



Hinc patriam sustinet

Instituto Superior de Agronomia
Universidade Técnica de Lisboa

SUMOS DE FRUTA NATURAIS

Características físico-químicas e sensoriais

Rita Alvarenga Vieira Dias

Dissertação para obtenção do grau de mestre em
Engenharia Alimentar

Orientadora: Doutora Margarida Gomes Moldão Martins

Co-orientadora: Doutora Sara Oliveira

Júri:

Presidente: Doutora Margarida Gomes Moldão Martins, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: Doutora Marta Maria Moniz Nogueira de Abreu, Investigadora Auxiliar do Instituto Nacional dos Recursos Biológicos, I.P.

Doutor Vítor Manuel Delgado Alves, Investigador Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Lisboa, 2011

AGRADECIMENTOS

Quero expressar o meu sincero agradecimento a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a concretização desta tese. Pelo apoio particularmente relevante justifica-se uma referência especial:

À minha co-orientadora, Professora Doutora Margarida Moldão Martins por ter aceite orientar este trabalho. Pelo auxílio, disponibilidade e pelas suas preciosas críticas e sugestões.

À minha orientadora, Doutora Sara Oliveira, pela disponibilidade e boa disposição demonstradas e conhecimentos transmitidos no decorrer do trabalho.

Ao meu tio Bartolomeu, pela ajuda e esclarecimento de algumas dúvidas, nomeadamente no tratamento estatístico dos dados.

A todo o pessoal do laboratório da qualidade da Nutrigreen pelos momentos de boa disposição e conhecimentos transmitidos.

À minha família e amigos, por todo o apoio e encorajamento.

E finalmente, ao Zé, por todo o incentivo, companheirismo, compreensão e paciência demonstrados.

RESUMO

Considerando a tendência e potencial de crescimento apresentados pelos sumos de fruta naturais, o presente trabalho incide sobre o estudo de quatro destes produtos. Atendendo a que a qualidade microbiológica destes sumos é garantida o trabalho centrou-se no estudo das características físico-químicas e sensoriais dos sumos. Pretendeu-se avaliar o impacto do choque térmico e do tempo de armazenamento em refrigeração na qualidade dos sumos.

Para a realização deste estudo foram analisados quatro sumos C-Optima (Mild Orange, Tropical Orange, Strawberry Banana e Red Berries). As amostras foram analisadas antes da pasteurização, depois da pasteurização e passados 7, 14, 21, 28 e 35 dias de armazenamento em refrigeração para os parâmetros: pH, acidez, teor de sólidos solúveis, cor CIELab e viscosidade.

A análise dos resultados permite concluir que a alteração mais significativa no que respeita às características físico-químicas dos sumos analisados é devida ao choque térmico. O tratamento de pasteurização, apesar de pouco drástico, implica alterações significativas dos parâmetros da cor CIELab.

De um modo geral, em relação ao parâmetro cor, as amostras de Mild Orange e Tropical Orange encontram-se estáveis enquanto as amostras de Strawberry Banana e Red Berries apresentaram alteração de cor.

As alterações físico-químicas ocorridas ao longo do armazenamento no geral não foram percebidas sensorialmente, o que reforça a ideia de que o prazo de validade proposto pela indústria está concebido com grande margem.

Palavras-chave: Sumos de fruta, tratamento térmico, armazenamento, qualidade

ABSTRACT

Considering the market's potential growth of the natural fruit juices, this paper focuses on the study of four of these products. Since the microbiological quality of these juices is guaranteed, this work concentrates on the study of the physical, chemical and sensory characteristics of the juices. It was intended to assess the impact of the thermal shock and the cooling time of storage on the quality of the juice.

For this study we analyzed four C-Optima juices (Mild Orange, Tropical Orange, Strawberry Banana and Red Berries). The samples were analyzed before and after the pasteurization and after 7, 14, 21, 28 and 35 days of refrigerated storage for the following parameters: pH, acidity, soluble solids, CIELab color and viscosity.

The analysis of the results shows that the most significant change concerning physical and chemical characteristics of the analyzed juices is due to thermal shock. The pasteurization treatment causes some changes in the CIELab color parameters. There are no significant change color in general samples of Mild Tropical Orange and Orange; however the samples of Red Berries Strawberry Banana become discolored.

In general, the physical and chemical changes occurring during storage are not perceived sensorily, which reinforces the idea that the shelf life proposed by the industry is designed with a large margin of time.

Keywords: Fruit juices, heat treatment, storage, quality

EXTENDED ABSTRACT

Fruit juices are a complex product consisting of a "mixture" of various aqueous organic volatile and unstable compounds, responsible for their flavor and aroma, and sugars, acids, minerals, vitamins and pigments. Fruit juices may be clear or cloudy, and are extracted from fruits, through appropriate technological processes that include a treatment that ensures their presentation and marketing until the time of consumption.

The fruit juices industry is constantly growing mainly due to the consumers' tendency to health consciousness and their increasing interest in the role of food habits to maintain and improve human well-being.

Fruit juices are increasingly promoted and consumed worldwide and consumers seek for high quality foods that are nutritious, tasty, with minimal or no chemical preservatives, and above all safe.

The parameters that influence the quality of the juices can be sensory, physical, chemical or microbiological. Furthermore the packaging and storage conditions have a great importance on the quality of juice.

The degradation of the juice is due to microbiological, enzymatic, physical and chemical factors, which affect its organoleptic characteristics (aroma, taste, color and texture) and nutritional (vitamins). The type of packaging is also important to prevent deterioration of the juice. Together, these factors and changes during processing, storage and distribution will influence the shelf life of the product.

In many juice products, stabilization processes are used to prevent microorganisms' growth as well as reduce the activity of naturally-occurring enzymes. The most widely used in industry are the juices of the heat treatment (pasteurization) and high hydrostatic pressure (APH). The stabilization processes also play an important role in the storage under refrigeration of already packed juices.

Considering the market's potential growth of the natural fruit juices, this paper focuses on the study of four of these products. Since the microbiological quality of these juices is guaranteed, this work concentrates on the study of the physical, chemical and sensory characteristics of the juices. It was intended to assess the impact of the thermal shock and the cooling time of storage on the quality of juice.

For this study we analyzed four C-Optima juices (Mild Orange, Tropical Orange, Strawberry Banana and Red Berries). The samples were analyzed before and after the pasteurization and after 7, 14, 21, 28 and 35 days of refrigerated storage for the following parameters: pH, acidity, soluble solids, CIELab color and viscosity.

The analysis of the results shows that the most significant change concerning physical and chemical characteristics of the analyzed juices is due to thermal shock. The pasteurization treatment causes some changes in the CIELab color parameters. There are no significant change color in general samples of Mild Tropical Orange and Orange; however the samples of Red Berries Strawberry Banana become discolored.

In general, the physical and chemical changes occurring during storage are not perceived sensorily, which reinforces the idea that the shelf life proposed by the industry is designed with a large margin of time.

Keywords: Fruit juices, heat treatment, storage, quality

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE TABELAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS.....	1
CAPÍTULO 1 – ENQUADRAMENTO TEÓRICO	3
1.2 – Atributos da qualidade dos sumos	5
1.2.1 – Sensoriais	5
1.2.2 – Físico-químicos	6
1.2.3 – Microbiológicos.....	6
1.3 – Factores relevantes na qualidade dos sumos durante o fabrico	7
1.4 – Principais causas de degradação da qualidade dos sumos	7
1.4.1 – Degradação enzimática	8
1.4.2 – Degradação microbiológica	10
1.4.3 – Degradação da vitamina C	11
1.5 – Processos de estabilização.....	12
1.5.1 – Tratamento térmico	12
1.5.2 – Altas pressões hidroestáticas	13
CAPÍTULO 2 – DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL.....	14
2 – Materiais e Métodos	14
2.1 – Materiais.....	14
2.2 – Metodologias.....	16
2.2.1 – Análises físico-químicas	16
2.2.2– Avaliação sensorial	17
2.2.3 – Tratamento estatístico	17
CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
3.1 – C-Óptima Mild Orange (MO)	20
3.1.1 – Características físico-químicas	20
3.1.2 – Análise Multivariada dos resultados da caracterização físico-química e sensorial	22
3.2 – C-Óptima Tropical Orange (TO)	24
3.2.1 – Evolução das características físico-químicas e sensoriais	24
3.2.2 – Análise Multivariada dos resultados da caracterização físico-química e sensorial	26
3.3 – C-Óptima Strawberry Banana (SB)	29
3.3.1 – Evolução das características físico-químicas e sensoriais	29
3.3.2 – Análise Multivariada dos resultados da caracterização físico-química e sensorial	31
3.4 – C-Óptima Red Berries (RB).....	34
3.4.1 – Evolução das características físico-químicas e sensoriais	34

3.4.2 – Análise Multivariada dos resultados da caracterização físico-química e sensorial	36
CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXO	45

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Plano de amostragem do estudo	15
Tabela 2 – Valores próprios e extracção dos componentes principais.	22
Tabela 3 - Coeficientes de correlação entre os atributos (variáveis iniciais) e os dois primeiros componentes principais.	23
Tabela 4 – Valores próprios e extracção dos componentes principais.	26
Tabela 5 – Coeficientes de correlação entre os atributos (variáveis iniciais) e os dois primeiros componentes principais.	27
Tabela 6 – Valores próprios e extracção dos componentes principais.	31
Tabela 7 - Coeficientes de correlação entre os atributos (variáveis iniciais) e os dois primeiros componentes principais	32
Tabela 8 – Valores próprios e extracção dos componentes principais.	36
Tabela 9 – Coeficientes de correlação entre os atributos (variáveis iniciais) e os dois primeiros componentes principais.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução do consumo de sumos de fruta em Portugal (Fonte: PROBEB, 2011).	4
Figura 2 – Evolução do consumo de sumos de fruta na Europa Ocidental (Fonte: PROBEB, 2011).....	5
Figura 3 – Evolução da cor ao longo do tempo de armazenamento	20
Figura 4 - Projecção dos atributos no plano (nota: a preto encontram-se as variáveis activas e a cinzento as suplementares).....	23
Figura 5 – Projecção das amostras no plano principal	24
Figura 6 – Evolução das características da cor ao longo do tempo de armazenamento.	25
Figura 7 – Projecção dos atributos no plano (nota: a preto encontram-se as variáveis activas e a cinzento as suplementares).....	28
Figura 8 – Projecção das amostras no plano principal.....	28
Figura 9 – Evolução da cor ao longo do tempo de armazenamento.	29
Figura 10 – Projecção dos atributos no plano. A preto encontram-se as variáveis activas e a cinzento as suplementares.	33
Figura 11 – Projecção das amostras no plano principal	33
Figura 12 – Evolução da cor durante o tempo de armazenamento.	34
Figura 13 – Projecção dos atributos no plano (nota: a preto encontram-se as variáveis activas e a cinzento as suplementares).....	37
Figura 14 – Projecção das amostras no plano principal	38

INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

Actualmente, há uma maior consciência da população sobre a importância do consumo de alimentos saudáveis na prevenção de doenças e na melhoria da qualidade de vida. Isto tem resultado num aumento mundial do consumo de frutas, hortícolas e seus derivados (Tiwari *et al.*, 2011; Müller *et al.*, 2010; Guerra, 2010; Cortés *et al.*, 2008; Allende *et al.*, 2006).

De entre os derivados de frutas, os seus sumos apresentam elevados índices de consumo. Os consumidores dão preferência a alimentos de elevada qualidade com características que se assemelhem o mais possível aos frutos em fresco, com o mínimo ou ausência de conservantes e que sejam seguros (Cortés *et al.*, 2008; Allende *et al.*, 2006; Salcini e Massantini, 2005).

O período de vida útil é um termo que pode ser definido como o período de tempo decorrido entre a produção e o consumo de um produto alimentar, no qual a aceitabilidade do produto pelo consumidor é mantida e verifica-se no produto um nível satisfatório de qualidade. Esta qualidade pode ser avaliada por atributos sensoriais (sabor, cor, aroma, textura e aparência), pela carga microbiana, pela absorção de componentes da embalagem ou pelo valor nutricional (Silva, 2007).

Há uma forte tendência para o consumo de sumos refrigerados obtidos directamente a partir dos frutos por processos físicos, espremidos na hora ou com uma pasteurização muito suave, com um período de vida útil que ronda os 20-30 dias (Esteve *et al.*, 2005; Caro *et al.*, 2004).

Actualmente, os sumos naturais refrigerados sujeitos a uma pasteurização suave satisfazem em parte os requisitos de alta qualidade exigidos pelos consumidores. O período de vida útil destes sumos situa-se entre os 28 e os 45 dias em refrigeração e a sua qualidade aproxima-se da dos sumos de fruta fresca (Esteve *et al.*, 2005).

As características destes sumos dependem basicamente da matéria-prima utilizada e das condições do processo, transporte e armazenamento do produto. Atendendo a que estes sumos são obtidos a partir de fruta fresca, é inevitável alguma variabilidade ao longo da temporada, dependendo das variedades utilizadas e do respectivo estado de maturação (Esteve *et al.*, 2005).

Considerando a tendência e potencial de crescimento apresentados pelos sumos de fruta naturais, o presente trabalho incide sobre o estudo de quatro tipos de sumo. Atendendo a que a qualidade microbiológica destes sumos é garantida o trabalho centrou-se no estudo das características físico-químicas e sensoriais dos sumos.

Pretendeu-se avaliar o impacto do choque térmico e do tempo de armazenamento em refrigeração na qualidade dos sumos.

O trabalho prático foi desenvolvido no laboratório da qualidade da Nutrigreen e as amostras utilizadas foram produzidas na mesma empresa.

CAPÍTULO 1 – ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Os sumos de fruta constituem um produto complexo, formado por uma "mistura" aquosa de vários componentes orgânicos voláteis e instáveis, responsáveis pelo seu sabor e aroma, além de açúcares, ácidos, sais minerais, vitaminas e pigmentos. Os sumos de fruta podem ser límpidos ou turvos, e são extraídos dos frutos, através de processos tecnológicos adequados que incluem vários tratamentos que asseguram a sua apresentação e comercialização até o momento do consumo (Corrêa Neto e Faria, 1999).

1.1 - Aspectos de mercado

O mercado de sumos de fruta na Europa pode ser dividido em duas partes. A Europa Ocidental baseia-se na inovação e preços Premium para recuperar vendas estagnadas e, apesar dos sinais de maturidade nalguns mercados e do abrandamento das taxas de crescimento nalgumas áreas, os produtores de sumos de fruta continuam a inovar. O desenvolvimento de novos produtos tem sido notável em nichos de mercado como as chamadas bebidas funcionais à base de sumo contendo vitaminas, minerais e outros ingredientes. Estas sub-categorias do mercado europeu de sumos de fruta e néctares permanecem pequenas (Bettencourt, 2009).

Na Europa de Leste os consumidores estão a comprar cada vez mais sumos e néctares com uma elevada componente de frutas. O aumento dos rendimentos disponíveis e as estações quentes contribuíram para este crescimento. Simultaneamente, os consumidores estão a tornar-se mais exigentes e a sua maior preocupação com a saúde promove a procura deste tipo de produtos (Bettencourt, 2009).

A categoria de bebidas não alcoólicas tem um peso significativo no total do mercado de bebidas comerciais (5.334,8 milhões de litros), com uma representatividade de 37% (PROBEB, 2011).

Em Portugal, no panorama geral do mercado de bebidas não alcoólicas tem havido uma evolução positiva nos últimos dois anos, com um aumento de 1% em 2009 e de 2% em 2010. Desta forma quebrou-se a tendência de estagnação verificada nos anos anteriores (PROBEB, 2011).

Na Figura 1 pode observar-se que o consumo de sumos de fruta em Portugal tem vindo a aumentar até ao ano 2009, tendo diminuído ligeiramente em 2010.

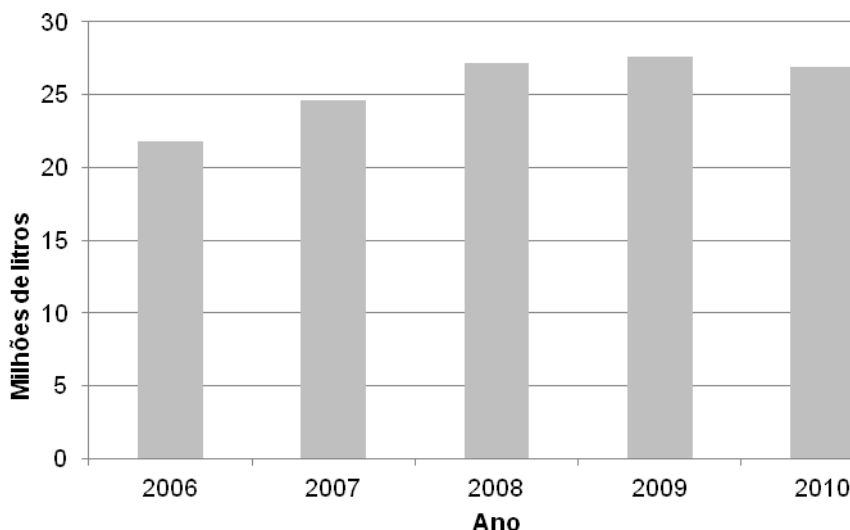


Figura 1 – Evolução do consumo de sumos de fruta em Portugal (Fonte: PROBEB, 2011).

A evolução do consumo das bebidas não alcoólicas na Europa Ocidental é relativamente estável, com um ligeiro aumento de 0,5% em 2009, que representa um consumo de 100.973 milhões de litros, valor que praticamente se manteve em 2010 (PROBEB, 2011).

No caso da Europa Ocidental, as diferentes tipologias de bebidas não apresentam destaque pela evolução positiva nos últimos anos. Exceção para as bebidas gaseificadas (aumento de 2%) e bebidas energéticas (11%), que registaram um aumentos acima da média (PROBEB, 2011).

Como se pode ver na Figura 2 o consumo de sumos de fruta na Europa Ocidental não tem tido grandes oscilações nos últimos anos.

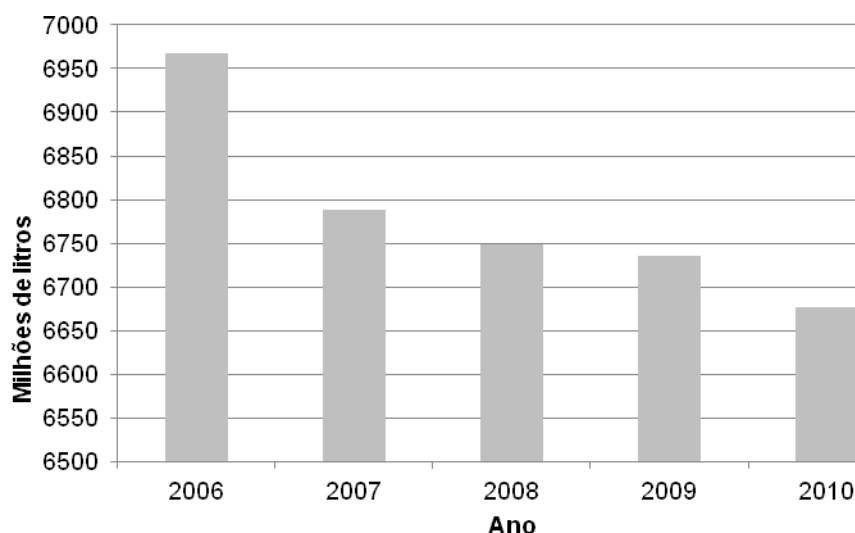


Figura 2 – Evolução do consumo de sumos de fruta na Europa Ocidental (Fonte: PROBEB, 2011).

1.2 – Atributos da qualidade dos sumos

Os parâmetros que caracterizam a qualidade dos sumos podem ser sensoriais, físico-químicos ou microbiológicos. Também a embalagem e as condições de armazenamento têm uma grande influência na qualidade dos sumos.

1.2.1 – Sensoriais

Quando um consumidor vai comprar um produto o primeiro impacto na qualidade é a aparência visual (Luíz *et al.*, 2007).

A cor dos alimentos afecta a nossa percepção de qualidade assim, a cor dos sumos é um atributo importante na preferência dos consumidores e tem sido utilizada como parâmetro da qualidade nas indústrias alimentares (Cortés *et al.*, 2008).

Alguns estudos revelam que os consumidores relacionam a cor das bebidas em geral com a percepção do sabor, doçura e outras características em relação à qualidade desses produtos, e é também indicador da transformação natural do alimento fresco (maturação) ou alterações que ocorrem durante o seu processamento ou armazenamento (Cortés *et al.*, 2008; Polydera *et al.*, 2003; Esteve *et al.*, 2005).

Em relação às restantes características sensoriais como o gosto, a textura e o aroma, os consumidores procuram sumos de elevada qualidade e que se assemelhem o mais possível aos frutos em fresco (Cortés *et al.*, 2008).

1.2.2 – Físico-químicos

A composição nutricional dos sumos depende fundamentalmente das frutas ou hortícolas que lhes deram origem e da eventual adição de açúcar ou outros produtos (Müller *et al.*, 2010).

Um sumo 100% fruta sem adição de açúcar tem um valor energético reduzido, que advém quase exclusivamente dos hidratos de carbono originários da fruta, nomeadamente frutose. É principalmente constituído por água e uma quantidade vestigial de proteínas e lípidos. Regra geral, destacam-se as vitaminas hidrossolúveis (vitamina C e vitamina B), lipossolúveis (provitamina A), fitosteróis, compostos fenólicos e, em alguns casos, os carotenos e o ácido fólico. Quanto aos minerais, destaca-se principalmente o potássio. Alguns destes constituintes conferem aos sumos poder antioxidante (Müller *et al.*, 2010; Gardner *et al.*, 2000).

Os compostos fenólicos estão amplamente distribuídos no reino vegetal, encontrando-se principalmente em frutas, hortícolas, sementes e plantas aromáticas e medicinais. Estes compostos estão intimamente associados com a qualidade sensorial e nutricional dos alimentos, contribuindo directa ou indirectamente para o aroma e sabor desejáveis ou indesejáveis. Em concentrações baixas, os compostos fenólicos podem proteger os alimentos da deterioração oxidativa, porém, em alta concentração podem participar na alteração da cor de alimentos, e interagir com alguns nutrientes dos mesmos, diminuindo a respectiva biodisponibilidade (Duda-Chodak *et al.*, 2010; Fernandes, 2009).

A acerola (*Malpighia emarginata*) tem uma polpa muito succulenta e refrescante com um sabor frutado doce. É conhecida principalmente pelo seu alto teor de vitamina C, variando entre 3 e 46 g por kg de polpa, mas também é rica em caroteno, tiamina, riboflavina, niacina, proteínas e sais minerais. A sua principal utilização é a produção de sumos, concentrados e recuperação de vitamina C (Mezadri *et al.*, 2008; Assis *et al.*, 2001).

1.2.3 – Microbiológicos

Os sumos normalmente apresentam pH inferior a 4. Assim, não são facilmente alterados por microorganismos. Para além disso, pHs inferiores a 4 dificultam o desenvolvimento de patogénicos. Apenas os microorganismos tolerantes a meios ácidos, como os bolores, leveduras e bactérias lácticas, conseguem desenvolver-se nos sumos de fruta (Corrêa Neto e Faria, 1999).

Para além disso, os sumos sofrem uma pasteurização antes de serem embalados e refrigerados, o que permite eliminar a maior parte dos microorganismos (Corrêa Neto e Faria, 1999).

1.3 – Factores relevantes na qualidade dos sumos durante o fabrico

A embalagem influencia a qualidade dos sumos, promovendo um ambiente adequado ao seu armazenamento e manuseio, de maneira a beneficiar o período de vida útil do produto. Para isso, é necessário que não só o produto atenda aos padrões da legislação vigente, como também, que a embalagem utilizada seja capaz de preservar a sua qualidade. Assim, a embalagem para os sumos de fruta devem ser livres de microorganismos de deterioração e patogénicos que se possam desenvolver nas condições de armazenagem e comercialização e não devem apresentar problemas de migração nos dois sentidos, do exterior para o interior da embalagem e do material de embalagem para o produto, nem permitir a permeação de odores estranhos que possam alterar as características organolépticas dos sumos. Como para qualquer outro produto, deve apresentar formato e resistência mecânica adequados para resistir às solicitações do sistema de distribuição (manuseio, movimentação, transporte e armazenamento), a fim de se apresentar íntegra ao consumidor final. A embalagem também deve apresentar-se bem fechada, evitando, assim, uma recontaminação microbiológica e problemas de vazamento durante a distribuição e comercialização do produto. Deve proteger o sumo da exposição ao oxigénio, apresentando baixa permeabilidade ao gás através do material de embalagem e do sistema de fecho deverá ser opaca `luz para prevenir as oxidações e consequentes alterações de cor (Corrêa Neto e Faria, 1999).

A temperatura de armazenamento é considerada o factor mais importante na estabilidade e qualidade dos sumos cítricos. A temperatura é o factor predominante na degradação do ácido ascórbico por via anaeróbia (Corrêa Neto e Faria, 1999).

Uma baixa temperatura durante o processamento e o armazenamento faz diminuir consideravelmente a actividade bioquímica e a proliferação microbiana. Para manter uma boa qualidade o produto dever ser processado e armazenado a temperaturas que não ultrapassem os 5 °C (Caro *et al.*, 2004).

1.4 – Principais causas de degradação da qualidade dos sumos

A degradação dos sumos é devida a factores microbiológicos, enzimáticos e físico-químicos, que comprometem as suas características organolépticas (aroma, gosto, cor, textura) e nutricionais (vitaminas). Também o tipo de embalagem é importante

para evitar a degradação dos sumos. Em conjunto, esses factores e as alterações durante o processamento, distribuição e armazenamento irão influenciar o período de vida útil do produto (Corrêa Neto e Faria, 1999).

1.4.1 – Degradação enzimática

As reacções catalisadas enzimaticamente nos alimentos são muito importantes, delas depende não só a formação de compostos altamente desejáveis, mas podem também, ter consequências indesejáveis. As reacções enzimáticas ocorrem não só no alimento em natureza, mas sobretudo durante o seu processamento e armazenamento (Luíz *et al.*, 2007). Muitas células sofrem rompimento celular durante as operações de descasque e corte e as substâncias intracelulares, incluindo as enzimas, ficam em contacto com os seus substratos (He e Lou, 2007; Salcini e Massantini, 2005).

Nos sumos, a pasteurização é utilizada não só para eliminar os microrganismos, bem como para reduzir a actividade de enzimas de ocorrência natural, que são responsáveis por reacções de escurecimento (oxiredutases) e modificações na textura (pectinases) dos sumos (Ndiaye *et al.*, 2009).

1.4.1.1 – Degradação da cor (oxiredutases)

O escurecimento enzimático é um dos factores mais limitantes do período de vida útil dos sumos de fruta. Este pode ser distinguido do escurecimento não enzimático, que resulta em consequência do aquecimento ou armazenamento devido a reacções de Maillard e oxidação do ácido ascórbico (Garcia e Barrett, 2002; Gauillard e Richard-Forget, 1997).

O escurecimento enzimático das frutas e dos seus produtos processados é devido na maior parte dos casos à oxidação natural dos compostos fenólicos a quinonas, que por sua vez são polimerizadas a pigmentos castanhos, vermelhos ou pretos. As enzimas que são responsáveis por esta oxidação são a polifenoloxidase (PPO) e a peroxidase (POD), por isso o controlo da actividade destas enzimas é de grande importância durante a transformação dessas matérias-primas (Freitas *et al.*, 2008; Brito *et al.*, 2007; He e Lou, 2007; Núñez-Delicado *et al.*, 2005; Larrigaudiere *et al.*, 1998).

O grau de escurecimento depende do teor de PPO das matérias-primas e dos compostos fenólicos, da presença de oxigénio, substâncias redutoras, iões metálicos, pH, temperatura, compostos fenólicos e da actividade das diferentes enzimas oxidativas (Paula, 2007; Gauillard e Richard-Forget, 1997).

O escurecimento dos alimentos durante o processamento e armazenagem provoca uma diminuição dos atributos de qualidade devido a mudanças na cor, gosto, aroma além de alterações nas propriedades nutricionais (Paula, 2007; He e Lou, 2007; Chutintrasri e Noomhorm, 2006; Barrett, 2002).

Os morangos são muito sensíveis à deterioração da cor, textura e sabor durante o armazenamento, transporte e processamento. Além disso, a polifenoloxidase (PPO) e a peroxidase (POD) causam a degradação das antocianinas e outros polifenóis nos produtos de morango, levando ao escurecimento e perda de actividade antioxidante. Vários estudos têm mostrado que a actividade da polifenoloxidase e peroxidase a um menor grau são responsáveis pela degradação das antocianinas e outros polifenóis (Terefe *et al.*, 2010; Gössinger *et al.*, 2009).

Perceber o mecanismo de escurecimento e o seu controlo da colheita ao consumo é importante para minimizar perdas e manter a rentabilidade económica das empresas processadoras de frutos e hortícolas (He e Lou, 2007).

1.4.1.2 – Degradação da textura (pectinases)

As substâncias pécticas são responsáveis pela consistência, turvação natural e aparência dos sumos de fruta, e a sua presença causa um aumento considerável na viscosidade do sumo (Uenojo e Pastore, 2007).

As substâncias pécticas podem ser degradadas por enzimas (pectinases), produzidas em diferentes combinações pelas plantas e por microrganismos como fungos, leveduras e bactérias (Uenojo e Pastore, 2007).

Os sumos de fruta possuem na sua composição enzimas, principalmente a pectinametilesterase (PME), que catalisa a hidrólise das ligações éster na molécula de pectina formando ácido péctico e metanol. A PME, actua sobre substâncias pécticas por exemplo em sumos de laranja, contribuindo para a formação de complexos insolúveis, pectatos que precipitam na presença de catiões bivalentes. Se o conteúdo original de pectina for relativamente baixo, os ácidos pectínicos ao precipitarem podem arrastar consigo outras matérias coloidais suspensas, responsáveis pela turvação natural do sumo. Se o conteúdo de pectina original for elevado, haverá a formação de um gel semi-rígido no sumo ou no concentrado (Uenojo e Pastore, 2007; Corrêa Neto e Faria, 1999).

A turvação natural que os sumos cítricos apresentam é uma propriedade importante para a sua aceitação por parte do consumidor. Essa turvação é uma mistura de partículas em suspensão contendo lípidos, proteínas, pectina, celulose e hemicelulose,

que resultaram da ruptura das células da laranja durante a extração. A pectina é normalmente referida como o componente que naturalmente estabiliza a turvação dos sumos cítricos, pois, agindo como um emulsificante, ajuda a manter a suspensão, proporcionando a turvação. Os fragmentos macroscópicos, contendo também a pectina, são considerados polpa. Essa polpa e a turvação estão correlacionadas e contribuem para a viscosidade do suco de laranja. De modo que, uma quebra nas partículas da polpa ou uma destabilização da turvação provocam uma redução na viscosidade do sumo (Collet *et al.*, 2005; Corrêa Neto e Faria, 1999).

Sem um tratamento de estabilização, essa turbidez é perdida, resultando num sistema de duas fases, com uma clarificação da parte superior do produto e a formação de um precipitado na parte inferior. A estabilização da turbidez requer que a sequência de eventos que induzem à precipitação do material em suspensão seja interrompida. A utilização de um tratamento térmico adequado é essencial para inactivar a PME sem conferir ao sumo um sabor a queimado e sem perder o sabor natural (Corrêa Neto e Faria, 1999).

1.4.2 – Degradação microbiológica

A deterioração de natureza microbiológica dos sumos limita-se aos microrganismos tolerantes ao meio ácido, com o predomínio de bactérias lácticas, bolores e leveduras. As bactérias produtoras de ácido láctico, como os *Lactobacillus* e *Leuconostoc*, apresentam resistência térmica muito baixa, sendo geralmente destruídas quando submetidas ao tratamento térmico, são microaerofílicas e toleram pH baixos. O produto da degradação pelas bactérias é o diacetil, que induz odor forte e sabor desagradável aos sumos. A degradação por leveduras é a causa mais comum da deterioração dos sumos de frutas, devido à sua elevada tolerância aos ácidos e à particularidade de muitas delas se desenvolverem em meios anaeróbios e apresentarem maior resistência térmica que as bactérias e a maioria dos bolores. A sua multiplicação é acompanhada pela produção de CO₂ e etanol, mas também pode manifestar-se pela formação de películas e floculação que diminuem a turvação dos sumos. Podem também produzir acetaldeído, que contribui para o odor a fermentado (Silva, 2007; Corrêa Neto e Faria, 1999).

Os fungos da flora natural das frutas são capazes de se desenvolver numa ampla faixa de pH e de actividade da água, são pouco exigentes em nutrientes, fundamentalmente aeróbios e, em geral, apresentam baixa resistência térmica, logo, a sua presença é facilmente eliminada nos produtos pasteurizados. A deterioração por estes microrganismos manifesta-se pela produção de CO₂ e, conseqüentemente a

embalagem fica opada. Quando ocorrem fungos viáveis nos sumos submetidos a tratamento térmico, o facto deve-se, geralmente, a um tratamento térmico pouco eficiente ou à recontaminação (Silva, 2007; Corrêa Neto e Faria, 1999).

As temperaturas em torno dos 90 °C, normalmente utilizadas no tratamento térmico para a preservação dos sumos, podem não ser suficientes para inactivar fungos termorresistentes. Temperaturas mais elevadas afectam as características físico-químicas e organolépticas dos sumos e, portanto, o controlo da deterioração por fungos termorresistentes baseia-se fundamentalmente na adopção de práticas adequadas, que visam diminuir a possibilidade de contaminação das matérias-primas (Corrêa Neto e Faria, 1999).

1.4.3 – Degradação da vitamina C

Os factores químicos que influenciam a qualidade dos sumos, nomeadamente do de laranja normalmente são de natureza oxidativa. A oxidação ocorre com a vitamina C (ácido ascórbico) e com os compostos responsáveis pelo aroma e sabor do sumo, alterando sensivelmente as características sensoriais e nutricionais do produto. Essas reacções oxidativas dependem das condições de processamento utilizadas (tratamento térmico), da presença do oxigénio, da embalagem utilizada, da relação tempo/temperatura de armazenagem e a presença ou não de luz (Corrêa Neto e Faria, 1999).

A vitamina C é reconhecida pela sua acção redutora e contribuição nutricional. O ácido ascórbico e os seus sais neutros são os principais antioxidantes utilizados em frutas e hortaliças e nos seus sumos, visando prevenir o escurecimento e outras reacções oxidativas. Ele actua sequestrando o cobre, grupo prostético da polifenoloxidase, e reduzindo quinonas de volta a fenóis, antes de formarem pigmentos escuros (Melo e Vilas Boas, 2006).

Os agentes físicos e químicos que afectam a estabilidade dos nutrientes são os mesmos, tanto no processamento, como durante o armazenamento do produto. Quando o processamento dos sumos de fruta ocorre de forma adequada, as perdas em geral são pequenas e a retenção de nutrientes depende basicamente das condições e tempo de armazenamento e comercialização (Silva, 2007).

A vitamina C também é rapidamente destruída pela acção da luz e a sua estabilidade aumenta com a diminuição da temperatura (Silva, 2007).

No caso de sumos de frutas, a incidência de luz é uma das causas da oxidação de vitamina C e de carotenoides, pois acelera a reacção do ácido ascórbico com grupos amino produzindo pigmentos escuros por polimerização, causando a perda de cor e alteração de outras propriedades organolépticas (Silva, 2007; Burdurlu *et al.*, 2006).

1.5 – Processos de estabilização

Para impedir o crescimento de microorganismos e para reduzir a actividade de enzimas são necessários processos de estabilização. Os mais utilizados na indústria dos sumos são o tratamento térmico (pasteurização) e as altas pressões hidrostáticas (APH). Dos processos de estabilização também faz parte o armazenamento em refrigeração do sumo já embalado (Ndiaye *et al.*, 2009).

1.5.1 – Tratamento térmico

O tratamento térmico é o método mais utilizado para estabilizar alimentos devido à sua capacidade de eliminar microorganismos e inactivar enzimas (He e Lou, 2007).

A optimização do processo térmico em alimentos que contenham enzimas naturais termorresistentes torna-se difícil, pelo facto dessas enzimas apresentarem uma dependência com a temperatura, da mesma ordem de grandeza da dependência dos nutrientes e factores de qualidade. Também as antocianinas e a vitamina C são compostos instáveis que podem ser alterados com o tratamento térmico e consequentemente pode ser reduzida a actividade antioxidante. No caso de enzimas, o objectivo do processamento térmico é sua inactivação, porém no caso de nutrientes e factores de qualidade, o objectivo é sua retenção máxima (Tiwari *et al.*, 2011; Luíz *et al.*, 2007).

Esses diferentes comportamentos são de utilidade para a indústria alimentar, pois através deles encontram-se as melhores soluções para o processamento. A inactivação enzimática, através do tratamento térmico, é uma das soluções encontradas pela indústria alimentar, sendo esse recurso utilizado principalmente na conservação do produto, no seu período de elaboração e armazenamento (Luíz *et al.*, 2007).

Devido ao impacto do tempo de pasteurização e temperatura no escurecimento dos sumos uma alternativa é uma pasteurização leve, menos de 80 °C, para minimizar a degradação de antocianinas (Choi *et al.*, 2002).

A pasteurização é importante na estabilização dos sumos durante o transporte e até à comercialização do produto. O aumento do consumo de produtos semelhantes com o

produto fresco, com o mínimo de perdas de vitaminas e sabor simulam a procura de novas técnicas de preservação leves que garantem um período de vida útil de apenas poucas semanas para produto refrigerado. O desenvolvimento de alternativas ao processamento térmico é também motivado pela verdadeira necessidade de tecnologias amigas do ambiente (Cortés *et al.*, 2008; Polydera *et al.*, 2003).

1.5.2 – Altas pressões hidroestáticas

Estão a ser estudadas tecnologias emergentes para satisfazer as expectativas dos consumidores que procuram cada vez mais produtos com características semelhantes aos alimentos em fresco. As altas pressões hidrostáticas (APH), são uma das tecnologias utilizadas principalmente para inactivar microorganismos ou enzimas que podem alterar os produtos. A vantagem da utilização dessas novas tecnologias é que algumas delas não utilizam temperaturas além dos 40 °C. Isto é importante, uma vez que se pretende obter produtos com características sensoriais e nutricionais semelhantes às dos produtos frescos (Welti-Chanes *et al.*, 2009).

CAPÍTULO 2 – DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

O presente estudo experimental prende-se com a avaliação do impacto do tratamento térmico nas características físico-químicas e sensoriais dos sumos e a respectiva evolução.

As amostras utilizadas no trabalho foram produzidas na Nutrigreen. Neste estudo foram utilizados quatro sumos diferentes: C-Optima Mild Orange (MO), C-Optima Tropical Orange (TO), C-Optima Strawberry Banana (SB) e C-Optima Red Berries (RB).

2 – Materiais e Métodos

2.1 – Materiais

Amostras

Foram utilizadas amostras de 4 sumos diferentes: o C-óptima Mild Orange que é composto principalmente por laranja e tangerina; o C-óptima Tropical Orange que é composto principalmente por laranja, abacaxi e manga; o C-óptima Strawberry Banana que é composto principalmente por morango e banana e o C-óptima Red Berries que é composto principalmente por morango, framboesa e mirtilos.

Todos os sumos utilizados têm na sua constituição acerola, uma vez que é uma fonte de vitamina C por excelência.

As amostras dos sumos antes da pasteurização eram recolhidas por um elemento da produção que as fazia chegar ao laboratório, estas eram analisadas prontamente. As amostras dos sumos depois de pasteurizados, com 0 dias (P0), eram recolhidas na linha de enchimento e analisadas de seguida. Para a análise das amostras ao longo do tempo, 7, 14, 21, 28 e 35 dias após produção (P7, P14, P21, P28 e P35), os sumos eram armazenados numa câmara de refrigeração a 7 °C em garrafas transparentes de polietileno fechadas.

O trabalho experimental foi realizado no Laboratório da Qualidade da Nutrigreen. O número de réplicas laboratoriais a utilizar por amostra dependeu do parâmetro a analisar. Para a viscosidade foram analisadas 2 ou 4 réplicas enquanto que para a cor, pH, teor de sólidos solúveis e acidez foram analisadas 4 réplicas.

Na Tabela 1 pode observar-se a codificação utilizada para as amostras. É utilizada a mesma codificação para os 4 sumos diferentes (MO, TO, SB e RB). De salientar que

para cada sumo se procedeu a 4 amostragens, correspondentes a 4 produções distintas (A, B, C, D).

Tabela 1 – Plano de amostragem do estudo

Amostra	Tempo de armazenamento (dias)	Código
MO	0 (não pasteurizado)	A
	0	A0
	7	A7
	14	A14
	21	A21
	28	A28
	35	A35
TO	0 (não pasteurizado)	B
	0	B0
	7	B7
	14	B14
	21	B21
	28	B28
	35	B35
SB	0 (não pasteurizado)	C
	0	C0
	7	C7
	14	C14
	21	C21
	28	C28
	35	C35
RB	0 (não pasteurizado)	D
	0	D0
	7	D7
	14	D14
	21	D21
	28	D28
	35	D35

Até à sua análise os sumos foram mantidos em condições de refrigeração (7 °C).

Reagentes

Os reagentes utilizados foram de natureza pró análise.

Equipamentos

Para as medições de pH e para a determinação da acidez utilizou-se um potenciometro da marca HANNA instruments modelo pH 211 Microprocessor pH Meter.

Para a determinação da viscosidade utilizou-se um viscosímetro da marca Brookfield viscometer, modelo DV-II+Pro com o spindle s63.

Para a determinação da cor utilizou-se um colorímetro ColorFlex da Hunter Lab, e o programa EasyMatchQC.

Para todas as pesagens efectuadas utilizou-se uma balança analítica Pioneer OHAUS.

Para a determinação do teor de sólidos solúveis totais (^oBrix) utilizou-se um Refractómetro portátil.

2.2 – Metodologias

2.2.1 – Análises físico-químicas

pH

A determinação do pH foi efectuada directamente no sumo, sem diluições, à temperatura ambiente. Para isso utilizou-se um potenciómetro, marca HANNA INSTRUMENTS e modelo pH 211 Microprocessor pH Meter, munido de um eléctrodo.

Acidez total

A acidez total determinou-se por titulação com solução alcalina de hidróxido de sódio 0,25 M, após diluição de 25 g da amostra em 75 g de água destilada. Utilizou-se como indicador a fenoftaleína e o ponto final da titulação foi detectado por potenciometria a pH 8,11. Os resultados foram expressos em g/ 100 mL.

Teor de Sólidos Solúveis (^oBrix)

O teor de sólidos solúveis foi determinado com um refractómetro colocando a amostra directamente no equipamento.

Viscosidade

A viscosidade foi determinada a uma temperatura entre 7 e 11 °C a 200 rpm, num viscosímetro de Brookfield DV-II+Pro. Colocou-se 150 mL da amostra num copo de 200 mL e efectuou-se a medição com o spindle s63.

Cor

A análise instrumental de cor foi realizada com um colorímetro Color Flex da marca Hunter lab e o programa EasyMatchQC. Os resultados foram expressos de acordo com o sistema de coordenadas CIELab: L* corresponde à luminosidade que varia entre 0 (preto) e 100 (branco), a* corresponde à tonalidade verde/vermelho (-60 é verde e +60 é vermelho) e b* tonalidade azul/amarelo (-60 é azul e +60 é amarelo).

Antes das medições o equipamento foi calibrado com um padrão branco ($L^* = 94,31$; $a^* = -0,75$; $b^* = 1,31$).

Os parâmetros obtidos no sistema $L^*a^*b^*$ foram convertidos para o sistema $L^*c^*h^\circ$, através da aplicação das seguintes fórmulas:

$$L^* = L^* \quad (\text{Eq. 1})$$

$$c^* = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$h^\circ = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \text{ (se } a^* > 0 \text{ e } b^* > 0) \quad (\text{Eq. 3})$$

$$h^\circ = 180 + \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \text{ (se } a^* < 0 \text{ e } b^* > 0) \quad (\text{Eq. 4})$$

Foi também calculado outro parâmetro da cor (TCD – Total Color Difference) que indica a diferença de cor entre uma dada amostra ($L^*a^*b^*$) e uma amostra de referência ($L_0^*a_0^*b_0^*$). Este parâmetro foi calculado através da aplicação da seguinte fórmula:

$$\text{TCD} = [(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2]^{1/2} \quad (\text{Eq.5})$$

Considerou-se como amostra referência o sumo recém preparado, antes do tratamento térmico.

2.2.2– Avaliação sensorial

A avaliação sensorial foi efectuada no laboratório da qualidade da Nutrigreen. A prova foi realizada por 4 provadores treinados. Os parâmetros analisados foram: o aroma, o gosto, o amargo, a cor, a textura e a acidez. E foi utilizada uma escala de 1 a 4 em que o 1 corresponde a não aceitável e o 4 a muito bom.

2.2.3 – Tratamento estatístico

O tratamento e gráficos foram elaborados pelos “software” Microsoft Excel 2007 (Microsoft Corporation, 2007) e Statistica 6.0 (StatSoft, 2001).

Para avaliar a qualidade dos resultados laboratoriais, obtidos para cada um dos parâmetros foi usada estatística descritiva, através da determinação da média, desvio padrão, erro e intervalo de confiança da média a 95%, por amostra. Para monitorizar a

evolução das propriedades das amostras de sumo ao longo do tempo de armazenamento, foram efectuadas análises de variância a um factor (teste de Fisher LSD para comparação de médias) e análise multivariada de componentes principais e de Cluster.

2.2.3.1 – Estatística descritiva e análise de variância a um factor

Os valores médios foram obtidos a partir de uma amostra em que foram utilizadas entre 2 ou 4 réplicas laboratoriais (dependendo do parâmetro). Para além das médias dos atributos foram determinados os desvios padrão, para incluir nas tabelas de resultados, bem como o intervalo de confiança a 95%, que foi usado para a apresentação gráfica das médias.

Para avaliar a existência de diferenças significativas entre os valores médios obtidos para um determinado parâmetro, foi efectuado o teste de comparação de médias "ANOVA Fisher LSD".

2.3.2.2 – Técnicas exploratórias multivariadas

Análise em componentes principais

A análise em componentes principais (ACP) é aplicada no sentido de resumir um grande número de dados experimentais (espaço multidimensional) a um espaço com poucas dimensões (2 ou 3), sem se perder muita informação. A ACP é baseada na combinação linear das variáveis experimentais (atributos medidos), com variáveis artificialmente produzidas designadas por componentes principais (CP's), que formam um espaço ortogonal (Gardnier, 1997). Está em causa a redução de um espaço m-dimensional (variáveis originais) num outro com menor número de dimensões, uma vez que, apenas incorpora as componentes principais significativas. A primeira componente é a que contém maior variância associada, seguindo-se a segunda e assim sucessivamente, até perfazer m-componentes, cuja soma da variância é igual à soma da variância das variáveis originais (100%). De facto, as m-variáveis originais têm valor próprio igual a 1, "pesam" todas o mesmo, enquanto que as m-componentes têm valor próprio diferente de 1. A primeira componente é a que tem maior valor próprio, seguindo-se a segunda, e assim sucessivamente, sendo o somatório do valor próprio das m-componentes, igual ao número de variáveis utilizadas na análise (Johnson e Wichern, 1998). A representação gráfica das variáveis que contribuem para a explicação das componentes principais, bem como as coordenadas das amostras no plano formado pelas componentes principais (projecção das amostras no plano principal), permite reconhecer correlações existentes entre variáveis originais e

estabelecer grupos de amostras com comportamento semelhante, que seria mais difícil de analisar pela simples observação de números em tabelas.

CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – C-Ótima Mild Orange (MO)

3.1.1 – Características físico-químicas

As médias, desvios padrão, e resultados da análise de variância, obtidos na caracterização físico-química das amostras de sumo MO, antes do tratamento térmico e ao longo de 35 dias de armazenamento, encontram-se no Anexo I.

As representações gráficas dos resultados são apresentadas na Figura 3. Para alguns parâmetros, observaram-se diferenças significativas ($P < 0,05$) na evolução das propriedades analisadas ao longo do armazenamento.

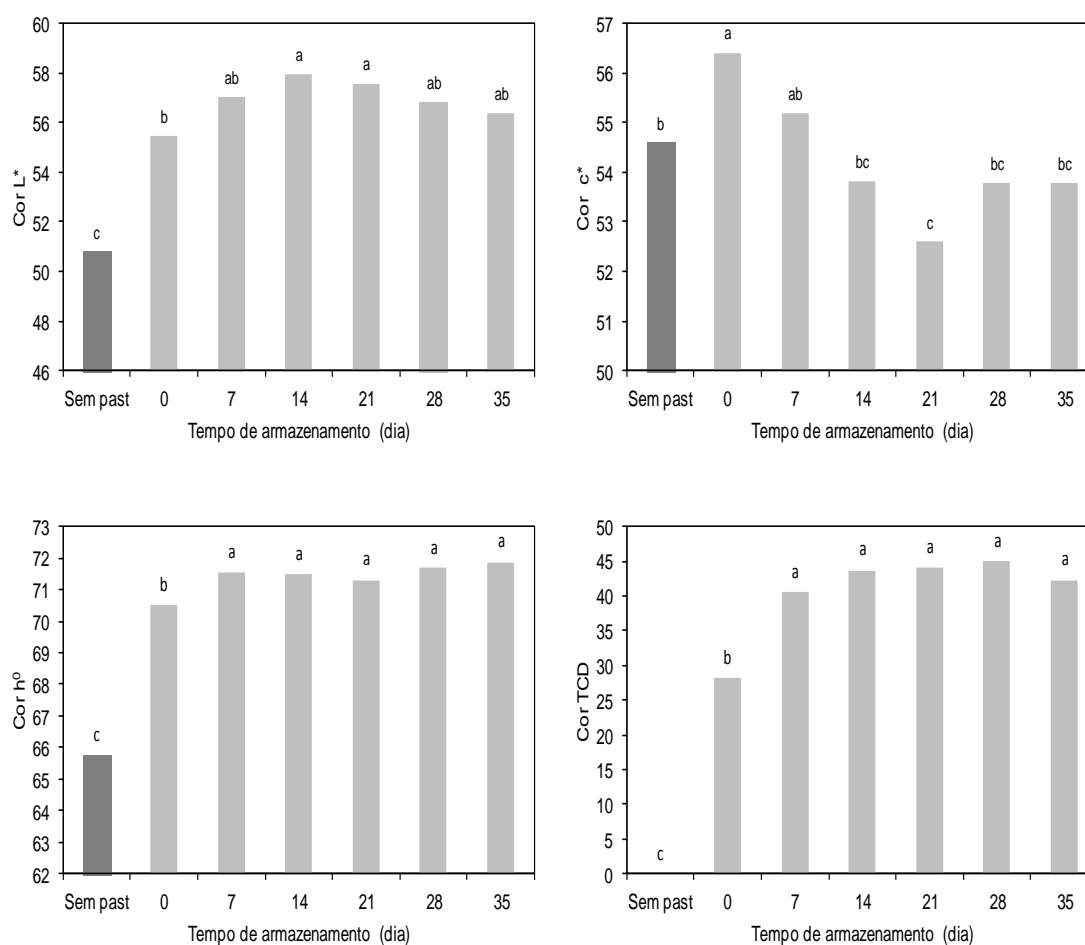


Figura 3 – Evolução da cor ao longo do tempo de armazenamento

A primeira diferenciação das amostras é devida ao tratamento térmico. Apesar de não existirem diferenças significativas para o pH, teor de sólidos solúveis, acidez e viscosidade nos sumos antes e após pasteurização, isto já não acontece para os

parâmetros da cor (L^* , c^* , h^0 , TCD). Assim, o tratamento térmico tem uma grande influência na cor dos sumos MO.

Para o parâmetro da cor L^* , ao longo do armazenamento, existem diferenças significativas até aos 14 dias de armazenamento (valor máximo de L^*) em relação ao sumo pasteurizado (0 dias), começando os valores a baixar ligeiramente a partir dessa altura mas sem apresentarem diferenças significativas.

Para o parâmetro da cor c^* , ao longo do armazenamento, existem diferenças significativas após 14 dias de armazenamento em relação ao sumo pasteurizado (0 dias), apesar dos valores de c^* começarem logo a baixar após a pasteurização. Após os 14 dias de armazenamento a cor c^* encontra-se estabilizada até aos 35 dias de armazenamento. O ligeiro aumento deste parâmetro do dia 21 para o dia 28 é devido à utilização de uma nova embalagem de MO.

Para os parâmetros da cor h^0 e TCD apenas se verificam diferenças significativas passados 7 dias de armazenamento, a partir daí a cor encontra-se estabilizada em relação a estes dois parâmetros até aos 35 dias de armazenamento. Valores de cor h^0 entre os 0^0 e 90^0 indicam cores que vão dos vermelhos, passando pelos laranjas até aos amarelos. Assim os sumos MO apresentam tonalidades em torno do laranja.

Em relação aos valores de TCD todas as amostras apresentam uma diferença muito grande ($TCD > 12$) em relação à amostra antes da pasteurização.

Em geral, a cor dos sumos MO apresenta alteração na cor até ao 7^o dia de armazenamento, mas ao longo do armazenamento a cor encontra-se estabilizada. Esta estabilidade da cor pode ser devida a uma inactivação enzimática ou à elevada carga de antioxidantes presentes neste sumo, uma vez que este é composto essencialmente por laranja e tangerina.

3.1.2 – Análise Multivariada dos resultados da caracterização físico-química e sensorial

Na Tabela 2 apresentam-se os valores próprios e a extracção dos componentes principais.

Tabela 2 – Valores próprios e extracção dos componentes principais.

Componente principal	Valor próprio	Variância (%)	Valor próprio Acumulado	Variância acumulada (%)
1	4,15	51,91	4,15	51,91
2	2,69	33,65	6,85	85,57
3	0,48	5,95	7,32	91,51
4	0,38	4,75	7,70	96,27
5	0,25	3,08	7,95	99,35
6	0,05	0,59	8,00	99,94
7	0,00	0,05	8,00	99,99
8	0,00	0,01	8,00	100,00

As duas primeiras componentes principais explicaram 85,6% da variância: 51,9% para o primeiro componente e 33,7% para o segundo. Só estes componentes foram significativos, uma vez que são os que apresentaram valor próprio superior a 1. Estando em análise 8 atributos, à partida, cada um deles tem o valor próprio de 1. Com esta metodologia, estes 8 atributos são transformados em 8 componentes, redefinindo o espaço e passando a ter valores próprios diferentes. Assim, por terem valor próprio superior a 1, definiram-se os dois primeiros componentes como componentes principais: o primeiro teve valor próprio de 4,2 e o segundo valor próprio 2,7.

Para perceber a importância relativa de cada atributo em relação a cada uma das duas primeiras componentes principais, determinaram-se os coeficientes de correlação entre os atributos (parâmetros originais) e os componentes principais (Tabela 3).

Tabela 3 - Coeficientes de correlação entre os atributos (variáveis iniciais) e os dois primeiros componentes principais.

Atributo	Componente	
	CP1	CP2
L*	-0,18	-0,93*
h°	-0,79*	0,38
TCD	-0,39	-0,90*
Aroma	-0,25	0,83*
Amargo	-0,92*	-0,06
Cor	-0,87*	0,27
Textura	-0,88*	-0,31
Acidez	-0,95*	0,11
Viscosidade	-0,41	-0,63
c*	-0,50	-0,22
Gosto	-0,64	0,31

* correlações significativas ($|r| > 0,7$).

Na Figura 4 e 5 apresenta-se a projecção dos atributos no plano e a projecção das amostras no plano respectivamente.

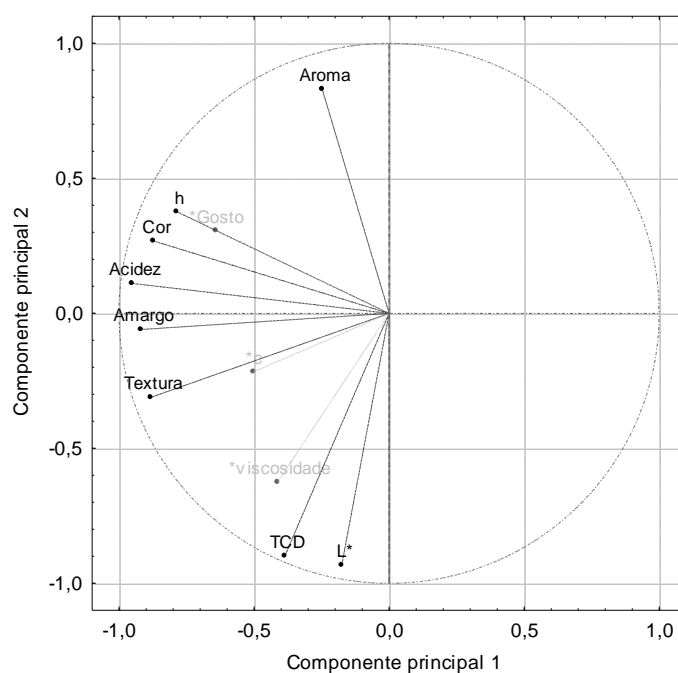


Figura 4 - Projecção dos atributos no plano (nota: a preto encontram-se as variáveis activas e a cinzento as suplementares).

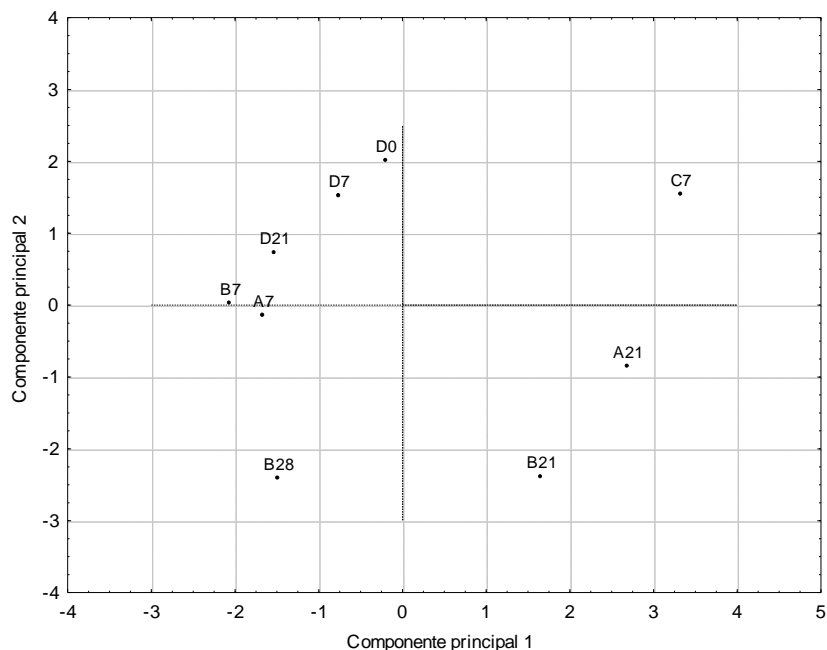


Figura 5 – Projecção das amostras no plano principal

É ao nível da componente principal 2 que se verifica a maior discriminação das amostras, com base no parâmetro sensorial aroma e na cor objectiva (L e TCD), sendo que as amostras se apresentam diferentes no geral a partir dos 21 dias de armazenamento.

A nível de cor detectada sensorialmente não há discriminação até aos 28 dias de armazenamento. Assim, sensorialmente apenas no aroma foi percebida alteração.

3.2 – C-Óptima Tropical Orange (TO)

3.2.1 – Evolução das características físico-químicas e sensoriais

As médias, desvios padrão, e resultados da análise de variância, obtidos na caracterização físico-química das amostras de sumo TO ao longo de 35 dias de armazenamento, encontram-se no Anexo II.

As representações gráficas dos resultados são apresentadas na Figura 6. Para alguns parâmetros, observaram-se diferenças significativas ($P < 0,05$) na evolução das propriedades analisadas ao longo do armazenamento.

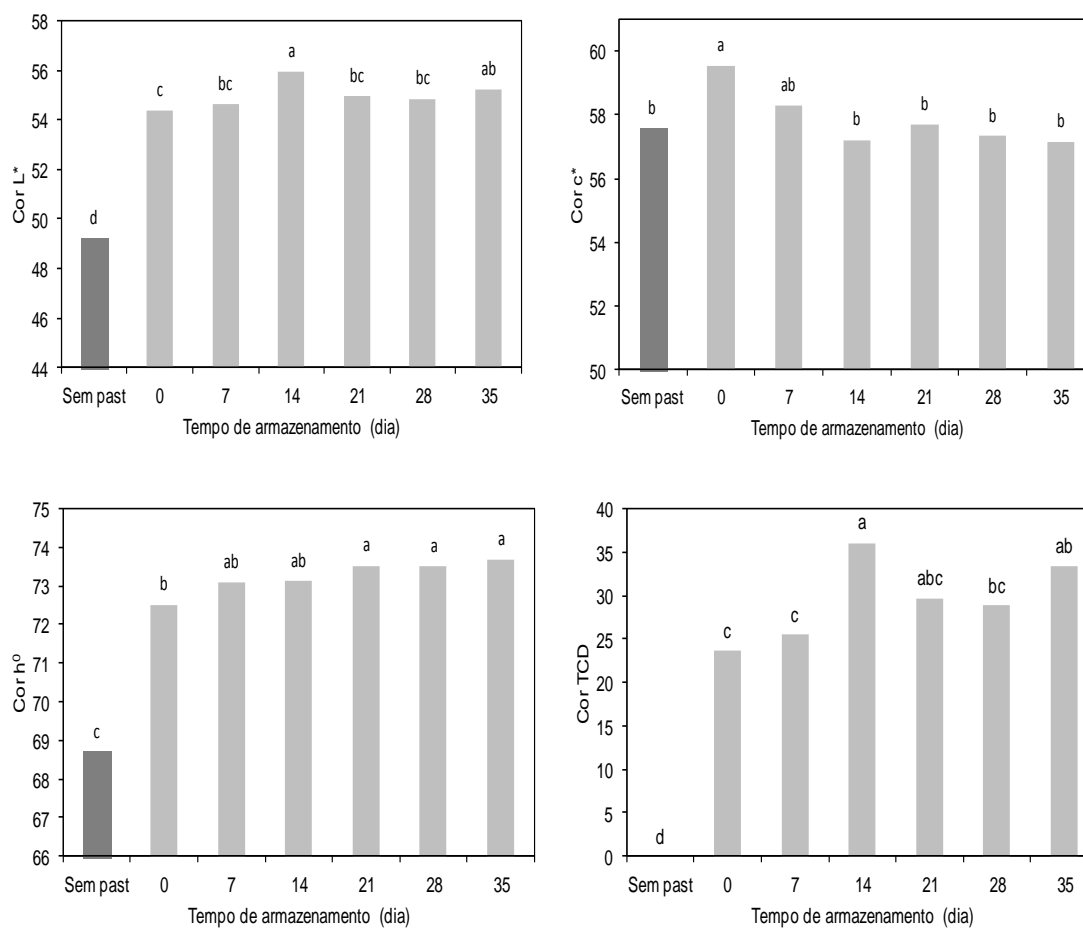


Figura 6 – Evolução das características da cor ao longo do tempo de armazenamento.

A primeira diferenciação das amostras é devida ao tratamento térmico. Apesar de não existirem diferenças significativas para o pH, teor de sólidos solúveis, acidez e viscosidade nos sumos antes e após pasteurização, isto já não acontece para os parâmetros da cor (L^* , c^* , h^0). Assim, o tratamento térmico tem uma grande influência na cor dos sumos TO.

Para o parâmetro da cor L^* , ao longo do armazenamento, existem diferenças significativas após 14 dias de armazenamento (valor máximo de L^*) em relação ao sumo pasteurizado (0 dias), começando os valores a baixar ligeiramente a partir dessa altura. O sumo analisado 21 dias após a produção já apresenta diferenças significativas em relação ao sumo analisado 14 dias após produção. A partir dos 21 dias de armazenamento não existem diferenças significativas nos sumos em relação à cor L^* .

Para o parâmetro da cor c^* , ao longo do armazenamento, existem diferenças significativas após 14 dias de armazenamento em relação ao sumo pasteurizado (0 dias), apesar dos valores de c^* começarem logo a baixar após a pasteurização. Após

os 14 dias de armazenamento a cor c^* encontra-se estabilizada até aos 35 dias de armazenamento. O ligeiro aumento deste parâmetro do dia 14 para o dia 21 é devido à utilização de uma nova embalagem de TO.

Para a cor h^0 apenas se verificam diferenças significativas passados 21 dias de armazenamento, a partir daí a cor h^0 encontra-se estabilizada até aos 35 dias de armazenamento. Valores de cor h^0 entre os 0^0 e 90^0 indicam cores que vão dos vermelhos, passando pelos laranjas até aos amarelos. Assim os sumos TO apresentam tonalidades em torno do laranja. Em relação aos valores de TCD todas as amostras apresentam uma diferença muito grande ($TCD > 12$) em relação à amostra antes da pasteurização.

Em geral, a cor dos sumos TO apresenta alteração na cor após o tratamento térmico, mas ao longo do armazenamento a cor encontra-se estabilizada. Esta estabilidade da cor pode ser devida a uma inactivação enzimática ou à elevada carga de antioxidantes presentes neste sumo, uma vez que este é composto essencialmente por laranja, abacaxi e manga.

3.2.2 – Análise Multivariada dos resultados da caracterização físico-química e sensorial

Na Tabela 4 apresentam-se os valores próprios e a extracção dos componentes principais.

Tabela 4 – Valores próprios e extracção dos componentes principais.

Componente principal	Valor próprio	Variância (%)	Valor próprio Acumulado	Variância acumulada (%)
1	3,57	51,04	3,57	51,04
2	2,09	29,84	5,66	80,88
3	0,77	11,00	6,43	91,89
4	0,34	4,88	6,77	96,76
5	0,19	2,77	6,97	99,53
6	0,02	0,36	6,99	99,89
7	0,01	0,11	7,00	100,00

As duas primeiras componentes principais explicaram 80,9% da variância: 51,0% para o primeiro componente e 29,8% para o segundo. Só estes componentes foram

significativos, uma vez que são os que apresentaram valor próprio superior a 1. Estando em análise 7 atributos, à partida, cada um deles tem o valor próprio de 1. Com esta metodologia, estes 7 atributos são transformados em 7 componentes, redefinindo o espaço e passando a ter valores próprios diferentes. Assim, por terem valor próprio superior a 1, definiram-se os dois primeiros componentes como componentes principais: o primeiro teve valor próprio de 3,6 e o segundo valor próprio 2,0.

Para perceber a importância relativa de cada atributo em relação a cada um dos dois primeiros componentes principais, determinaram-se os coeficientes de correlação entre os atributos (parâmetros originais) e os componentes principais (Tabela 5).

Tabela 5 – Coeficientes de correlação entre os atributos (variáveis iniciais) e os dois primeiros componentes principais.

Atributo	Componente	
	CP1	CP2
Viscosidade	-0,91*	-0,14
L*	-0,77*	-0,42
TCD	-0,73*	-0,53
Aroma	0,71*	-0,54
Gosto	0,75*	-0,59
Amargo	0,45	-0,82*
Cor	-0,62	-0,55
c*	-0,38	-0,59
H	0,28	0,28
Acidez	-0,10	-0,19

Na Figura 7 e 8 apresenta-se a projecção dos atributos no plano e a projecção das amostras no plano respectivamente.

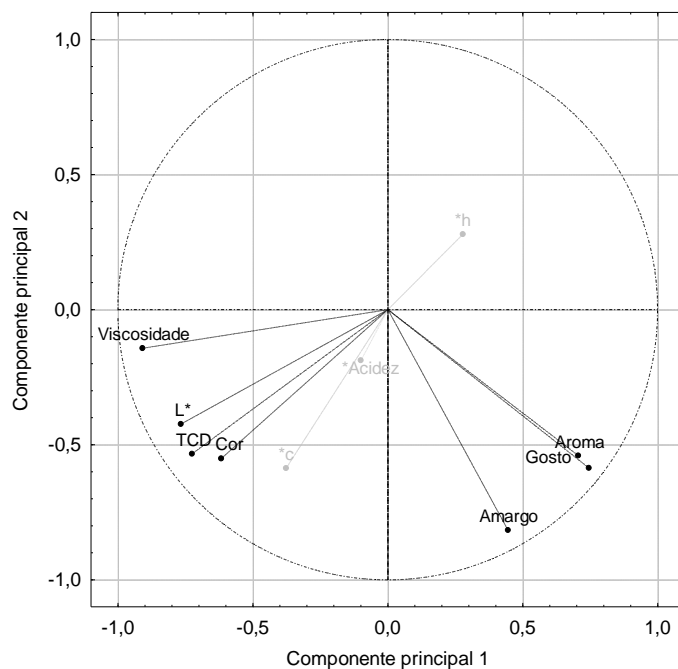


Figura 7 – Projecção dos atributos no plano (nota: a preto encontram-se as variáveis activas e a cinzento as suplementares).

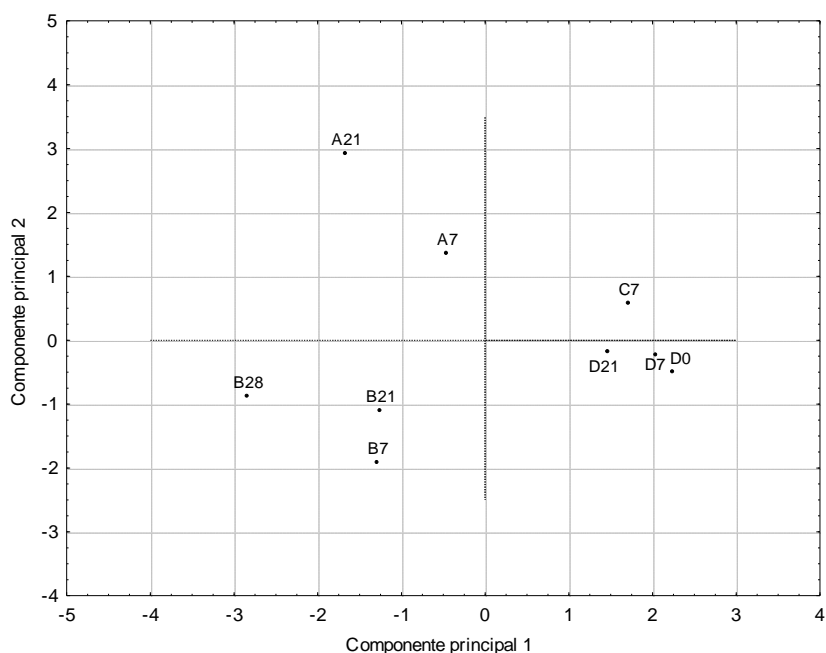


Figura 8 – Projecção das amostras no plano principal

Em geral, sensorialmente o que distingue as amostras é o amargo. A cor objectiva correlaciona-se com a cor sensorial. O lote D distingue-se dos outros pelo aroma, gosto e cor. O lote B distingue-se do A pelo amargo, uma vez que o lote B apresenta sumos mais amargos que o lote A.

3.3 – C-Ótima Strawberry Banana (SB)

3.3.1 – Evolução das características físico-químicas e sensoriais

As médias, desvios padrão, e resultados da análise de variância, obtidos na caracterização físico-química das amostras de sumo SB ao longo de 35 dias de armazenamento, encontram-se no Anexo III.

As representações gráficas dos resultados são apresentadas na Figura 9. Para alguns parâmetros, observaram-se diferenças significativas ($P < 0,05$) na evolução das propriedades analisadas ao longo do armazenamento.

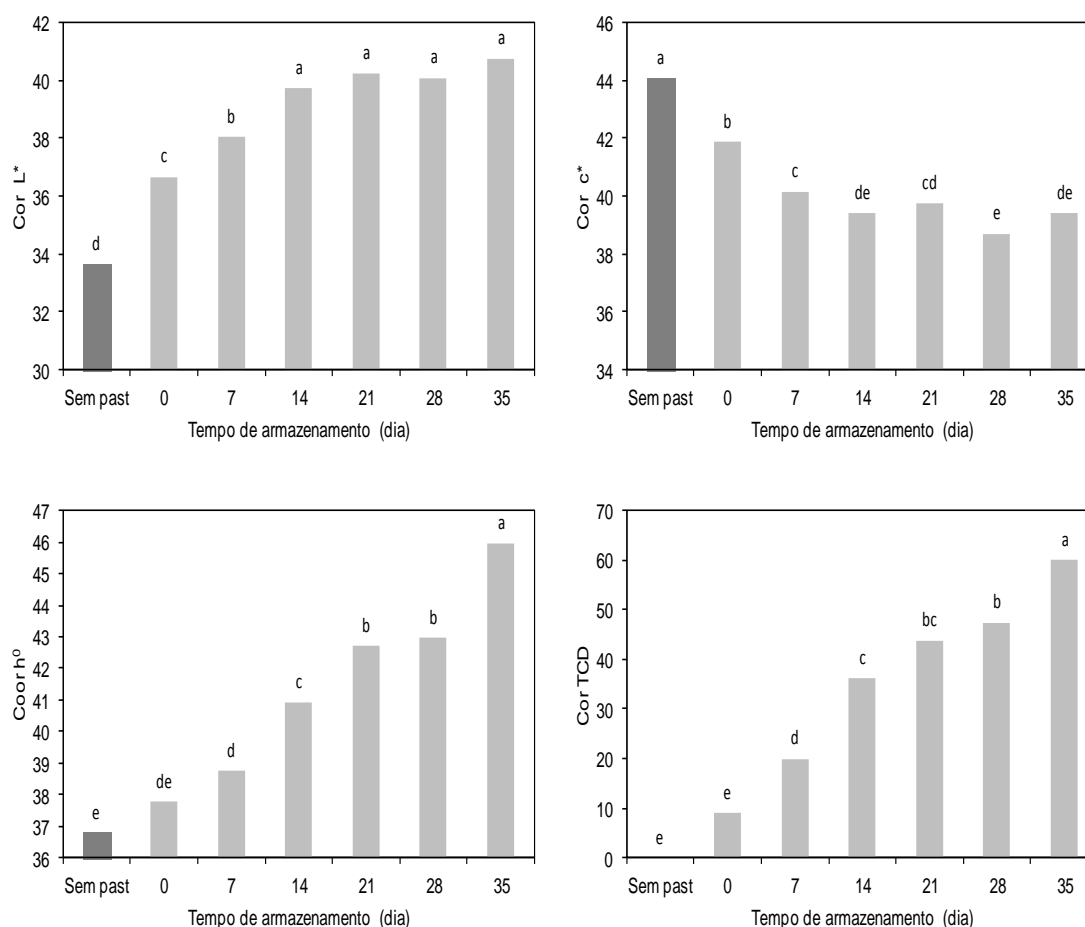


Figura 9 – Evolução da cor ao longo do tempo de armazenamento.

A primeira diferenciação das amostras é devida ao tratamento térmico. Apesar de não existirem diferenças significativas para o pH, teor de sólidos solúveis, acidez e viscosidade nos sumos antes e após pasteurização, isto já não acontece para os parâmetros da cor (L^* , c^* , h^0). Assim, o tratamento térmico tem uma grande influência na cor dos sumos SB.

Para o parâmetro da cor L^* , ao longo do armazenamento, existem diferenças significativas até ao 7º dia de armazenamento em relação ao sumo pasteurizado (0 dias). Passados 14 dias de armazenamento, os sumos estabilizam em relação a este parâmetro.

Para o parâmetro da cor c^* , ao longo do armazenamento, existem diferenças significativas após 7 dias de armazenamento em relação ao sumo pasteurizado (0 dias). O valor do parâmetro c^* desce ligeiramente até aos 14 dias de armazenamento, mantendo-se depois estável até aos 35 dias de armazenamento.

Para o parâmetro da cor h^0 apenas se verificam diferenças significativas passados 14 dias de armazenamento, em relação ao sumo pasteurizado (0 dias). O valor deste parâmetro vai aumentando até aos 35 dias de armazenamento. Valores de cor h^0 entre os 0° e 90° indicam cores que vão dos vermelhos, passando pelos laranjas até aos amarelos. Assim, os sumos SB apresentam no início uma cor vermelha que ao longo do tempo tem tendência para se tornar alaranjada.

Para o parâmetro da cor TCD verificam-se diferenças significativas passados 7 dias de armazenamento, em relação ao sumo pasteurizado (0 dias). O valor do TCD vai aumentando durante os 35 dias de armazenamento, o que significa que quanto mais tempo passa maior é a diferença de cor entre o sumo em fresco e o sumo analisado. Em relação aos valores de TCD todas as amostras apresentam uma diferença muito grande ($TCD > 12$) em relação à amostra antes da pasteurização, excepto a amostra com 0 dias de armazenamento que não apresenta diferenças significativas em relação ao sumo não pasteurizado.

Em geral, a cor dos sumos SB apresenta alteração após o tratamento térmico e ao longo do armazenamento. Esta instabilidade da cor pode ser devida a uma deficiente inactivação enzimática durante o tratamento térmico, ou também presença de compostos com actividade antioxidante que se oxidam a eles próprios dando origem a compostos que levam ao escurecimento dos sumos.

3.3.2 – Análise Multivariada dos resultados da caracterização físico-química e sensorial

Na Tabela 6 apresentam-se os valores próprios e a extracção dos componentes principais.

Tabela 6 – Valores próprios e extracção dos componentes principais.

Componente principal	Valor próprio	Variância (%)	Valor próprio Acumulado	Variância acumulada (%)
1	6,72	67,15	6,72	67,15
2	1,62	16,17	8,33	83,32
3	1,05	10,54	9,39	93,87
4	0,31	3,09	9,70	96,96
5	0,18	1,76	9,87	98,72
6	0,10	0,96	9,97	99,68
7	0,03	0,32	10,00	100,00

As duas primeiras componentes principais explicaram 83,3 % da variância: 67,2 % para o primeiro componente e 16,2 % para o segundo. Só estes componentes foram significativos, uma vez que são os que apresentaram valor próprio superior a 1. Estando em análise 7 atributos, à partida, cada um deles tem o valor próprio de 1. Com esta metodologia, estes 7 atributos são transformados em 7 componentes, redefinindo o espaço e passando a ter valores próprios diferentes. Assim, por terem valor próprio superior a 1, definiram-se os dois primeiros componentes como componentes principais: o primeiro teve valor próprio de 6,7 e o segundo valor próprio 1,2.

Para perceber a importância relativa de cada atributo em relação a cada um dos dois primeiros componentes principais, determinaram-se os coeficientes de correlação entre os atributos (parâmetros originais) e os componentes principais (Tabela 7).

Tabela 7 - Coeficientes de correlação entre os atributos (variáveis iniciais) e os dois primeiros componentes principais

Atributo	Componente	
	CP1	CP2
L*	0,71*	0,67
c*	-0,59	0,76*
h ^o	0,89*	0,33
TCD	0,79*	0,57
Aroma	-0,80*	0,20
Gosto	-0,91*	0,17
Amargo	-0,97*	0,11
Cor	-0,80*	0,15
Textura	-0,78*	0,19
Acidez	-0,90*	0,09
Viscosidade	0,52	1,12

Nas Figura 10 e 11 apresenta-se a projecção dos atributos no plano e a projecção das amostras no plano respectivamente.

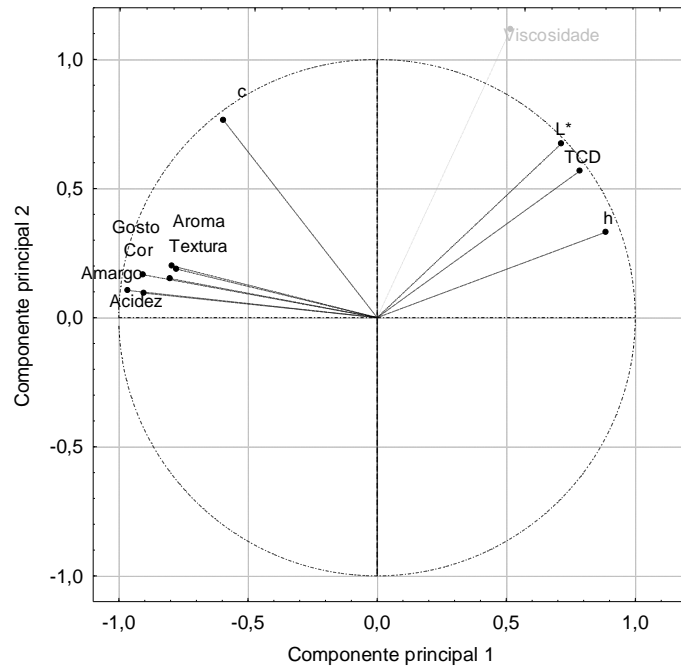


Figura 10 – Projecção dos atributos no plano. A preto encontram-se as variáveis activas e a cinzento as suplementares.

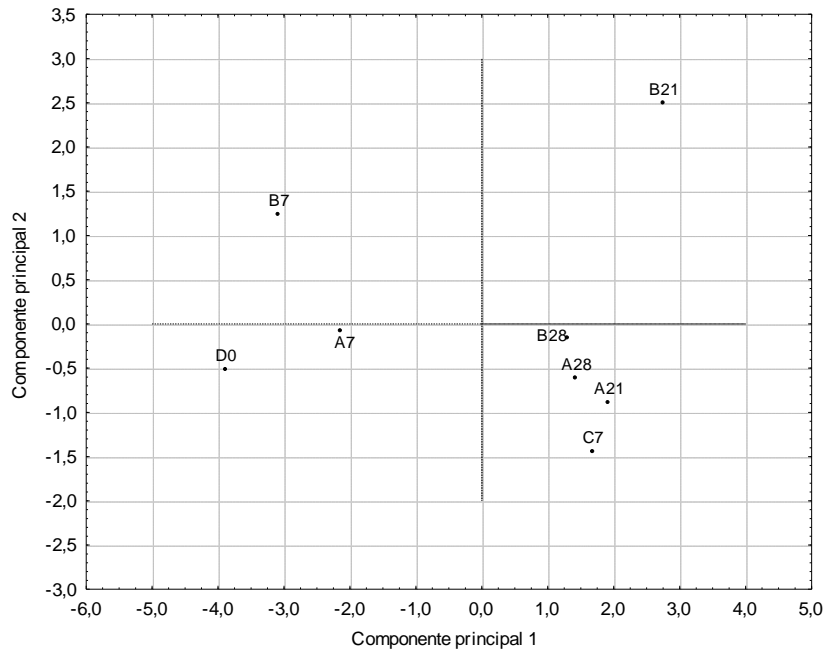


Figura 11 – Projecção das amostras no plano principal

Em geral, as características sensoriais, uma vez que todas são explicadas pela componente principal 1 dividem as amostras com menor tempo de armazenamento das que estão armazenadas há mais tempo.

3.4 – C-Óptima Red Berries (RB)

3.4.1 – Evolução das características físico-químicas e sensoriais

As médias, desvios padrão, e resultados da análise de variância, obtidos na caracterização físico-química das amostras de sumo SB ao longo de 35 dias de armazenamento, encontram-se no Anexo IV.

As representações gráficas dos resultados são apresentadas na Figura 12. Para alguns parâmetros, observaram-se diferenças significativas ($P < 0,05$) na evolução das propriedades analisadas ao longo do armazenamento.

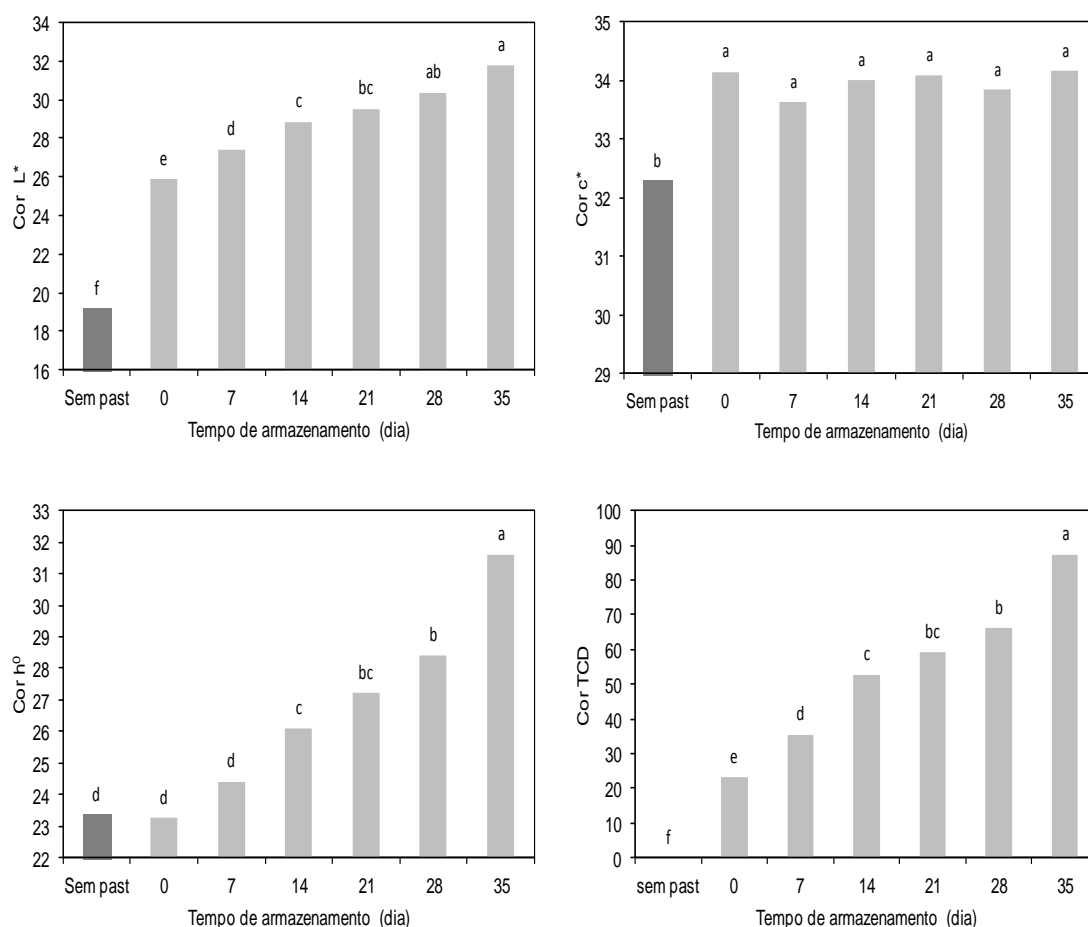


Figura 12 – Evolução da cor durante o tempo de armazenamento.

A primeira diferenciação das amostras é devida ao tratamento térmico. Apesar de não existirem diferenças significativas para o pH, teor de sólidos solúveis, acidez, cor h° e viscosidade nos sumos antes e após pasteurização, isto já não acontece para os parâmetros da cor (L* e c*). Assim, o tratamento térmico tem uma grande influência na cor dos sumos RB.

Para o parâmetro da cor L^* , ao longo do armazenamento, existem diferenças significativas após 7 dias de armazenamento em relação ao sumo pasteurizado (0 dias). O valor de L^* vai sempre aumentando ao longo dos 35 dias de armazenamento.

Para o parâmetro da cor c^* , apenas existem diferenças significativas entre o sumo antes e depois de pasteurizado. Ao longo dos 35 dias de armazenamento não se verificam diferenças significativas para este parâmetro da cor.

Para o parâmetro da cor h^0 apenas se verificam diferenças significativas passados 14 dias de armazenamento, em relação ao sumo pasteurizado (0 dias). O valor deste parâmetro vai aumentando até aos 35 dias de armazenamento. Valores de cor h^0 entre os 0^0 e 90^0 indicam cores que vão dos vermelhos, passando pelos laranjas até aos amarelos.

Para o parâmetro da cor TCD verificam-se diferenças significativas passados 7 dias de armazenamento, em relação ao sumo pasteurizado (0 dias). O valor do TCD vai aumentando durante os 35 dias de armazenamento, o que significa que quanto mais tempo passa maior é a diferença de cor entre o sumo em fresco e o sumo analisado. Em relação aos valores de TCD todas as amostras apresentam uma diferença muito grande ($TCD > 12$) em relação à amostra antes da pasteurização.

Em geral, a cor dos sumos RB apresenta alteração após o tratamento térmico e ao longo do armazenamento. Esta instabilidade da cor pode ser devida a uma deficiente inactivação enzimática durante o tratamento térmico, ou também presença de compostos com actividade antioxidante que se oxidam a eles próprios dando origem a compostos que levam ao escurecimento dos sumos.

3.4.2 – Análise Multivariada dos resultados da caracterização físico-química e sensorial

Na Tabela 8 apresentam-se os valores próprios e a extracção dos componentes principais.

Tabela 8 – Valores próprios e extracção dos componentes principais.

Componente principal	Valor próprio	Variância (%)	Valor próprio Acumulado	Variância acumulada (%)
1	2,96	49,38	2,96	49,38
2	1,85	30,85	4,81	80,23
3	0,63	10,44	5,44	90,67
4	0,33	5,50	5,77	96,16
5	0,14	2,37	5,91	98,53
6	0,09	1,47	6,00	100,00

As duas primeiras componentes principais explicaram 80,2% da variância: 49,4% para o primeiro componente e 30,9% para o segundo. Só estes componentes foram significativos, uma vez que são os que apresentaram valor próprio superior a 1. Estando em análise 6 atributos, à partida, cada um deles tem o valor próprio de 1. Com esta metodologia, estes 6 atributos são transformados em 6 componentes, redefinindo o espaço e passando a ter valores próprios diferentes. Assim, por terem valor próprio superior a 1, definiram-se os dois primeiros componentes como componentes principais: o primeiro teve valor próprio de 3,0 e o segundo valor próprio 1,9.

Para perceber a importância relativa de cada atributo em relação a cada um dos dois primeiros componentes principais, determinaram-se os coeficientes de correlação entre os atributos (parâmetros originais) e os componentes principais (Tabela 9).

Tabela 9 – Coeficientes de correlação entre os atributos (variáveis iniciais) e os dois primeiros componentes principais.

Atributo	Componente	
	CP1	CP2
Viscosidade	-0,74*	0,57
L*	-0,66	0,53
Aroma	-0,08	-0,89*
Gosto	-0,77*	-0,52
Amargo	-0,89*	0,01
Acidez	-0,76*	-0,41
c*	-0,10	-0,35
h ^o	-0,43	0,61
Cor	0,34	-0,59
Textura	-0,60	-0,15

Na Figura 13 e 14 apresenta-se a projecção dos atributos no plano e a projecção das amostras no plano respectivamente.

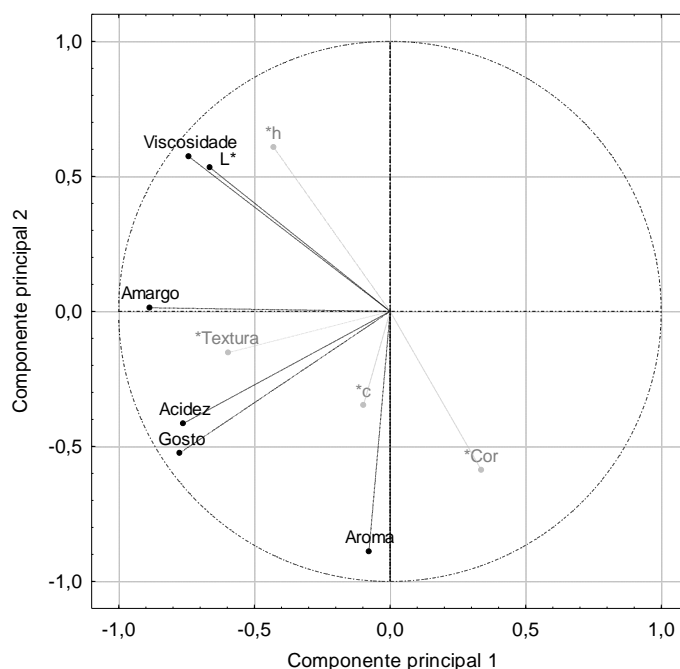


Figura 13 – Projecção dos atributos no plano (nota: preto encontram-se as variáveis activas e a cinzento as suplementares).

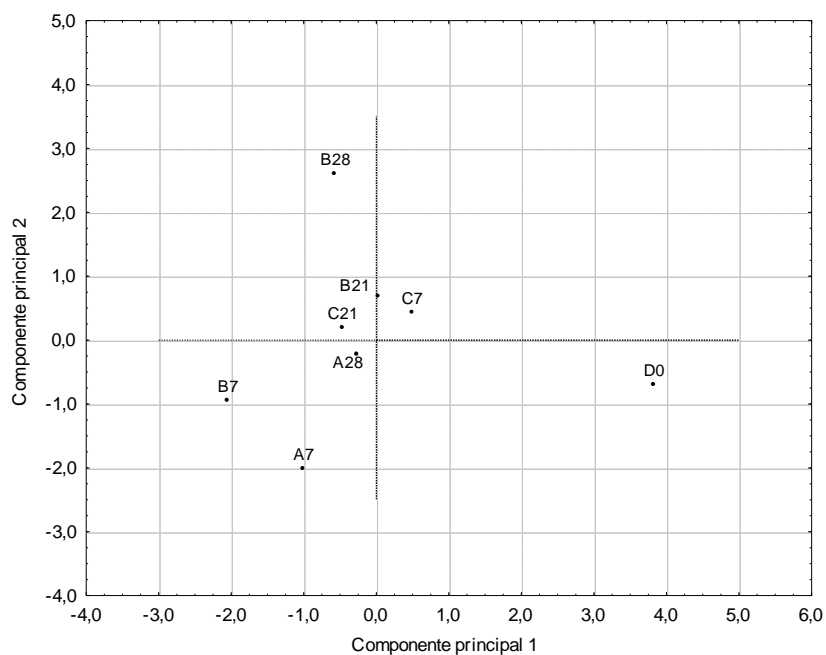


Figura 14 – Projecção das amostras no plano principal

A componente principal 1 divide as amostras em termos sensoriais. A amostra D0 é a que tem as características mais semelhantes com o sumo em fresco. Em relação à componente principal 2 (aroma) os lotes A e B vão perdendo aroma.

CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES

A análise dos resultados obtidos permite dar resposta aos objectivos propostos pela unidade industrial. Assim, é possível concluir que:

- A alteração mais significativa no que respeita às características físico-químicas dos sumos analisados é devida ao choque térmico. O tratamento de pasteurização, apesar de pouco drástico implica alterações significativas dos parâmetros da cor CIELab.
- Para os quatro sumos C-Optima (Mild Orange, Tropical Orange, Strawberry Banana e Red Berries), comparando as amostras antes e após pasteurização conclui-se que os outros parâmetros físico-químicos analisados, viscosidade, pH, teor de sólidos solúveis e acidez não apresentam alterações significativas.
- No que respeita às características físico-químicas os sumos apresentaram diferente estabilidade em condições de refrigeração.
- Para todos os C-Optima, conclui-se que ao longo dos 35 dias de armazenamento em refrigeração (7°C) as amostras não apresentam diferenças significativas para o parâmetro viscosidade.
- As amostras de C-Optima Tropical Orange, ao longo dos 35 dias de armazenamento não apresentam alterações significativas na cor. Apenas os parâmetros L^* e h^0 apresentam uma ligeira alteração, mas não significativa, em relação ao sumo com 0 dias de armazenamento.
- As amostras de C-Optima Strawberry Banana, ao longo dos 35 dias de armazenamento apresentam diferenças significativas para todos os parâmetros da cor.
- As amostras de Red Berries, ao longo dos 35 dias de armazenamento apresentam alterações significativas nos parâmetros da cor L^* e h^0 .
- No geral, conclui-se que os sumos “laranja” (MO e TO) são mais estáveis em termos de cor que os sumos “vermelhos”(SB e RB).
- As alterações físico-químicas ocorridas ao longo do armazenamento no geral não foram percebidas sensorialmente, o que reforça a ideia de que o prazo de validade proposto pela indústria está concebido com grande margem.

Perspectivas de trabalhos futuros

Com o desenvolvimento deste trabalho revelaram-se algumas necessidades de eventuais linhas de investigação para trabalhos futuros, nomeadamente:

- Teste de outros binómios tempo/temperatura de pasteurização.
- Pesquisa de actividade enzimática nos sumos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allende, A., Tomás-Barberán, F. e Gil, M. (2006). Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends in Food Science & Technology*, **17**: 513-519.
- Assis, S., Lima, D. e Oliveira, O. (2001). Activity of pectinmethylesterase, pectin content and vitamin C in acerola fruit at various stages of fruit development. *Food Chemistry*, **74**: 133-137.
- Barrett, R. (2002). *Characterization of apricot polyphenoloxidase during fruit development*. Master thesis of Applied science (Agriculture). The University of Adelaide, 206 pp.
- Bettencourt, M. (2009). *A internacionalização do compal essencial para o mercado polaco*. Tese de Mestrado em Gestão. Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa, Lisboa. 76 pp.
- Brito, C., Sato, H., Spironello, A., Siqueira, W. (2007). Abacaxi iac gomo-de-mel (*Ananas comosus (L.) Merrill*): características da polpa e da peroxidase do suco. *B.CEPPA*, **25**: 257-266.
- Burdurlu, H., Koca, N. e Karadeniz, F. (2006). Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *Journal of Food Engineering*, **74**: 211-216.
- Caro, A., Piga, A., Vacca, V. e Agabbio, M. (2004). Changes of flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity in minimally processed citrus segments and juices during storage. *Food Chemistri*, **84**: 99-105.
- Choi, M., Kim, G. e Lee, H. (2002). Effects of ascorbic acid retention on juice color and pigment stability in blood Orange (*Citrus sinensis*) juice during refrigerated storage. *Food Research International*, **35**: 753-759.
- Chutintrasri, B. e Noomhorm, A. (2006). Thermal inactivation of polyphenoloxidase in pineapple puree. *LWT*, **39**: 492-495.
- Collet, L., Shigeoka, D., Badolato, G. e Tadini, C. (2005). A kinetic study on pectinesterase inactivation during continuous pasteurization of orange juice. *Journal of Food Engineering*, **69**: 125-129.
- Corrêa Neto, R. e Faria, J. (1999). Fatores que influem na qualidade do suco de laranja. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, **19(1)**.
- Cortés, C., Esteve, M. e Frígola, A. (2008). Color of orange juice treated by High Intensity Pulsed Electric Fields during refrigerated storage and comparison with pasteurized juice. *Food Control*, **19**: 151-158.

- Duda-Chodak, A., Tarko, T., Satora, P., Sroka, P. e Tuszyński, T. (2010). The profile of polyphenols and antioxidant properties of selected apple cultivars grown in Poland. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, **18(2)**: 39-50.
- Esteve, M., Frígola, A., Rodrigo, C. e Rodrigo, D. (2005). Effect of storage period under variable conditions on the chemical and physical composition and colour of Spanish refrigerated Orange juices. *Food and Chemical Toxicology*, **43**: 1413-1422.
- Fernandes, D. (2009). *Impacto de processos físicos na componente bioactiva e na estabilidade de polpas de pêra*. Tese de Mestrado em Engenharia Alimentar, Qualidade e Segurança Alimentar. Instituto Superior de Agronomia - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 75 pp.
- Freitas, A., Francelin, M., Hirata, G., Clemente, E. e Schmidt, F. (2008). Atividades das enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) nas uvas das cultivares benitaka e rubi e em seus sucos e geléias. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, **28(1)**: 172-177.
- Garcia, E. e Barrett, D. (2002). Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. p.267-303. Em: Lamikanra, O. (ed.), *Fresh-cut Fruits and Vegetables*, CRC Press, Boca Raton, Flórida.
- Gardner, P., White, T., McPhail, D. e Duthie, G. (2000). The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chemistry*, **68**: 471-474.
- Gardner, W. P. (1997). *Statistical Analysis Methods for Chemists. A Software-Based Approach*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK.
- Gaillard, F. e Richard-Forget, F. (1997). Polyphenoloxidases from Williams Pear (*Pyrus communis* L, cv Williams): activation, purification and some properties. *J Sci Food Agric*, **74**: 49-56.
- Gössinger, M., Moritz, S., Hermes, M., Wendelin, S., Scherbichler, H., Halbwirth, H., Stich, K. e Berghofer, E. (2009). Effects of processing parameters on colour stability of strawberry nectar from puree. *Journal of Food Engineering*, **90**:171-178.
- Guerra, I. (2010). *Caracterização parcial de enzimas oxidativas e quantificação de compostos fenólicos em frutos de três genótipos de cajazeira (Spondias mombin L.) nos estádios d080e maturação verde e maduro*. Tese de Mestrado em Química. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 77 pp.

- He, Q. e Luo, Y. (2007). Enzymatic browning and its control in fresh-cut produce. *Stewart Postharvest Review*, **2007**: 6-3.
- Johnson, R. A. e Wichern, D. W. (1998). *Applied Multivariate Statistical Analysis*, Prentice Hall International, London, UK.
- Konić-Ristić, A., Šavikin, K., Zdunić, G., Janković, T., Juranic, Z., Menković, N. e Stanković, I. (2011). Biological activity and chemical composition of different berry juices. *Food Chemistry*, **125**: 1412-1417.
- Larrigaudiere, C., Lentheric, I. e Vendrell, M. (1998). Relationship between enzymatic browning and internal disorders in controlled-atmosphere stored pears. *J Sci Food Agric*, **78**: 232-236.
- Luíz, R., Hirata, T. e Clemente, E. (2007). Cinética de inativação da polifenoloxidase e peroxidase de abacate (*Persea americana* MILL.). *Ciênc. Agrotec*, **31(6)**: 1766-1773.
- Melo, Â. e Vilas Boas, E. (2006). Inibição do escurecimento enzimático de banana maçã minimamente processada. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, **26(1)**: 110-115.
- Mezadri, T., Villaño, D., Fernández-Pachón, M., García-Parrilla, M. e Troncoso, A. (2008). Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruits and derivatives. *Journal of food Composition and Analysis*, **21**: 282-290.
- Müller, L., Gnoyke, S., Popken, A. e Böhm, V. (2010). Antioxidant capacity and related parameters of different fruit formulations. *LWT – Food Science and Technology*, **43**: 992-999.
- Ndiaye, C., Xu, S. e Wang, Z. (2009). Steam blanching effect on polyphenoloxidase, peroxidase and colour of mango (*Mangifera indica* L.) slices. *Food Chemistry*, **113**: 92-95.
- Núñez-Delicado, E., Serrano-Megías, M., Pérez- López, A. e López-Nicolás, J. (2007). Characterization of polyphenol oxidase from Napoleon grape. *Food Chemistry*, **100**: 108-114.
- Paula, G. (2007). *Caracterização físico-química e estudo do escurecimento enzimático em produtos derivados de açai (Euterpe oleracea Mart.)*. Tese de Mestrado em Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 85 pp.

- Polydera, A., Stoforos, N. e Taoukis, P. (2003). Comparative shelf life study and vitamin C loss kinetics in pasteurized and high pressure processed reconstituted orange juice. *Journal of Food Engineering*, **60**: 21-29.
- PROBEB – Associação portuguesa das bebidas refrescantes não alcoólicas (2011). *Mercado e estatísticas*. Acedido em: 14 de Setembro de 2011, em: <http://www.probeb.pt/conteudo/Mercado-e-estatísticas/-/47> .
- Salcini, M. e Massantini, R. (2005). Minimally processed fruits: an update on browning control. *Stewart Postharvest Review*, **2005**: 3-8.
- Silva, D. (2007). *Estabilidade do suco tropical de goiaba (Psidium guajava L.) não adoçado obtido pelos processos de enchimento à quente e asséptico*. Tese de Mestrado em Tecnologia de Alimentos. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 98 pp.
- Terefe, N., Yang, Y., Knoerzer, K., Buckow, R. e Versteeg, C. (2010). High pressure and thermal inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase in strawberry puree. *Food Science and Emerging Technologies*, **11**: 52-60.
- Tiwari, B., Patras, A., Torres, B., Cullen, P., Bruton, N. e O'Donnell, C. (2011). Stability of antocyanins and ascorbic acid of high pressure processed blood orange juice during storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*.
- Uenojo, M. e Pastore, G. (2007). Pectinases: aplicações e perspectivas. *Quim. Nova*, **30(2)**: 388-394.
- Welti-Chanes, J., Ochoa-Velasco, C. e Guerrero-Beltrán (2009). High pressure homogenization of orange juice to inactivate pectinmethylesterase. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, **10**: 457-462.

Anexo I - Valores médios, desvios padrão e resultados da análise de variância para as amostras de MO, ao longo do tempo de armazenamento.

ANEXO

Parâmetros	Tempo de armazenamento (dias)						
	Não pasteurizado	0	7	14	21	28	35
Viscosidade (Cp)	122,6 ^a (44,1)	130,4 ^a (45,1)	134,6 ^a (51,2)	126,0 ^a (40,7)	115,7 ^a (29,2)	115,8 ^a (37,4)	112,0 ^a (35,1)
Cor - L*	50,8 ^c (1,6)	55,47 ^b (2,1)	57,0 ^{ab} (2,2)	57,9 ^a (2,4)	57,6 ^a (3,2)	56,8 ^{ab} (3,4)	56,4 ^{ab} (3,3)
Cor - a*	22,4 ^a (1,8)	18,8 ^b (1,3)	17,5 ^c (0,6)	17,1 ^{cd} (0,5)	16,9 ^{cd} (0,7)	16,9 ^{cd} (0,7)	16,7 ^d (0,7)
Cor - b*	49,7 ^c (1,8)	53,2 ^a (2,1)	52,4 ^{ab} (2,1)	51,0 ^{bc} (1,6)	49,8 ^c (0,8)	51,1 ^{bc} (2,7)	51,1 ^{bc} (2,9)
c	54,6 ^b (2,0)	56,4 ^a (2,4)	55,2 ^{ab} (2,2)	53,8 ^{bc} (1,6)	52,6 ^c (1,0)	53,8 ^{bc} (2,7)	53,8 ^{bc} (2,9)
h^o	65,7 ^c (1,7)	70,5 ^b (0,7)	71,5 ^a (0,4)	71,5 ^a (0,6)	71,3 ^a (0,5)	71,7 ^a (0,5)	71,9 ^a (0,6)
TCD	-----	28,1 ^b (14,4)	40,5 ^a (14,9)	43,7 ^a (16,0)	44,0 ^a (16,9)	45,0 ^a (16,5)	42,3 ^a (14,9)
pH	3,8 ^a (0,1)	3,7 ^a (0,1)					
°Brix	12,3 ^a (0,7)	12,5 ^a (0,2)					
Acidez	0,5 ^a (0,1)	0,5 ^a (0,0)					

a,b,c, ... Médias na mesma linha com índices diferentes têm diferenças significativas para $P < 0,05$, $n = 6$, para a cor $n = 20$ (teste de Scheffé).

Anexo II – Valores médios, desvios padrão e resultados da análise de variância para as amostras de TO, ao longo do tempo de armazenamento

Parâmetros	Tempo de armazenamento (dias)						
	Não pasteurizado	0	7	14	21	28	35
Viscosidade (Cp)	213,1 (46,1) ^a	236,2 (42,2) ^a	235,6 (42,0) ^a	223,0 (30,5) ^a	220,9 (21,2) ^a	209,1 (40,1) ^a	209,7 (46,7) ^a
Cor – L*	49,2 (1,0) ^d	54,4 (0,9) ^c	54,6 (1,0) ^{bc}	56,0 (0,7) ^a	54,9 (1,5) ^{bc}	54,8 (1,2) ^{bc}	55,2 (1,0) ^{ab}
Cor – a*	20,9 (1,7) ^a	17,9 (0,9) ^b	17,0 (0,7) ^c	16,6 (0,5) ^{cd}	16,4 (0,8) ^{cd}	16,3 (0,7) ^d	16,1 (0,7) ^d
Cor – b*	53,6 (2,0) ^c	56,8 (2,0) ^a	55,8 (1,9) ^{ab}	54,8 (2,9) ^{bc}	55,3 (1,8) ^b	55,0 (1,6) ^{bc}	54,9 (1,7) ^{bc}
c	57,6 (1,9) ^b	59,6 (2,0) ^a	58,3 (1,8) ^{ab}	57,2 (2,8) ^b	57,7 (1,9) ^b	57,3 (1,6) ^b	57,2 (1,7) ^b
hº	68,7 (1,7) ^c	72,5 (0,9) ^b	73,1 (0,8) ^{ab}	73,1 (0,9) ^{ab}	73,5 (0,7) ^a	73,5 (0,6) ^a	73,7 (0,6) ^a
TCD	-----	23,6 (6,9) ^c	25,5 (7,8) ^c	36,1 (11,1) ^a	29,7 (12,7) ^{abc}	28,8 (11,1) ^{bc}	33,4 (12,8) ^{ab}
pH	3,6 (0,1) ^a	3,7 (0,1) ^a					
ºBrix	12,9 (0,3) ^a	12,9 (0,4) ^a					
Acidez	0,5 (0,0) ^a	0,5 (0,0) ^a					

a,b,c, ... Médias na mesma linha com índices diferentes têm diferenças significativas para $P < 0,05$, $n = 6$, para a cor $n = 20$ (teste de Scheffé).

Anexo I II – Valores médios, desvios padrão e resultados da análise de variância para as amostras de SB, ao longo do tempo de armazenamento

Parâmetros	Tempo de armazenamento (dias)						
	Não pasteurizado	0	7	14	21	28	35
Viscosidade (Cp)	244,9 ^a (55,4)	252,1 ^a (26,1)	255,8 ^a (26,6)	254,6 ^a (45,3)	257,3 ^a (25,8)	231,1 ^a (41,4)	250,8 ^a (63,0)
Cor – L*	33,6 ^d (1,0)	36,7 ^c (1,6)	38,0 ^b (1,0)	39,7 ^a (1,0)	40,2 ^a (2,7)	40,1 ^a (1,5)	40,7 ^a (0,5)
Cor – a*	35,3 (0,4)	33,1 ^a (0,5)	31,3 ^b (1,0)	29,7 ^c (0,7)	29,2 ^d (0,2)	28,3 ^e (1,1)	27,4 ^f (0,7)
Cor – b*	26,4 ^{bc} (1,1)	25,7 ^{cd} (1,7)	25,1 ^d (1,5)	25,8 ^{cd} (1,1)	27,0 ^b (1,4)	26,4 ^{bc} (1,0)	28,3 ^a (0,4)
c	44,1 ^a (0,6)	41,9 ^b (1,4)	40,2 ^c (1,3)	39,4 ^{de} (0,7)	39,8 ^{cd} (0,9)	38,7 ^e (1,4)	39,4 ^{de} (0,3)
Hº	36,8 ^e (1,3)	37,8 ^{de} (1,4)	38,8 ^d (1,7)	40,9 ^c (1,6)	42,7 ^b (1,5)	43,0 ^b (0,6)	46,0 ^a (1,0)
TCD	-----	9,0 ^e (2,4)	20,0 ^d (7,0)	36,2 ^c (8,6)	43,8 ^{bc} (18,5)	47,4 ^b (19,1)	60,0 ^a (16,5)
pH	3,5 (0,1)	3,6 (0,1)					
ºBrix	12,1 ^a (1,2)	11,9 ^a (0,4)					
Acidez	0,5 ^a (0,0)	0,5 ^a (0,0)					

a,b,c,... Médias na mesma linha com índices diferentes têm diferenças significativas para $P < 0,05$, $n = 6$, para a cor $n = 20$ (teste de Scheffé).

Anexo IV – Valores médios, desvios padrão e resultados da análise de variância para as amostras de RB, ao longo do tempo de armazenamento

Parâmetros	Tempo de armazenamento (dias)						
	Não pasteurizado	0	7	14	21	28	35
Viscosidade (Cp)	193,9 ^a (63,2)	200,6 ^a (54,9)	194,3 ^a (42,4)	184,1 ^a (38,1)	197,4 ^a (44,9)	188,4 ^a (58,8)	187,1 ^a (55,2)
Cor – L*	19,2 ^f (1,2)	25,9 ^e (1,9)	27,4 ^d (2,0)	28,9 ^c (2,1)	29,5 ^{bc} (2,5)	30,4 ^{ab} (2,2)	31,8 ^a (1,9)
Cor – a*	29,6 ^{bc} (0,8)	31,4 ^a (1,2)	30,6 ^{ab} (1,6)	30,5 ^{ab} (1,6)	30,3 ^{ab} (1,5)	29,8 ^{bc} (1,7)	29,1 ^c (1,9)
Cor – b*	12,8 ^e (1,1)	13,5 ^{de} (0,9)	13,9 ^d (0,9)	14,9 ^c (1,1)	15,6 ^{bc} (1,4)	16,1 ^b (1,1)	17,8 ^a (0,8)
C	32,3 ^b (0,7)	34,2 ^a (1,3)	33,6 ^a (1,7)	34,0 ^a (1,5)	34,1 ^a (1,3)	33,8 ^a (1,9)	34,2 ^a (2,0)
h°	23,3 ^d (2,1)	23,3 ^d (1,4)	24,4 ^c (1,3)	26,1 ^{bc} (2,0)	27,2 ^b (2,7)	28,4 ^a (1,1)	31,6 ^d (0,8)
TCD	-----	23,3 ^e (4,7)	35,6 ^d (9,4)	52,7 ^c (12,8)	59,0 ^{bc} (18,3)	66,0 ^b (15,8)	87,2 ^a (14,2)
pH	3,5 ^a (0,2)	3,5 ^a (0,1)					
°Brix	13,0 ^a (0,3)	12,9 ^a (0,1)					
Acidez	0,5 ^a (0,1)	0,5 ^a (0,0)					

a,b,c, ... Médias na mesma linha com índices diferentes têm diferenças significativas para $P < 0,05$, $n = 6$, para a cor $n = 20$ (teste de Scheffé).