnay e Riesling Itália), com adições crescentes de vinho tinto Marselan (0,5%, 1,0%, 1,5% e 2,0%). Uma amostra comercial de espumante Brut Rosé foi utilizada como referência.

Objetivo: compreender o comportamento da cor e avaliar a correlação entre espectrofotometria UV-Vis (420, 520 e 620 nm) e colorimetria CIELAB (L^* , a^* , b^* , C^* , h°).



Brut Rosé (referência)



ELABORAÇÃO DO ESPUMANTE

As uvas utilizadas foram Pinot Noir (40%), Chardonnay (20%) e Riesling Itália (40%), colhidas manualmente em janeiro de 2023 na Serra Gaúcha (RS).

O processo incluiu:

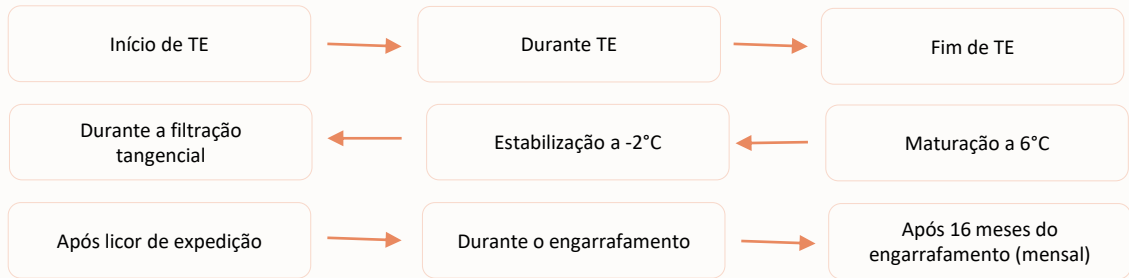


O engarrafamento foi realizado em garrafas de vidro verde com rolhas de cortiça.



COLETA DE AMOSTRAS E ARMAZENAMENTO

As amostras foram coletadas de cinco tanques de pressão em 9 etapas distintas:



As garrafas foram armazenadas em condições controladas: 22±2 °C (posição vertical) e 30 °C (estocagem acelerada).



PREPARO DE AMOSTRAS



Todas as amostras foram coletadas em garrafas de 375 mL, colocadas em béqueres de 500 mL e agitadas por 10 minutos com agitadores magnéticos (1800 rpm) para remover CO₂.



Seguiu-se centrifugação por 10 minutos (3200 rpm) para separar partículas grossas, filtração em membrana de acetato de celulose 0,45 µm e transferência para cubetas de quartzo com duas faces polidas.



Amostras já filtradas e engarrafadas passaram apenas pela etapa de agitação magnética.



PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS – PARTE 2



ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Os parâmetros enológicos (pH, acidez total, SO₂ livre e SO₂ total) foram determinados utilizando titulador automático (Hach AT 1222), conforme técnicas analíticas padrão da empresa.



pH



Acidez total
(g/L ácido tartárico)



SO₂ livre
(mg/L)



SO₂ total
(mg/L)



DETERMINAÇÃO DA COR - ESPECTROFOTOMETRIA UV-VIS

A análise foi realizada em espectrofotômetro Shimadzu UV-1900 com cubetas de quartzo (caminho óptico 1 cm), a 20±1°C, com resolução espectral de 1 nm.

Comprimentos de onda utilizados:

420 nm

(tonalidades amareladas e oxidação)



520 nm

(antocianinas monoméricas – cor rosada)



620 nm

(pigmentos poliméricos – estabilidade)

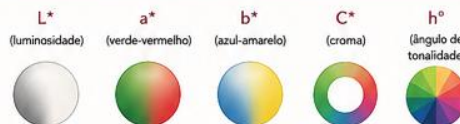


As análises foram realizadas em triplicata.



DETERMINAÇÃO DA COR - COLORIMETRIA CIELAB

Utilizou-se colorímetro portátil NomaSense Color P100 (Wine Quality Solutions, França) para determinar L* (luminosidade), a* (verde-vermelho), b* (azul-amarelo), C* (croma) e h° (ângulo de tonalidade), conforme recomendações da OIV. Foram realizadas três leituras consecutivas por amostra, expressas como média aritmética.



DELTA E (ΔE*)

O ΔE* foi utilizado para quantificar diferenças cromáticas globais no espaço CIELAB. Valores <1,0 são imperceptíveis ao olho humano; 1,0–2,0 são perceptíveis apenas por observadores treinados; >3,0 são facilmente perceptíveis por consumidores não treinados.

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$

L* = luminosidade
a* = eixo verde-vermelho
b* = eixo azul-amarelo

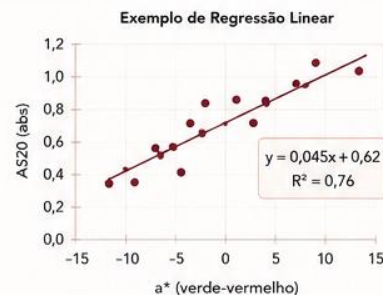
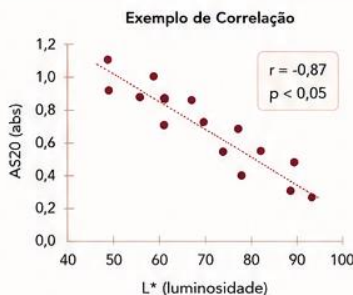


ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram organizados em planilha Excel com identificação de cada variável (A420, A520, A620, L*, a*, b*, C*, h°).

A correlação entre parâmetros colorimétricos e espectrofotométricos foi avaliada por análise de correlação linear de Pearson, seguida de regressão linear simples quando associações significativas forem observadas.

As análises foram conduzidas no Microsoft Excel.



EM RESUMO



Uvas colhidas e selecionadas



Elaboração do espumante



Coleta de amostras em 10 etapas



Análises físico-químicas, espectrofotométricas e colorimétricas



Tratamento estatístico



Interpretação dos dados e conclusões



Este conjunto de procedimentos metodológicos permite avaliar de forma abrangente a evolução da cor de espumantes rosés e sua relação com fatores físico-químicos ao longo da elaboração e do armazenamento.



RESULTADOS

Estabilidade cromática de espumante
Brut **Rosé** durante o armazenamento



COR



TEMPERATURA DE
ARMAZENAMENTO



COMPOSTOS
FENÓLICOS



ANTOCIANINAS



ELEVADA
ESTABILIDADE
CROMÁTICA



PRESERVAÇÃO DO
TOM ROSADO
CARACTERÍSTICO



PROTEÇÃO DOS
COMPOSTOS FENÓLICOS
E ANTOCIANINAS



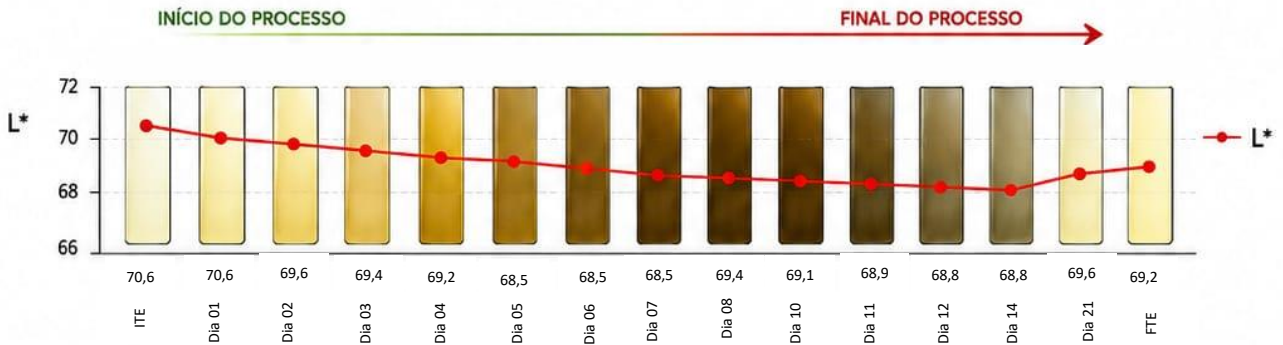
INFLUÊNCIA DA
TEMPERATURA NO
MATIZ

Luminosidade (L*)

Variações da Clareza Visual Durante o Processo Charmat

A análise da luminosidade (L*) revelou uma ligeira diminuição ao longo do processo Charmat, com um valor inicial de **70,6** na primeira leitura da Tomada de Espuma (TE) e atingindo **69,2** no Final da Tomada de Espuma (FTE). Este decréscimo, embora sutil, indica uma leve redução na clareza visual do espumante, tornando-o ligeiramente menos brilhante ou mais opaco.

Observou-se relação inversa entre a luminosidade (L*) e as absorbâncias em **420 e 520 nm**. O aumento das absorbâncias, associado à maior intensidade de tons amarelos e avermelhados, resultou na redução da luminosidade, indicando que espumantes visualmente mais escuros devido à maior concentração de pigmentos e compostos fenólicos.



FATORES QUE INFLUENCIAM A LUMINOSIDADE



Formação de turbidez coloidal: devido à precipitação de proteínas e polifenóis, à autólise das leveduras que libera compostos orgânicos e à incorporação de CO₂ dissolvido.



Autólise das leveduras: libera proteínas, polissacarídeos e compostos fenólicos que interagem com a luz.



Compostos fenólicos: podem se oxidar e formar quilômetros ou se ligar a proteínas, contribuindo para a turbidez.



CO₂ dissolvido: pode influenciar a forma como a luz interage com a amostra. Esses elementos dispersos na matriz do vinho aumentam a opacidade e reduzem a percepção de brilho.

IMPLICAÇÕES PARA A QUALIDADE DO ESPUMANTE

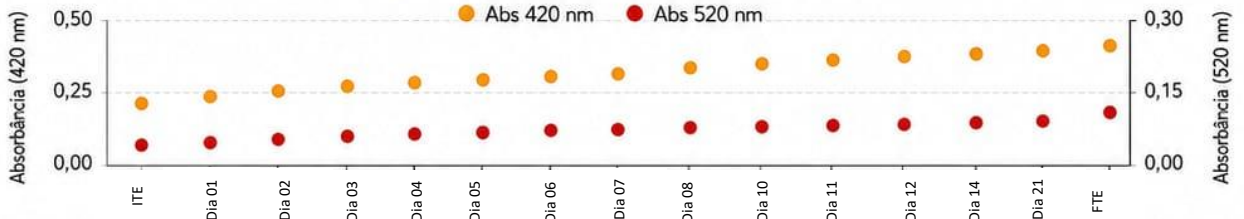


Resultados: sugerem a formação de complexos entre pigmentos, polifenóis e proteínas durante a segunda fermentação, alterando a dispersão da luz e reduzindo a luminosidade do espumante.



Impacto sensorial: esse fenômeno influencia diretamente a estabilidade e a qualidade visual final do produto.

RELAÇÃO ENTRE LUMINOSIDADE (L*) E ABSORBÂNCIAS



Relação inversa: o aumento das absorbâncias em 420 e 520 nm (associadas a tons amarelos e avermelhados) está relacionado à redução da luminosidade (L*), resultando em espumantes visualmente mais escuros.

Baixa absorbância



Aumento das absorbâncias (420 e 520 nm)

Alta absorbância



Resultados – Coordenada a* e Absorbância 520nm

Monitoramento da evolução do componente avermelhado e sua correlação espectrofotométrica.



Pico da Intensidade Avermelhada

Observou-se um incremento acentuado da coordenada a* de 12,6 (início da segunda fermentação) para 16,8 no dia 8, representando o pico máximo. Esse aumento indica uma intensificação notável do componente avermelhado, essencial para a tipicidade dos espumantes rosés.

a* (início 2ª fermentação) Pico máximo (dia 8)

12,6 **16,8**

+ 4,2 unidades de a*



Estabilização Cromática

Após atingir o pico, a coordenada a* tendeu a se estabilizar, mantendo-se consistentemente entre 15,1 e 16,5. Isso demonstra que o perfil de cor avermelhada do espumante rosé alcançou um patamar de equilíbrio dinâmico, crucial para a consistência do produto final.

Faixa de estabilização

15,1 – 16,5

após o pico



Fatores Contribuintes

Essa evolução é atribuída à liberação contínua de pigmentos residuais das leveduras e da matéria prima, à acidificação natural que estabiliza as antocianinas em sua forma colorida, e ao ambiente pressurizado com baixa disponibilidade de oxigênio que minimiza a degradação oxidativa dos compostos fenólicos.



Liberação de pigmentos: leveduras e matéria prima.



Acidificação natural: estabiliza antocianinas.



Ambiente pressurizado: baixa disponibilidade de O₂.



Proteção antioxidativa: reduz oxidação de fenólicos.



Forte Correlação com A520nm

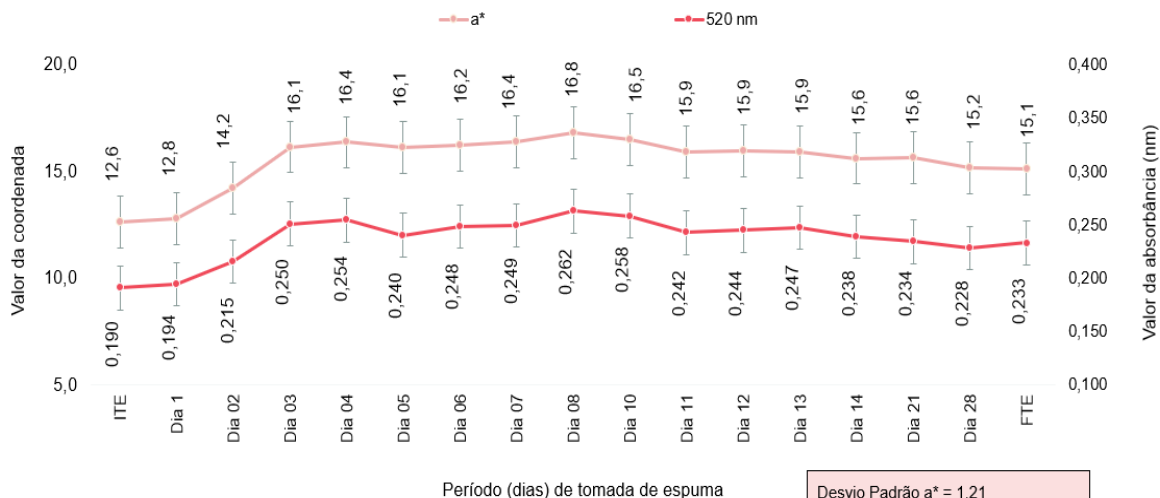
Foi identificada uma correlação linear extremamente forte entre a coordenada a* e a Absorbância a 520nm (A520nm), com um coeficiente de correlação (r) de 0,987. Esta relação robusta valida a A520nm como um indicador preciso e confiável da intensidade do caráter avermelhado no espumante, refletindo os equilíbrios dinâmicos das formas pigmentares.

Coefficiente de correlação (r)

0,987

Correlação linear extremamente forte

Evolução da Coordenada a* e da Absorbância a 520nm



Desvio Padrão a* = 1,21

Desvio Padrão 520 nm = 0,020

Resultados - Coordenada b* e Absorbância 420nm

Monitoramento da intensidade do componente amarelado e marcadores de oxidação.



Variação Controlada da Coordenada b*

A coordenada b* exibiu uma variação restrita, fluando entre **8,1** e **9,8**. Essa estabilidade indica uma evolução limitada do componente amarelado, refletindo a formação progressiva de compostos secundários e a ação protetora do SO₂ que retarda a oxidação.



Dinâmica da Absorbância 420nm

A absorbância a 420nm (A420nm) iniciou entre **0,238** e **0,244**, atingindo um pico de **0,259** no dia **8** da segunda fermentação. Subsequentemente, houve uma tendência à estabilização, indicando um equilíbrio na formação de compostos responsáveis por essa faixa de absorção.



Correlação Fraca

Foi observada uma correlação fraca entre a coordenada b* e a Absorbância a 420nm, com um coeficiente de correlação (r) de apenas **0,1175**. Esta baixa correlação sugere que as duas métricas capturam aspectos distintos, embora relacionados, da cor e composição do espumante.



Razões para a Divergência

A diferença decorre de abordagens distintas: b* é um parâmetro colorimétrico da cor percebida visualmente, enquanto A420nm é um indicador espectrofotométrico de compostos específicos. A420nm pode detectar mudanças moleculares sutis antes que a coordenada b* revele alterações visuais perceptíveis, especialmente na presença de outros pigmentos.



Complementaridade das Análises

Embora fracamente correlacionadas, as duas métricas são complementares. A A420nm atua como um marcador precoce de oxidação e alterações químicas, enquanto a coordenada b* oferece um indicador cumulativo e direto da intensidade do matiz amarelado percebido, crucial para a qualidade visual do produto final.

Coordenada b*

Varição observada

8,1 – 9,8

Estabilidade controlada



Absorbância 420nm (A420nm)

Pico máximo (dia 8)

0,259

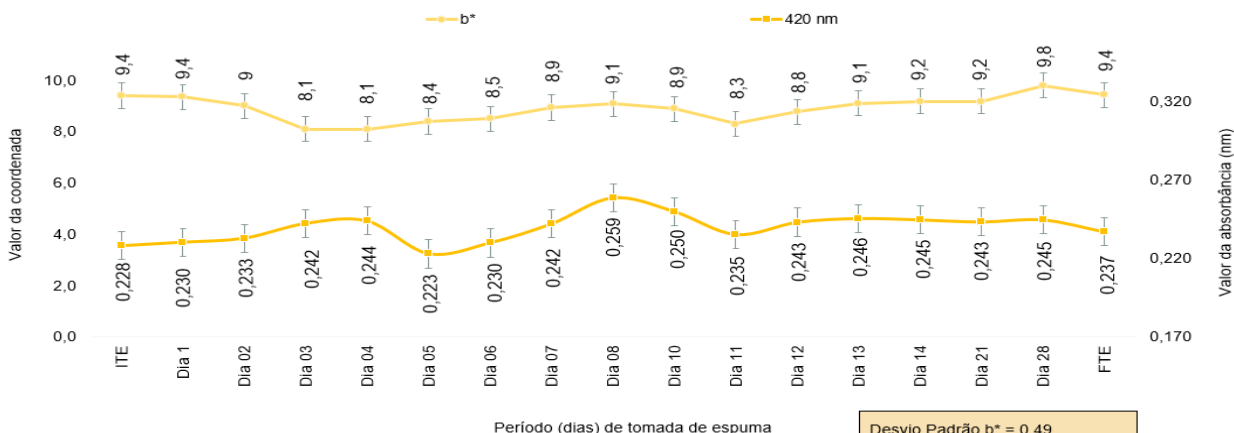
Tendência à estabilização



Correlação (r) = 0,1175

Correlação fraca

Evolução da Coordenada b* e da Absorbância a 420nm



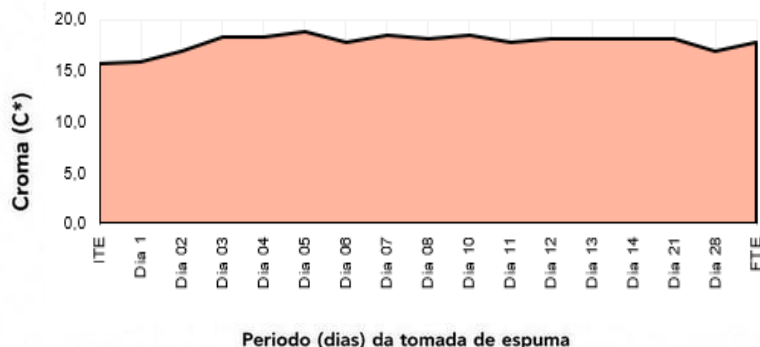
Desvio Padrão b* = 0,49

Desvio Padrão 420 nm = 0,009

Croma (C*) e Matiz (h°)

Análise da saturação e da tonalidade da cor durante a segunda fermentação.

CROMA (C*) AO LONGO DA SEGUNDA FERMENTAÇÃO



Estabilidade da Saturação

O valor de C* (Croma) manteve-se relativamente constante ao longo do período de segunda fermentação, refletindo uma notável **estabilidade** na **intensidade** e **pureza da cor** percebida. Este comportamento indica que, após a formação inicial, a saturação cromática não sofreu grandes flutuações, contribuindo para a consistência visual do produto.



Saturação

Os valores intermediários de C* observados são característicos de uma **saturação moderada**, típica de espumantes rosés elaborados a partir de assemblages entre uvas tintas e brancas. Este perfil de cor é desejável para a categoria, conferindo uma tonalidade delicada, mas com presença visual marcante.



Mecanismos de Estabilização

A estabilidade do Croma é impulsionada por diversos mecanismos, incluindo a **polimerização de antocianinas**, a formação de **piranoantocianinas** mais estáveis e interações com **polissacarídeos** liberados pelas leveduras. Esses processos contribuem para **fixar** e **proteger** os pigmentos, garantindo a durabilidade da cor.

MATIZ (h°) – TONALIDADE DA COR

Os matizes intermediários observados indicam uma tonalidade típica de rosés, situada na faixa entre o rosado salmão e o cereja claro. A estabilidade do matiz confirma a manutenção da tonalidade ao longo do processo.



Tons mais frios
(acinzentados / lilases)

Matiz intermediário
(rosado salmão)

Tons mais quentes
(cereja / avermelhados)



Tonalidade Delicada

Matiz intermediário proporciona um rosé elegante e atrativo, com equilíbrio visual.



Presença Visual Marcante

Combinação de Croma estável e Matiz adequado garante cor viva e consistente no produto.



Estabilidade Comprovada

Manutenção da saturação e da tonalidade ao longo da segunda fermentação assegura qualidade e padrão visual.



Qualidade Percebida

Cor estável e atraente reforça a percepção de qualidade e valor do espumante rosé.



Conclusão: A estabilidade do Croma (C*) e a manutenção do Matiz (h°) ao longo da segunda fermentação evidenciam a formação e preservação de pigmentos estáveis, resultando em uma cor rosé consistente, delicada e visualmente atrativa, essencial para a qualidade do produto final.

Croma (C*) e Matiz (h°)

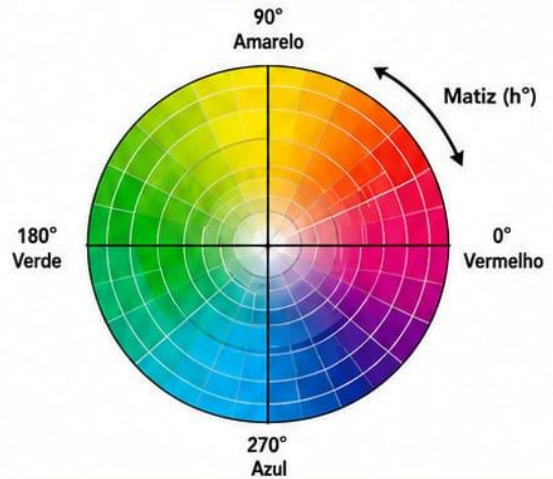
Análise da saturação e da tonalidade da cor durante a segunda fermentação.



Oscilações do Matiz (h°)

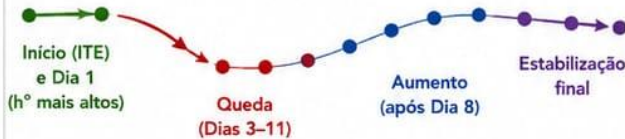
O Matiz (h°) exibiu oscilações significativas ao longo do tempo, sugerindo mudanças na proporção entre as antocianinas livres e suas formas polimerizadas. Essa dinâmica é um indicativo da complexidade das reações químicas que ocorrem durante a maturação.

CÍRCULO DO MATIZ (h°)



Evolução Temporal

Valores maiores de h° foram registrados no Início da Tiragem (ITE) e no Dia 1, seguidos por uma diminuição entre os Dias 3 e 11. Após o Dia 8, houve um aumento progressivo, com posterior estabilização final. Esta curva reflete a complexa interação de fatores como o pH, a concentração de CO₂ e a presença de metabólitos de leveduras.



Diferença Estatística

O teste de Tukey ($p < 0,05$) confirmou diferenças significativas nos valores de h° entre as etapas analisadas, reforçando que a tonalidade da cor não é estática, mas sim um atributo em evolução que pode ser influenciado pelas condições do processo.



Teste de Tukey ($p < 0,05$)
Diferenças significativas entre as etapas



Evolução do Matiz (h°) ao longo da segunda fermentação



Conclusão: As oscilações do Matiz (h°) evidenciam a dinâmica das reações químicas durante a maturação, influenciadas por fatores físico-químicos e metabólicos. A posterior estabilização contribui para a obtenção de uma cor mais estável e visualmente consistente no produto final.

Absorbância 620nm e Dióxido de Enxofre Livre (SO₂)

Avaliação da ausência de tons azulados e da dinâmica do dióxido de enxofre livre no processo.



ABSORBÂNCIA A 620nm: AUSÊNCIA DE TONS AZULADOS

A absorbância em 620nm permaneceu consistentemente muito baixa ao longo de todo o período de segunda fermentação. Este é um comportamento esperado e desejável em espumantes rosés de alta qualidade, onde a ausência de nuances azuladas é crucial para a estética desejada.



A insignificância dos tons azulados, confirmada pelos baixíssimos valores de A_{620nm}, indica que a cor do produto é predominantemente composta por tonalidades vermelho-alaranjadas. A presença de pigmentos cianínicos, como as antocianinas em suas formas neutras ou complexos metálicos, é mínima, evitando assim a formação de tons indesejáveis na paleta de cores.

Evolução da Absorbância a 620nm



Valores muito baixos e estáveis = ausência de tons azulados



DIÓXIDO DE ENXOFRE LIVRE (SO₂): DINÂMICA E ESTABILIZAÇÃO

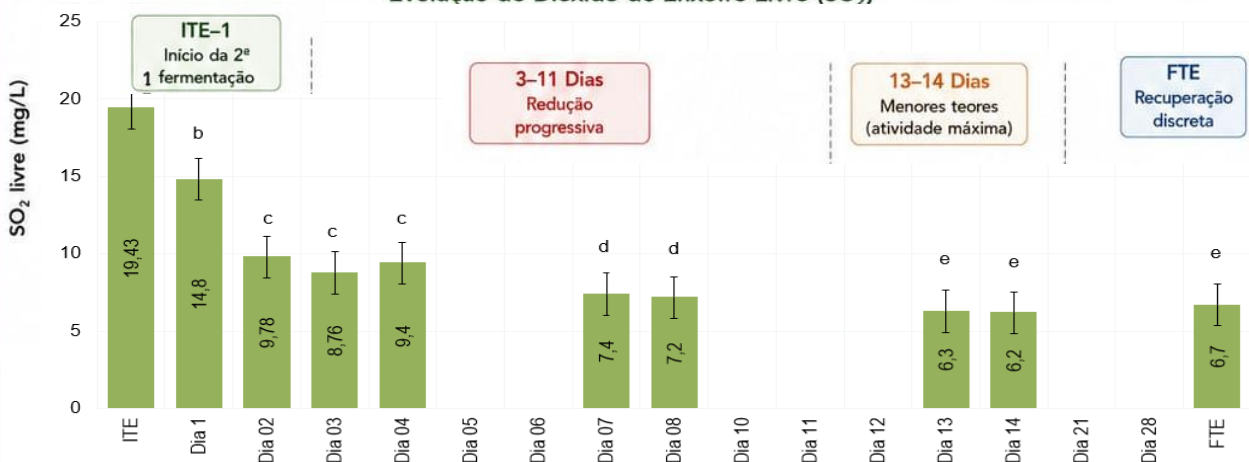
Observou-se uma redução imediata do Dióxido de Enxofre Livre (SO₂) logo após o início da segunda fermentação. Esta diminuição é atribuída à sua rápida reação com compostos carbonílicos, novamente o acetaldeído, que é um subproduto natural da atividade leveduriana.

Os menores teores de SO₂ livre foram registrados entre os dias 13 e 14, período que coincide com a fase de maior atividade fermentativa, onde a demanda por SO₂ para complexação é mais elevada. Ao final da fermentação, notou-se uma discreta recuperação nos níveis de SO₂ livre, cujo equilíbrio entre as formas livre e combinada é influenciado pelo pH, temperatura e composição fenólica do espumante.



SO₂ livre atua como antioxidante e antimicrobiano, protegendo o produto, mas é consumido durante a fermentação. Seu equilíbrio é essencial para a estabilidade e qualidade do espumante.

Evolução do Dióxido de Enxofre Livre (SO₂)



Redução imediata do SO₂ após o início da 2ª fermentação



Reação com carbonílicos (acetaldeído)



Maior demanda na fase de maior atividade fermentativa



Equilíbrio entre formas livre e combinada



Estabilidade e proteção do produto final

Dinâmica Cromática Durante a Segunda Fermentação

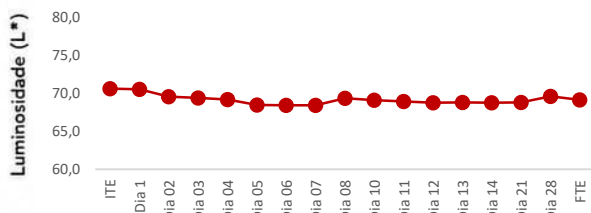
Aprofundando na evolução da cor em espumantes rosés.



A evolução cromática dos espumantes rosés é um resultado direto do equilíbrio dinâmico entre a formação, transformação e estabilização de pigmentos, influenciada por complexas reações químicas e condições ambientais específicas da segunda fermentação.



Variações de Luminosidade (L*)



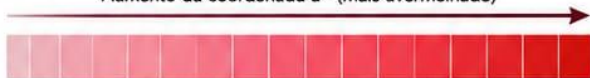
A diminuição inicial do valor L* (luminosidade) observada indica um aumento na densidade óptica do espumante. Este fenômeno sugere a formação de espécies pigmentares mais complexas e estáveis, que absorvem mais luz, resultando em uma cor mais escura e intensa.

Reações de condensação entre antocianinas e taninos, bem como processos de copigmentação, são os principais motores dessa intensificação, promovendo uma maior saturação e estabilidade da cor ao longo do tempo.

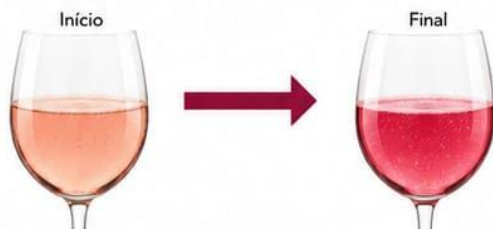


Intensificação do Caráter Avermelhado (a*)

Aumento da coordenada a* (mais avermelhado)



O aumento gradual da coordenada a* (caráter avermelhado) é um marco crucial, refletindo a estabilização das antocianinas em suas formas mais intensamente vermelhas através de interações intermoleculares e da formação de pigmentos poliméricos. Essa evolução confere ao espumante rosé sua tonalidade vibrante e distintiva.



Proteção Oxidativa

A relativa estabilidade da coordenada b* (tonalidade amarelada) é um indicativo da ausência de oxidação expressiva durante a segunda fermentação. O ambiente reduzido, criado pela alta concentração de dióxido de carbono (CO₂) e a presença do dióxido de enxofre (SO₂), atuam como fatores protetores, minimizando a degradação dos compostos fenólicos e preservando as características de cor desejadas.



Alta concentração de CO₂

+



Dióxido de enxofre (SO₂)

=



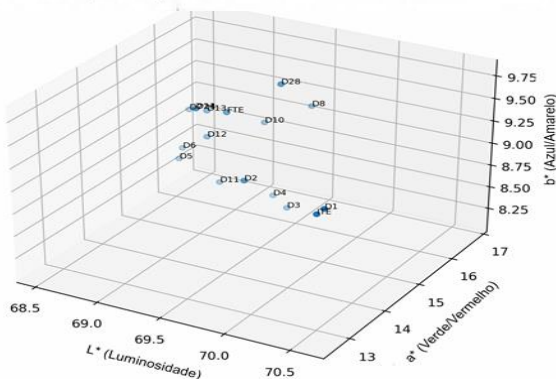
Ambiente redutor e proteção da cor

Menos oxidação = Mais preservação de pigmentos e da tonalidade rosé.



Trajetória da Cor e Modelo CIELAB 3D

A trajetória espacial da cor no sistema CIELAB 3D reforça a interpretação de um equilíbrio dinâmico, onde ao final do espumante é uma resultante complexa da cinética das reações químicas e das condições físico-químicas do meio fermentativo, como pH e temperatura.



Conclusão: A dinâmica cromática durante a segunda fermentação dos espumantes rosés é governada por um equilíbrio complexo entre reações de formação e estabilização de pigmentos e fatores protetores do meio fermentativo. O resultado é a obtenção de uma cor mais intensa, vibrante e estável, essencial para a qualidade sensorial e a identidade do produto final.

Evolução cromática durante o envelhecimento sobre borras

Maturação em Autólise (134 dias)

A evolução do espumante rosé ocorreu durante 134 dias, sob uma temperatura constante de 6 °C, com análises quinzenais realizados para monitorar a evolução dos parâmetros cromáticos.

Os valores iniciais da amostra FTE apresentavam as seguintes características:

$L^* = 68,2$

Luminosidade inicial elevada: cor clara e boa reflexão

$a^* = 15,1$

Intensidade de caráter avermelhado inicial

$b^* = 9,4$

Predominância do tom amarelado

$C^* = 17,8$

Cromaticidade inicial moderada: boa cor saturada

$h^\circ = 31,9$

Ângulo de tonalidade: predomínio rosado



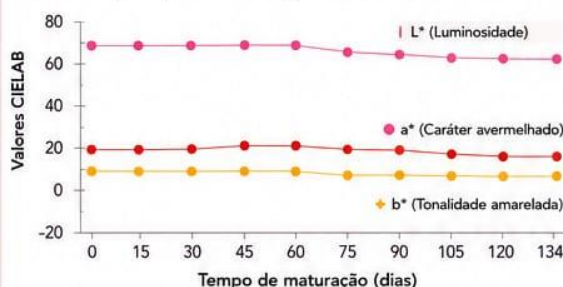
Esses valores são consistentes com uma coloração rosada brilhante de boa intensidade, típica de espumantes rosés de alta qualidade.



Comportamento da Cor ao Longo da Maturação – Semanas

Dias 1–30:

Neste período inicial, as variações cromáticas foram pequenas. Os valores de L^* oscilaram entre 69,7 e 69,0; a^* entre 14,2 e 14,9, e b^* entre 8,8 e 9,2. Esta estabilidade inicial é atribuída à baixa temperatura de 6 °C, que retarda reações e promove uma ação estabilizadora.



Intensidade do Caráter Avermelhado (a^*):

O parâmetro a^* atingiu um pico de 16,1 no dia 45 e, em seguida, pelo de 15,8 no dia 75, indicando uma intensificação temporária do caráter avermelhado. Contudo observou-se uma queda para 13,0 no dia 105, o que pode sinalizar a degradação de antocianinas livres e a formação de pigmentos poliméricos, com menor contribuição para a vermelha pura.

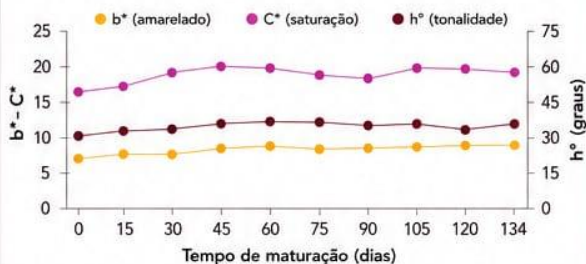


Ponto de Inflexão (a partir do Dia 60)

A partir do Dia 60, L^* apresentou um comportamento particular, atingindo 69,7 até pelo do dia 80 e, abrindo para 71,9 no dia 105. Este aumento na luminosidade sugere um processo de clarificação natural do espumante, provavelmente devido à sedimentação de partículas e à autólise das leveduras.

Tonalidade Amarelada e Saturação (b^* , C^* , h°)

O parâmetro b^* (amarelado) mostrou uma tendência de leve aumento e estabilização. A cromaticidade (C^*) seguiu um padrão similar ao a^* , com variações que refletem a interação entre intensidade da cor. O ângulo de tonalidade (h°) manteve-se predominantemente na faixa dos rosados-avermelhados, com pequenas flutuações que indicam uma modesta evolução da tonalidade para nuances mais quentes ao final do período, porém sem desvio significativo para tons marrons ou acastanhados.



Estabilidade da Cor e Qualidade do Processo

Os dados indicam que o processo de maturação sobre borras em autólise, sob temperatura controlada, promove uma evolução cromática equilibrada, mantendo a intensidade e qualidade da cor rosé. A estabilização dos parâmetros CIELAB sugere que o espumante atingiu um estágio de maturidade cromática favorável, com potencial para manter sua atratividade visual no mercado.



Contribuição da Autólise e dos Compostos Fenólicos

A autólise das leveduras libera compostos que podem interagir com os pigmentos, promovendo complexação e estabilização. Reações como a copigmentação entre antocianinas e outros fenólicos contribuem para a manutenção da cor vibrante.

A baixa temperatura foi crucial para minimizar oxidação e evitar degradações indesejadas.



Implicações para o Controle de Qualidade

O monitoramento contínuo dos parâmetros cromáticos permite ajustes no processo para otimizar a qualidade visual do produto.

O período após o Dia 60 é crítico para observar mudanças naturais e planejar intervenções se necessário para preservar as características desejadas do espumante.

Síntese da Evolução Cromática (134 dias)



Temperatura constante (6 °C)



Maturação sobre borras (autólise)



Variações cromáticas controladas



Reações químicas e sedimentação



Cor rosé estável, vibrante e atrativa



Conclusão: A maturação em autólise durante 134 dias a 6 °C proporcionou uma evolução cromática equilibrada, com aumento inicial da intensidade do vermelho e posterior estabilização. A clarificação natural e a estabilidade dos parâmetros confirmam a qualidade do processo e a potencialidade do espumante rosé para o mercado.

Síntese Comparativa - Tomada de Espuma vs Maturação em Autólise

Comparação das dinâmicas cromáticas em duas fases distintas do processo



Resumo

As duas fases do processo – Charmat, a Tomada de Espuma e a Maturação em Autólise – apresentam dinâmicas cromáticas distintas, porém complementares, que são cruciais para a estabilidade e qualidade final do espumante rosé.



Fase 1: Tomada de Espuma (35 dias)



Estabilização Cromática Precoce:

A cor tende a se estabilizar após o 8º dia, com menor variação.



Ambiente Controlado:

Processo ocorre em ambiente pressurizado com CO₂ crescente, protegendo contra oxidação.



Forte Correlação:

Observa-se uma forte correlação entre a coordenada a* (vermelho) e a absorbância a 520nm ($r=0,987$), indicando que a intensidade do vermelho é diretamente ligada à concentração de antocianinas nesta fase.



Proteção Antioxidante:

A presença de SO₂ atua como agente protetor contra reações oxidativas.



Evolução do Vermelho:

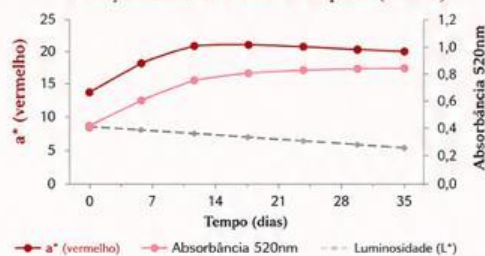
A coordenada a* apresenta um aumento inicial, seguido por estabilização, refletindo a extração e fixação dos pigmentos rosados.



Luminosidade:

A luminosidade (L*) mostra um leve decréscimo, contribuindo para uma percepção de maior intensidade de cor.

Evolução durante a Tomada de Espuma (35 dias)



Condições da Fase 1



Pressurizado



CO₂ crescente



Proteção antioxidante (SO₂)

Fase 2: Maturação em Autólise (134 dias)



Transformações Sutis:

Ocorre uma evolução mais gradual da cor, com transformações cromáticas discretas ao longo do tempo.



Variações de Cor:

Acontecem oscilações nas coordenadas a* (vermelho) e C* (cromaticidade), sugerindo uma reorganização dos pigmentos.



Clarificação Progressiva:

A luminosidade (L*) aumenta progressivamente, indicando um processo de clarificação natural do espumante.



Correlação Moderada:

A correlação entre A520nm e a* torna-se moderada a forte ($r=0,69$), refletindo a complexificação da matriz cromática.



Degradação e Formação de Pigmentos:

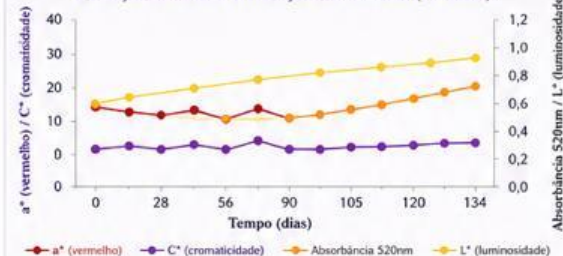
As antocianinas monoméricas são degradadas, enquanto novos pigmentos poliméricos mais estáveis são formados.



Ambiente Redutor:

A baixa temperatura de 6 °C mantém um ambiente redutor, protegendo a cor e retardando reações indesejadas.

Evolução durante a Maturação em Autólise (134 dias)



Condições da Fase 2



6 °C constante



Ambiente redutor



Proteção da cor

Evolução Visual da Cor do Espumante Rosé

Tomada de Espuma (35 dias)

Maturação em Autólise (134 dias)



Evolução gradual da cor e da complexidade



Síntese Integrada

A integração dos dados de ambas as fases proporciona uma visão completa da evolução cromática, evidenciando que tanto a fixação inicial de cor quanto as transformações durante a autólise são essenciais para a estabilidade e complexidade visual do espumante rosé final.



Discussão - Estabilização a Frio e Preservação Cromática

Síntese da evolução de cor durante os 10 dias de estabilização a -2°C



A análise conjunta das coordenadas CIELAB e das absorvâncias UV-Vis durante o processo de estabilização a frio revela um cenário crucial para a qualidade dos espumantes rosés. Observa-se uma discreta, mas significativa, perda de compostos corantes vermelhos, um fenômeno que ocorre sem o indesejável incremento de pigmentos oxidados.



1. Equilíbrio Tonal Mantido

A estabilidade cromática, mesmo com variações mínimas, é um atributo desejável e fundamental na produção de espumantes rosés, cuja coloração atrativa é um atributo sensorial de primeira importância. Este processo mantém o delicado equilíbrio tonal do espumante, preservando sua identidade visual.

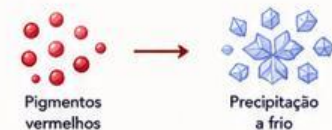


Equilíbrio tonal preservado e identidade visual mantida



2. Remoção por Precipitação

A redução na coordenada a* (vermelho) e na absorvância a 520nm (A520nm), sem um aumento correspondente em b* (amarelo) ou A420nm, é um indicador chave.



A diminuição dos pigmentos vermelhos ocorre principalmente por precipitação, e não por conversão em compostos oxidados, que alterariam negativamente o perfil cromático.

A mudança visual é um leve desbotamento, refletido pelo aumento no ângulo de tonalidade (h°).



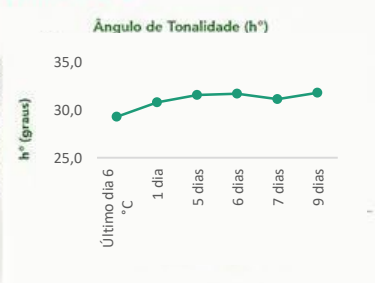
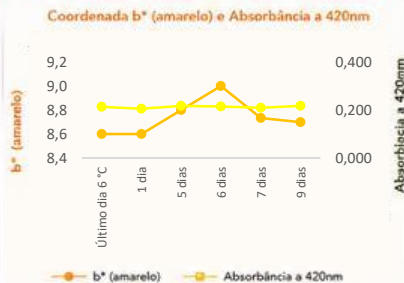
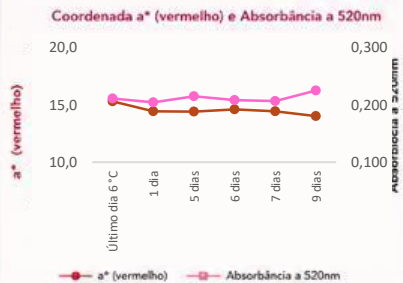
3. Inibição de Oxidação

O processo de estabilização a frio é altamente eficiente em manter a qualidade visual enquanto remove compostos indesejáveis. A baixa temperatura inibe de forma eficaz as reações enzimáticas e químicas que levariam à formação de pigmentos amarelos ou ao escurecimento da cor, protegendo a frescura e a vivacidade da tonalidade rosé.



Proteção da cor, frescura e vivacidade da tonalidade rosé

Evolução das Coordenadas CIELAB e Absorvâncias (0 a 10 dias a -2°C)



Último dia 6 °C	1 dia	5 dias	6 dias	7 dias	9 dias
15,3	14,4	14,4	14,6	14,4	14,0
0,211	0,204	0,215	0,208	0,207	0,225

Último dia 6 °C	1 dia	5 dias	6 dias	7 dias	9 dias
8,6	8,6	8,8	9,0	8,7	8,7
0,213	0,206	0,218	0,214	0,209	0,217

Último dia 6 °C	1 dia	5 dias	6 dias	7 dias	9 dias
29,3	30,8	31,6	31,7	31,1	31,8



Conclusão

A estabilização a frio é uma etapa crítica que não apenas garante a estabilidade físico-química do espumante rosé, mas também preserva sua identidade cromática, assegurando que a cor final seja atraente e fiel ao estilo desejado pelo produtor.





Análise de Correlações - Estabilização a Frio

Relações entre parâmetros cromáticos e absorvâncias durante -2°C

Durante a fase de estabilização a -2°C, a compreensão das correlações entre os parâmetros cromáticos (a^* e b^*) e as absorvâncias (A520nm e A420nm) é crucial para entender a evolução da cor do espumante rosé. Estas análises revelam a complexidade das interações moleculares que moldam o perfil visual do produto final.

1. Correlação a^* vs A520nm

a^*
(intensidade vermelha)

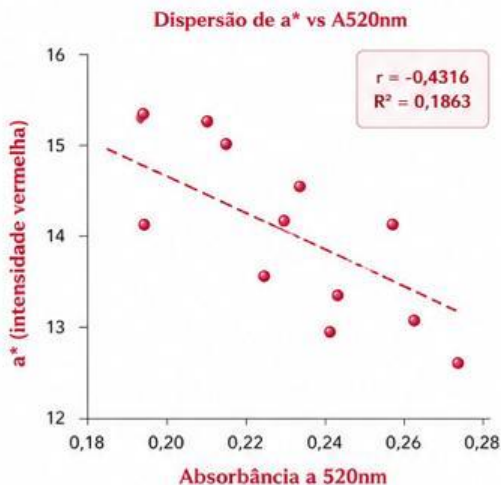


Correlação negativa fraca
($r = -0,4316$)

Aumentos na absorvância a 520nm (está associada a pigmentos vermelhos) tendem a ser associados a reduções em a^* durante este período.



$R^2 = 0,1863$
Apenas 18,63% da variação em a^* é explicada pela variação em A520nm.



Interpretação

Correlação negativa fraca indica uma relação inversa: mais presença de pigmentos vermelhos (A520nm) está associada a menor intensidade vermelha (a^*).

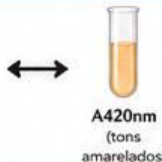
Essa relação, mesmo sendo fraca, destaca a complexidade das transformações pigmentares, onde outros fatores físico-químicos provavelmente exercem maior influência na variação da intensidade vermelha.



A cor vermelha diminui levemente à medida que a absorvância a 520nm aumenta, sugerindo precipitação de pigmentos vermelhos e não aumento de sua concentração na solução.

2. Correlação b^* vs A420nm

b^*
(matiz amarelado)

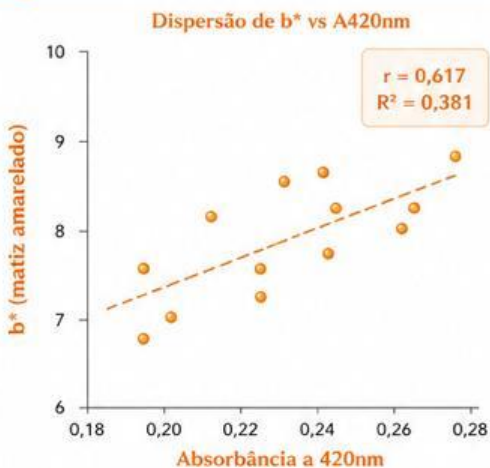


Correlação positiva moderada
($r = 0,617$)

Pequenas variações no matiz amarelo estão associadas a um aumento na absorvância a 420nm.



$R^2 = 0,381$
38,1% da variação em A420nm pode ser explicada por mudanças em b^* .



Interpretação

Correlação positiva moderada indica que aumentos em b^* (matiz amarelado) estão associados a aumentos na absorvância a 420nm (tonalidades amarelas/acastanhadas).

Essa relação reforça o papel de b^* na caracterização do escurecimento suave ou da formação de tons amarelados, que podem ocorrer mesmo em baixas temperaturas.



O aumento de b^* reflete a formação ou estabilização de pigmentos amarelos/acastanhados durante a estabilização a -2°C, contribuindo para o leve deslocamento da cor rosada para tons mais alaranjados.

Síntese das Correlações



a^* vs A520nm

- Correlação negativa fraca ($r = -0,4316$)
- $R^2 = 0,1863$ (18,63% da variação explicada)
- Indica redução da intensidade vermelha associada à precipitação de pigmentos vermelhos e não ao aumento de concentração.



b^* vs A420nm

- Correlação positiva moderada ($r = 0,617$)
- $R^2 = 0,381$ (38,1% da variação explicada)
- Aumento de b^* está associado ao aumento da absorvância a 420nm, indicando formação de tons amarelos/acastanhados.



Conclusão: As correlações demonstram que a estabilização a -2°C promove a remoção de pigmentos vermelhos por precipitação e favorece a formação de pigmentos amarelos/acastanhados, resultando em leve deslocamento da cor e maior estabilidade cromática.



Discussão - Estabilização a Frio e Preservação Cromática

Síntese da evolução de cor durante os 10 dias de estabilização a -2°C



A análise conjunta das coordenadas CIELAB e das absorbâncias UV-Vis durante o processo de estabilização a frio revela um cenário crucial para a qualidade dos espumantes rosés. Observa-se uma discreta, mas significativa, perda de compostos corantes vermelhos, um fenômeno que ocorre sem o indesejável incremento de pigmentos oxidados.



1. Equilíbrio Tonal Mantido



A estabilidade cromática, mesmo com variações mínimas, é um atributo desejável e fundamental na produção de espumantes rosés, cuja coloração atrativa é um atributo sensorial de primeira importância.

Este processo mantém o delicado equilíbrio tonal do espumante, preservando sua identidade visual.

O que isso significa?



A cor permanece visualmente estável, agradável e consistente ao longo da estabilização a frio.



2. Remoção por Precipitação



A redução na coordenada a^* (vermelho) e na absorbância a 520nm ($A_{520\text{nm}}$), sem um aumento correspondente em b^* (amarelo) ou $A_{420\text{nm}}$, é um indicador chave.



Isso significa que a diminuição dos pigmentos vermelhos ocorre primariamente por precipitação, e não por conversão em compostos oxidados, que alterariam negativamente o perfil cromático.



A mudança visual é um leve desbotamento, refletido pelo aumento no ângulo de tonalidade (h°).



3. Inibição de Oxidação

O processo de estabilização a frio é altamente eficiente em manter a qualidade visual enquanto remove compostos indesejáveis. A baixa temperatura inibe de forma eficaz as reações enzimáticas e químicas que levariam à formação de pigmentos amarelos ou ao escurecimento da cor, protegendo a frescura e a vivacidade da tonalidade rosé.



Baixa temperatura (-2°C)



Inibição de reações enzimáticas e químicas



Evita formação de pigmentos amarelos e escurecimento



Preserva frescura e vivacidade da tonalidade rosé



Conclusão

A estabilização a frio é uma etapa crítica que não apenas garante a estabilidade físico-química do espumante rosé, mas também preserva sua identidade cromática, assegurando que a cor final seja atraente e fiel ao estilo desejado pelo produtor.



Benefícios da Estabilização a Frio



Preserva a qualidade visual e cromática



Remove compostos indesejáveis por precipitação



Inibe reações de oxidação



Mantém o equilíbrio tonal e a identidade visual



Garante um produto final estável e atrativo

Resultados - Estabilização a Frio (-2°C)

Evolução cromática durante os primeiros 10 dias de estabilização



A estabilização a frio é um processo essencial na produção de espumantes, visando prevenir a precipitação indesejada de cristais de bitartrato de potássio (KCaH_4O_6). Nossa análise focou nos 10 primeiros dias deste período, considerado crítico devido às transformações bioquímicas que ocorrem.

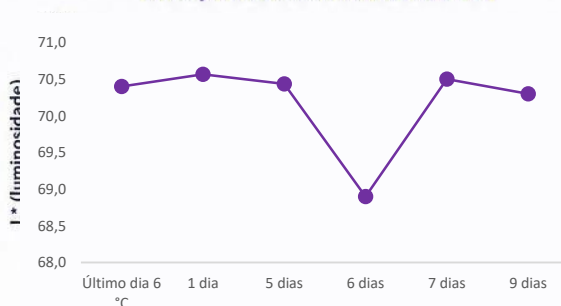


1 Luminosidade (L^*)



A luminosidade (L^*) manteve-se praticamente constante, oscilando entre 70,3 e 70,6, com uma queda pontual para 68,9 no dia 6. Isso indica que a claridade do espumante não foi significativamente afetada, preservando a transparência visual do produto.

Evolução da Luminosidade (L^*) a -2°C



Dias de estabilização a -2°C



Interpretação

Estabilidade da luminosidade indica que não houve clareamento ou escurecimento perceptível da amostra, confirmando a eficiência da estabilização a frio na preservação do brilho e da aparência visual do espumante rosé.

2 Cromaticidade (C^*)



A cromaticidade (C^*) variou entre 16,5 e 17,6, exibindo uma leve redução nos primeiros dias seguida por uma pequena recuperação ao final. Essa dinâmica pode estar associada à precipitação de compostos fenólicos instáveis, que influenciam diretamente a intensidade da cor.

Evolução da Cromaticidade (C^*) a -2°C



Dias de estabilização a -2°C



Interpretação

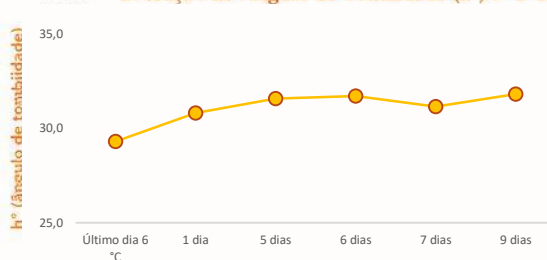
Redução inicial seguida de leve recuperação sugere remoção de compostos que contribuem para cor, seguida por estabilização da matriz e possível formação de novos complexos que mantêm a intensidade cromática do espumante.

3 Ângulo de Tonalidade (h°)



O ângulo de tonalidade (h°) apresentou um aumento gradual de 29,3° para 31,8° até o dia 9. Essa alteração sutil sugere um deslocamento em direção a nuances mais alaranjadas, contribuindo para a complexidade visual do espumante rosé.

Evolução do Ângulo de Tonalidade (h°) a -2°C



Dias de estabilização a -2°C



Interpretação

Aumento gradual do h° indica deslocamento da tonalidade para matizes mais alaranjados, refletindo transformações naturais durante a maturação e contribuindo para a complexidade e o caráter visual do espumante rosé.



Síntese e Conclusão

As variações observadas durante a estabilização a frio indicam que este processo promove alterações discretas e previsíveis na cor, sem comprometer a qualidade visual do espumante. Pelo contrário, essas mudanças são parte da maturação que confere a complexidade desejada ao produto final.



Evolução visual da cor durante a estabilização a -2°C (0 a 10 dias)



Tonalidade mais rosada

Deslocamento gradual para tons mais alaranjados

Tonalidade mais alaranjada

Pressão de CO₂ e Variação Global de Cor (ΔE)

Avaliação simultânea da formação da efervescência e da magnitude da alteração cromática.



1. Evolução da Pressão de CO₂



Fase de Latência (1–4 dias)

Nos primeiros quatro dias da segunda fermentação, a pressão interna foi nula, refletindo a fase de adaptação das leveduras antes do início da atividade fermentativa.



Início da Produção (Dia 5)

A partir do quinto dia, observou-se o início da produção de CO₂, com a pressão interna atingindo 0,5 bar, um indicativo do arranque efetivo da fermentação.



Crescimento Progressivo

A pressão aumentou de forma constante, alcançando 2,0 bar no dia 10 e culminando em 5,4 bar ao final da fermentação. Um incremento acentuado foi notado entre os dias 13 e 21, passando de 3,0 para 5,03 bar.



Ambiente Redutor

A crescente pressão de CO₂ cria um ambiente redutor no interior da garrafa, limitando a disponibilidade de oxigênio e, conseqüentemente, minimizando a oxidação de compostos fenólicos e pigmentos, o que favorece a estabilidade da cor.

Pressão interna (bar)



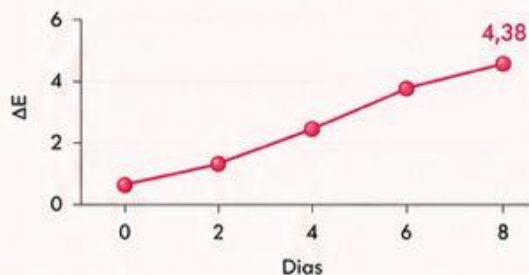
2. Variação Global de Cor (ΔE)

O valor de ΔE (Variação Global de Cor) foi monitorado ao longo da fermentação.



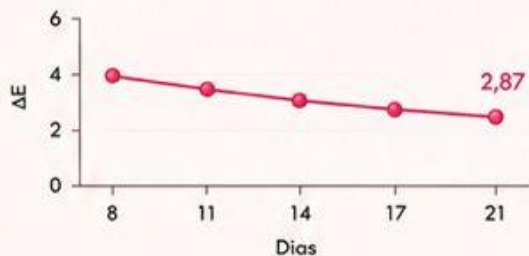
Aumento Inicial (Até Dia 8)

O valor de ΔE aumentou progressivamente até o dia 8, atingindo um pico de 4,38. Este pico reflete as mudanças cromáticas mais intensas no início da fermentação.



Redução Gradual (Após Dia 8)

Após o pico, o ΔE apresentou uma redução gradual até o final da fermentação (FTF), estabilizando em 2,87, indicando uma menor variação da cor nas etapas mais avançadas do processo.



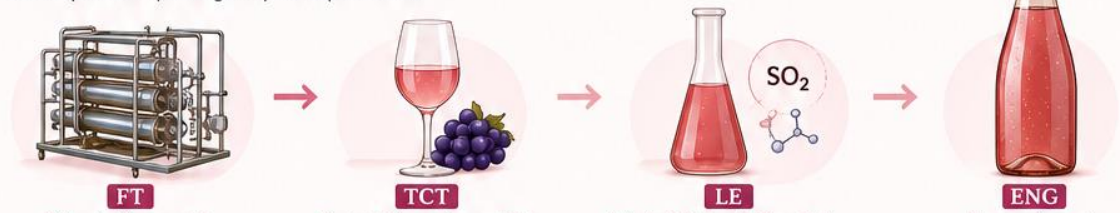
Estabilização (Final)

A estabilização do ΔE no final da fermentação indica que o espumante atingiu um perfil cromático mais estável, refletindo a consolidação das condições químicas e físicas da bebida.



8.5 PREPARO PARA ENGARRAFAMENTO: FILTRAÇÃO TANGENCIAL, ADIÇÃO DE VINHO TINTO E LICOR DE EXPEDIÇÃO

Antes da aplicação definitiva, foi conduzido um teste preliminar (TCT) para determinar a proporção ideal de vinho tinto a ser utilizada, visando alcançar a tonalidade desejada sem comprometer o perfil organoléptico do produto final.



FT
Filtração Tangencial
Clarificação avançada que utiliza membranas semipermeáveis e fluxo cruzado, separando partículas sólidas sem saturar o meio filtrante. Maior eficiência, menor perda de produto e preservação dos compostos sensoriais.

TCT
Teste de Correção com Tinto
Teste preliminar para definir a proporção ideal de vinho tinto. A adição de tinto incorpora pigmentos antocianínicos, intensificando a coloração rosada.

LE
Adição do Licor de Expedição
Tradicionalmente composto por açúcar, SO₂ e, em alguns casos, vinhos de base. No estudo, o licor foi enriquecido com vinho tinto para ajuste do perfil sensorial, doçura e estabilidade microbiológica.

ENG
Engarrafamento
Etapa final em que o espumante é envasado, dando continuidade à estabilização e preservação da qualidade do produto.

Os dados a seguir ilustram mudanças com base nas coordenadas de cor CIELAB (L*, a*, b*, Croma C*, h°) e nas absorvâncias espectrais (A420 e A520) nas etapas: estabilização a frio (EST), filtração tangencial (FT), teste de correção com tinto (TCT), adição do licor de expedição (LE) e engarrafamento (ENG).

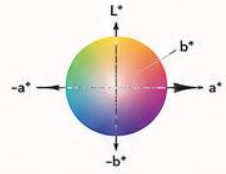
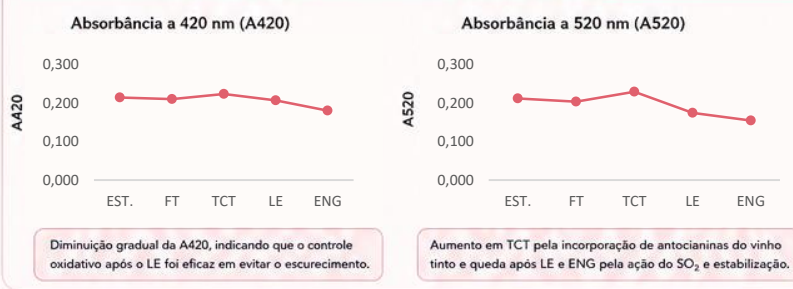


Figura 40: Evolução das absorvâncias nas etapas finais do processo de elaboração
(EST = último dia a -2°C; FT = após a filtração tangencial; TCT = teste de correção de tinto; LE = após licor de expedição; ENG = durante o engarrafamento)



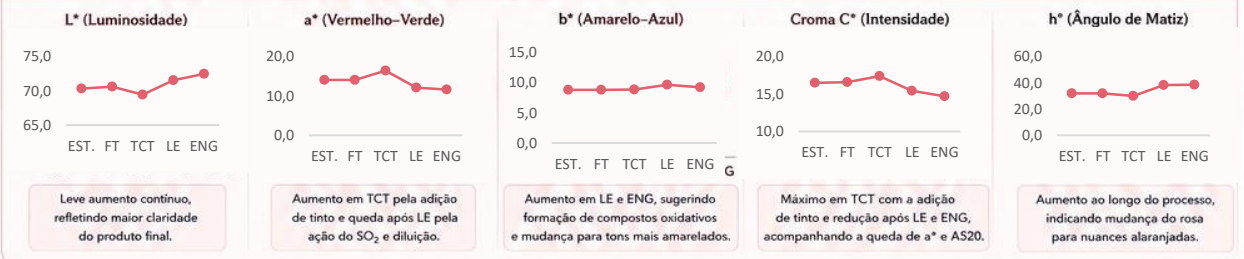
Principais interpretações

- A adição de vinho tinto (TCT) aumenta a intensidade da cor (↑ A520 e a*).
- A adição do licor de expedição (LE), com alto teor de SO₂, promove redução da cor por diluição e formação de adutos sulfitados incolores.
- O monitoramento das absorvâncias permite avaliar a estabilidade e o risco de escurecimento do espumante.

Diminuição gradual da A420, indicando que o controle oxidativo após o LE foi eficaz em evitar o escurecimento.

Aumento em TCT pela incorporação de antocianinas do vinho tinto e queda após LE e ENG pela ação do SO₂ e estabilização.

Evolução das coordenadas CIELAB nas etapas finais do processo de elaboração
(EST = último dia a -2°C; FT = após a filtração tangencial; TCT = teste de correção de tinto; LE = após licor de expedição; ENG = durante o engarrafamento)



Leve aumento contínuo, refletindo maior claridade do produto final.

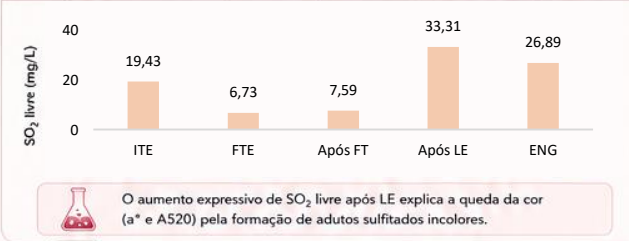
Aumento em TCT pela adição de tinto e queda após LE pela ação do SO₂ e diluição.

Aumento em LE e ENG, sugerindo formação de compostos oxidativos e mudança para tons mais amarelados.

Máximo em TCT com a adição de tinto e redução após LE e ENG, acompanhando a queda de a* e A520.

Aumento ao longo do processo, indicando mudança da rosa para nuances alaranjadas.

Acompanhamento do SO₂ Livre nas etapas do processo
(EST = início da tomada de espuma; FTE = fim da tomada de espuma; FT = após a filtração tangencial; LE = após licor de expedição; ENG = engarrafamento)



O aumento expressivo de SO₂ livre após LE explica a queda da cor (a* e A520) pela formação de adutos sulfitados incolores.

Síntese das implicações

- ✓ O controle do SO₂ é determinante para a estabilidade da cor, pois seu excesso pode levar à perda de intensidade e à mudança de tonalidade.
- ✓ A natureza dos pigmentos adicionados (ex.: antocianinas monoméricas) influencia diretamente a estabilidade cromática.
- ✓ O aumento de h° e b* nas etapas finais indica risco de migração para tons alaranjados, o que pode comprometer a tipicidade visual do produto.
- ✓ Estratégias como escolha de pigmentos mais estáveis, moderação no uso de SO₂, controle oxidativo e uso de coadjuvantes (taninos, estabilizantes de cor) podem auxiliar na manutenção da tonalidade ideal.

Os resultados mostram que a evolução da cor em espumantes rosés é fortemente influenciada pela adição de vinho tinto, pelo SO₂ e pelas etapas físico-químicas do processo. O monitoramento contínuo das coordenadas CIELAB, absorvâncias e SO₂ livre, aliado ao conhecimento enológico, é essencial para garantir a estabilidade cromática e a qualidade estética do espumante rosé.

CAPÍTULO 2

ARMAZENAMENTO

Observa-se que os parâmetros A_{420} e b^* , relacionados à componente amarela da cor, exibiram leve tendência de aumento nas amostras mantidas em estufa a 30 °C, enquanto aquelas armazenadas em temperatura ambiente permaneceram praticamente estáveis. Esse comportamento evidencia que a temperatura de armazenamento exerce influência direta sobre as reações oxidativas, acelerando a formação de pigmentos amarelados e compostos poliméricos resultantes da oxidação de fenóis e antocianinas (CHENG et al., 2023; JACKSON, 2020).

O aumento de A_{420} é amplamente reconhecido como um indicador de oxidação em vinhos brancos e rosés, refletindo a conversão gradual de compostos fenólicos incolores em quinonas e pigmentos de tonalidade marrom-amarelada (KALLITHRAKA et al., 2005). De forma coerente, o incremento do b^* reforça esse deslocamento da tonalidade, indicando uma migração da cor para a região amarela do espaço CIELAB. Essa tendência é atribuída à formação de pigmentos secundários, como flaviliium-cátions oxidados, polímeros antocianina-tanino e produtos de Maillard não enzimáticos, especialmente sob condições de temperatura elevada (ZHANG et al., 2024; HENSEN et al., 2024).

Durante o armazenamento, a oxidação dos fenóis não apenas escurece a cor, mas também altera o equilíbrio entre os pigmentos vermelhos e amarelos, reduzindo gradualmente a vivacidade inicial do rosé. Essa evolução cromática é típica de vinhos submetidos a condições de microoxigenação ou temperaturas acima de 25 °C, nas quais há intensificação da reação entre antocianinas e acetaldeído, resultando na formação de pigmentos mais

103



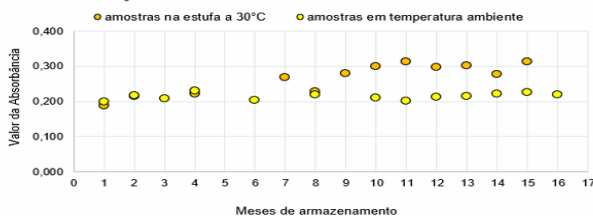
Influência da temperatura na evolução da cor

Temperaturas mais elevadas favorecem as reações de oxidação, promovendo aumento da componente amarela (A_{420} e b^*) e formação de pigmentos secundários. Em temperatura ambiente, as alterações cromáticas são menos pronunciadas, preservando melhor a tonalidade rosada característica do espumante.

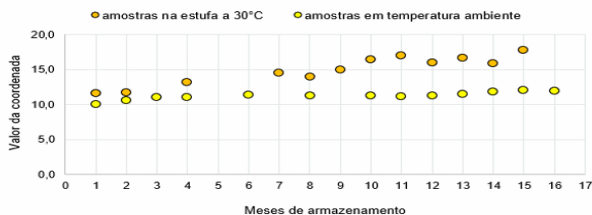
estáveis e menos dependentes do pH (ZHAO et al., 2023; PUÉRTOLAS et al., 2010).

Por outro lado, os parâmetros A_{520} e a^* , associados à intensidade da cor vermelha, mantiveram-se praticamente constantes ao longo do armazenamento, tanto nas amostras em temperatura ambiente quanto na estufa. Essa estabilidade pode ser atribuída à baixa concentração inicial de antocianinas livres no espumante rosé — consequência da elaboração por assemblage — e à formação de pigmentos poliméricos resistentes à degradação oxidativa, como as piranoantocianinas e antocianina-tanino adutos.

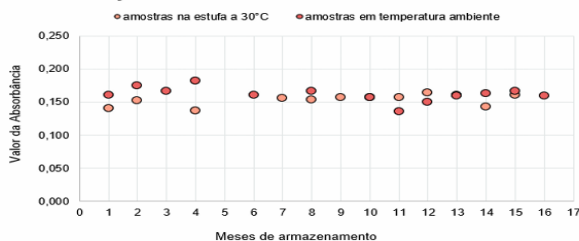
Evolução da cor amarela – A_{420} durante o armazenamento



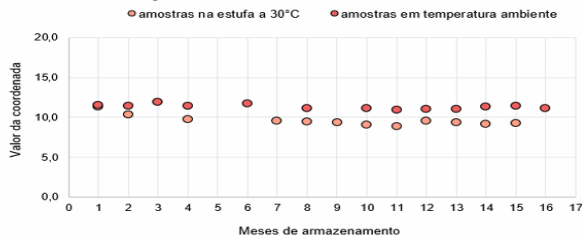
Evolução da cor amarela – b^* durante o armazenamento



Evolução da cor vermelha – A_{520} durante o armazenamento



Evolução da cor vermelha – a^* durante o armazenamento



Síntese dos resultados

O armazenamento a 30 °C acelera os processos oxidativos, promovendo aumento de A_{420} e b^* , e consequentemente da tonalidade amarela. Já A_{520} e a^* permanecem estáveis, indicando manutenção da intensidade da cor vermelha. O controle da temperatura é, portanto, essencial para preservar a cor e a qualidade visual do espumante rosé.

CAPÍTULO 2

ARMAZENAMENTO



Os resultados indicam que a luminosidade (L^*) manteve-se estável ao longo dos 16 meses de armazenamento, com pequenas variações em torno de 73. Esse comportamento sugere ausência de escurecimento perceptível, mesmo nas amostras submetidas à temperatura elevada. A estabilidade de L^* durante o armazenamento é um indicativo de proteção da fração fenólica e de baixa degradação oxidativa das antocianinas (MESQUITA et al., 2024). De acordo com Jackson (2020), valores constantes de luminosidade em vinhos espumantes estão relacionados à formação de pigmentos poliméricos estáveis e à interação entre antocianinas, taninos e produtos de autólise de leveduras, os quais atuam como agentes protetores frente à oxidação.

No caso do croma (C^*), observou-se estabilidade ao longo do armazenamento, com valores médios entre 15 e 19. Essa constância revela manutenção da saturação e pureza da cor, mesmo após mais de um ano de estocagem. O comportamento indica um equilíbrio entre as reações de oxidação e polimerização, em que a perda de antocianinas monoméricas é compensada pela formação gradual de pigmentos mais complexos e estáveis (HENSEN et al., 2024; CHENG et al., 2023). Essa estabilidade é desejável em espumantes rosés, pois garante a persistência do tom rosado característico e evita o aspecto alaranjado ou acastanhado típico de vinhos envelhecidos sob condições inadequadas de armazenamento.

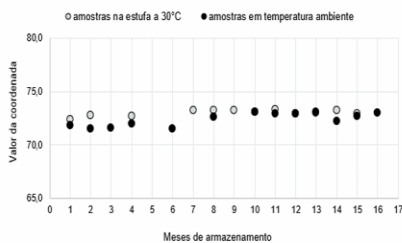
O ângulo de matiz (h°) apresentou aumento progressivo nas amostras armazenadas a 30°C , sugerindo uma mudança gradual do tom rosado para tonalidades mais alaranjadas. Esse deslocamento é coerente com o comportamento esperado para vinhos expostos a temperaturas mais altas, nas quais ocorrem reações oxidativas que convertem antocianinas em pigmentos de matiz mais amarelado (ZHAO et al., 2023; ZHANG et al., 2024). O incremento de h° é, portanto, um indicador sensível de oxidação cromática e de início de envelhecimento visual, confirmando que a temperatura de armazenamento é um fator determinante na evolução da cor dos espumantes.



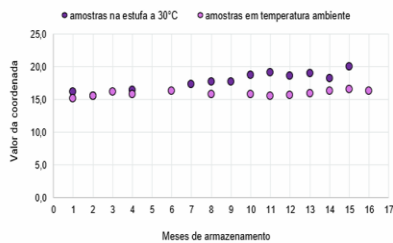
Influência da temperatura na evolução da cor

Temperaturas mais elevadas favorecem as reações de oxidação, promovendo a redução da componente amarela (A_{420} e b^*) e a formação de pigmentos secundários. Em temperaturas amenas, as alterações cromáticas são menos pronunciadas, preservando melhor a tonalidade rosada característica do espumante.

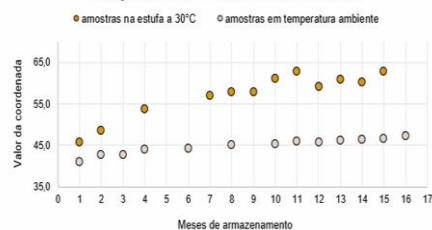
Evolução da Luminosidade – L^* durante o armazenamento



Evolução de croma – c^* durante o armazenamento



Evolução de matiz – h° durante o armazenamento



A absorvância a 620 nm (A_{620}) manteve-se em níveis baixos e estáveis, o que reforça a ausência de escurecimento excessivo ou desenvolvimento de pigmentos azulados. Isso demonstra que, mesmo após 16 meses, o espumante manteve uma coloração visualmente equilibrada, sem tendência ao tom violáceo ou marrom. Esse resultado está em concordância com observações anteriores para vinhos rosés armazenados, nos quais a fração azul da cor tende a permanecer pouco expressiva devido à baixa concentração de antocianinas altamente conjugadas (JACKSON, 2020; MESQUITA et al., 2024).

De forma geral, os resultados indicam que o espumante Brut Rosé apresentou elevada estabilidade cromática durante o armazenamento, com luminosidade e saturação praticamente inalteradas, e mudanças perceptíveis apenas no matiz, especialmente em temperaturas mais altas. Essa tendência confirma que, embora o tempo de estocagem promova transformações graduais nos pigmentos, a intensidade global da cor é preservada — característica atribuída à presença de pigmentos copigmentados e à baixa concentração de antocianinas livres.

Além disso, a estabilidade observada pode estar associada ao ambiente de armazenamento controlado e à proteção antioxidante conferida pelo dióxido de enxofre (SO_2) residual, que limita a oxidação de compostos fenólicos. Segundo Hensen et al. (2024), a presença de pequenas quantidades de SO_2 e a manutenção de pH moderado são fundamentais para reduzir a degradação cromática em vinhos armazenados por longos períodos. Assim, os resultados obtidos demonstram que, mesmo em condições de envelhecimento acelerado, o espumante manteve perfil cromático coerente com produtos jovens e de boa estabilidade visual, característica essencial para a percepção de qualidade em vinhos rosés premium.



Síntese dos resultados

- ✓ O espumante Brut Rosé demonstrou excelente estabilidade cromática durante 16 meses de armazenamento.
- ✓ A luminosidade (L^*) e o croma (C^*) permaneceram estáveis, enquanto o ângulo de matiz (h°) aumentou levemente nas amostras a 30°C , indicando mudança para tonalidades mais alaranjadas.
- ✓ A baixa absorvância a 620 nm (A_{620}) confirma ausência de escurecimento excessivo e manutenção da coloração rosada característica.

Recomendações e Perspectivas Futuras

Diretrizes para aprimorar o controle de qualidade e inovar na produção de espumantes rosés.

RECOMENDAÇÕES PARA CONTROLE DE QUALIDADE



Metodologia Integrada

Integrar e padronizar a metodologia de análise de cor na rotina de controle de qualidade da produção de espumantes rosés.



Monitoramento Contínuo

Monitorar L^* , a^* , b^* , C^* , h° e absorbâncias em 420, 520, 620nm como parâmetros-chave ao longo do processo.



Faixas de Aceitação

Estabelecer faixas de aceitação específicas para cada parâmetro, baseadas em dados de referência e objetivos de produto.



Padronização

Garantir a padronização dos procedimentos analíticos para assegurar a consistência e a reprodutibilidade dos resultados.

PERSPECTIVAS PARA ESTUDOS FUTUROS



Causas de Levedura

Avaliar o impacto de diferentes cepas de levedura e suas interações com o mosto na evolução cromática do espumante rosé.



Assemblagens de Uvas

Analisar o efeito de diferentes assemblagens (combinações) de uvas tintas e brancas na estabilidade e tonalidade da cor final.



Correlação Sensorial

Desenvolver estudos para correlacionar os dados instrumentais de cor com a percepção sensorial dos consumidores.



Estabilidade Pós-engarrafamento

Investigar a estabilidade cromática dos espumantes rosés durante o armazenamento prolongado pós-engarrafamento.



A adoção de uma abordagem integrada e o contínuo aprofundamento científico contribuirão significativamente para a excelência na produção e a diferenciação dos espumantes rosés no mercado global.



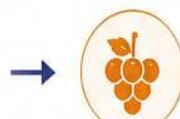
Metodologia integrada



Monitoramento e controle



Padronização e faixas



Estudos e inovação



Qualidade e excelência



Diferenciação no mercado global

Encerramento

MANUAL TÉCNICO

Este manual técnico reúne as principais informações, metodologias e resultados obtidos sobre a estabilidade cromática do espumante **Brut Rosé** durante o armazenamento.



Compreensão da influência da temperatura e do tempo sobre a cor.



Valorização dos compostos fenólicos e das antocianinas na preservação de atributos visuais.



Geração de conhecimento para a otimização do armazenamento de espumantes rosés.



Contribuição para a qualidade, estabilidade e valorização de vinhos rosés premium.

Obrigado por fazer parte desta jornada de conhecimento!

O conhecimento é o que transforma experiências em **excelência**.