

3

TECNOALIMENTAR®

REVISTA DA INDÚSTRIA ALIMENTAR

TECNOLOGIA
INOVAÇÃO
QUALIDADE

2.º TRIMESTRE DE 2015 - 6€ TRIMESTRAL - PORTUGAL



**Tecnologia de Alta Pressão
na Conservação**

Perigos Alimentares do Pescado

Gorduras Alimentares

**INDÚSTRIA DE BEBIDAS:
Excelência na Produção Nacional**

SMOOTHIES COMERCIAIS

ESTABILIDADE DOS COMPOSTOS ANTIOXIDANTES



Por: M. Antónia Nunes¹,
Anabela Costa¹,
João Barreira^{1,2},
Ana Vinha^{1,3},
Rita C. Alves¹,
Ada Rocha⁴,
Beatriz Oliveira^{1*}

¹ REQUIMTE/LAQV, Departamento de Ciências Químicas, Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto, R. Jorge Viterbo Ferreira 228, 4050 - 313 Porto, Portugal; *beatoliv@ff.up.pt

² CIMO-ESA, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, Apartado 1172, 5301 - 855 Bragança, Portugal;

³ Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, R. Carlos da Maia 296, 4200 - 150 Porto, Portugal;

⁴ REQUIMTE/LAQV, Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto, R. Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal.

RESUMO

Os *smoothies* são bebidas resultantes da mistura de frutas, sumos e polpas de frutas, hortícolas, iogurte ou leite. A mais-valia associada a estes produtos é o conceito “natural” e “fresco”, sem adição de açúcares e/ou corantes, aproximando o seu conteúdo às características da fruta no seu estado natural.

Neste estudo, determinou-se o teor de compostos bioativos (compostos fenólicos, flavonoides e taninos) e a capacidade antioxidante (inibição do DPPH^{*} e poder reductor, FRAP) de *smoothies* disponíveis no mercado português. Para estudar as alterações ao longo do armazenamento, as amostras foram analisadas em três períodos distintos: momento da aquisição, 14 e 21 dias depois.

Os resultados demonstraram, de forma inequívoca, a diminuição do teor de compostos bioativos e da capacidade antioxidante ao longo do tempo. Além do mais, este decréscimo de bioatividade ocorreu independentemente do tipo de formulação utilizada, sem que qualquer das matrizes tivesse evidenciado um efeito protetor.

Palavras-Chave: compostos bioativos, tempo de prateleira, formulações, alimentos funcionais.

Smoothies: stability of antioxidant compounds

ABSTRACT

Smoothies are blended beverages containing fruit, fruit pulps and juice, vege-

tables, yoghurt or milk. The added-value of these products is associated to their “natural” and “fresh” properties, without added sugar or artificial additives.

Bioactive compounds (phenolic compounds, flavonoids and tannins) content as well as the antioxidant activity (DPPH^{*} inhibition and reducing power, FRAP) were assessed in commercial smoothies available in the Portuguese market along different shelf-life periods (at the time of acquisition, 14 and 21 days after).

The results showed that the content in bioactive compounds and the antioxidant activity indicators were significantly affected by the shelf-life time. Furthermore, the observed decrease was independent of formulation type, thereby indicating that none of the assayed matrices exerted a protective effect against the loss of bioactivity.

Keywords: bioactive compounds, shelf-life, formulations, functional foods.

INTRODUÇÃO

Os frutos e os hortícolas são essenciais para um padrão alimentar saudável devido à presença, na sua composição, de compostos bioativos naturais denominados “fitoquímicos” ou “fitonutrientes”, que conferem normalmente cor, sabor, aroma e proteção às plantas contra agressões ambientais.

A ingestão de fruta, através de formas alternativas é apelativa para o consumidor, respondendo à preocupação com



a saúde, cada vez mais presente. Este, procura produtos saudáveis e “naturais”, frescos ou minimamente processados, facilmente acessíveis, com um custo reduzido e seguros [1,2].

Os *smoothies* são bebidas obtidas pela mistura de frutas, sumos ou polpas de frutas, hortícolas, iogurte ou leite; podem ser preparados de forma caseira, com fruta fresca ou utilizando barras de polpa de fruta congeladas ou podem ser adquiridos no mercado, prontos a consumir (*smoothies* comerciais) [3]. Desta forma, os *smoothies* são produtos alternativos que, não substituindo totalmente o consumo da fruta, podem oferecer uma opção adequada, uma composição variada, inserida num padrão alimentar saudável. O termo “*smoothie*”, sendo de difícil tradução, foi adotado para o mercado português.

Avaliou-se neste trabalho, a capacidade antioxidante de *smoothies* disponíveis no mercado português (DPPH[•] e poder redutor, FRAP). Foram também determinadas as alterações no teor de substâncias bioativas (compostos fenólicos, flavonoides, ta-

ninos) no momento da aquisição (0 dias) e durante o prazo de validade (14 e 21 dias).

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem

Analisaram-se 16 amostras adquiridas nos operadores de distribuição nacional e lojas dietéticas no Porto, sendo selecionadas de acordo com: i) denominação “*smoothie*” no rótulo; ii) a denominação “*smoothie*” no perfil da prateleira; iii) atributos do produto associados com a definição de *smoothie*. A Tabela 1 apresenta uma descrição detalhada dos *smoothies* analisados. Foram adquiridas três amostras do mesmo lote e armazenadas em condições de temperatura e exposição à luz semelhantes às do mercado.

Com o objetivo de eliminar possíveis interferentes, nomeadamente do leite fermentado, as amostras foram clarificadas e filtradas [4]. Sucintamente, foi adicionada à amostra uma solução de ferrocianeto de potássio e de sulfato de zinco. Manteve-se a solução em repouso, durante dez minutos, após os quais foi filtrada. O extrato

aquoso resultante foi utilizado nos ensaios que se descrevem a seguir.

Avaliação da capacidade antioxidante e compostos bioativos

As análises foram determinadas espectrofotometricamente num leitor de microplacas de 96 poços. Para todos os ensaios foi construída uma curva de calibração com a solução-padrão correspondente.

Para avaliação da capacidade antioxidante foram utilizados dois métodos: capacidade de inibição do DPPH[•] e poder antioxidante por redução do ião férrico (FRAP).

A atividade anti-radicalar foi determinada de acordo com Costa *et al.* (2014), com algumas modificações [5]. A absorvência foi lida a 525 nm e os resultados expressos em mg de equivalentes de trolox (ET). O poder redutor foi realizado de acordo com Pulido *et al.* (2000), com algumas modificações [6]. As leituras da absorvência foram realizadas a 595 nm. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de sulfato ferroso (ESF).

O teor em fenólicos totais foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu com algumas modificações [7]. O ácido gálico foi utilizado como padrão e os resultados expressos em mg de equivalentes de ácido gálico (EAG).

O teor total de flavonoides foi determinado de acordo com o procedimento descrito por Soares *et al.* (2013) [8] e os resultados foram expressos em mg de equivalentes de epicatequina (EE).

O teor total de taninos foi determinado de acordo com Pansera *et al.* (2003), com algumas modificações [9].

O total de taninos foi expresso em mg de equivalentes de ácido tânico (EAT).

Todos os resultados foram expressos por 100 mL de bebida.

Análise estatística

As diferenças estatísticas entre os períodos de armazenamento foram avaliadas pela análise de variância ANOVA a um fator, utilizando os testes de Tukey HSD ou T2 de Tanhane. A normalidade das distribuições foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, com correção de Lilliefors, e a homogeneidade pelo teste de Levene.

O efeito combinado sobre todas as variáveis estudadas foi ainda avaliado através de uma Análise Discriminante Linear (ADL), onde foi possível determinar se o tipo de formulação estava associado às

variações mais significativas em função do tempo. As variáveis foram selecionadas de acordo com o método *stepwise*, utilizando o método do λ de Wilks, com as probabilidades normais para o valor de F (3,84 para entrar e 2,71 para remover), como critério de seleção. Os dados foram expressos como média \pm desvio padrão. Todos os testes estatísticos foram feitos com um nível de significância de 5% utilizando o programa SPSS 22.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos são uma fonte natural de fitoquímicos que podem apresentar interações sinérgicas e/ou antagônicas. Certos fato-

TABELA 1. COMPOSIÇÃO DAS AMOSTRAS DE ACORDO COM A INFORMAÇÃO DISPONÍVEL NO RÓTULO DA EMBALAGEM.

AMOSTRA	TIPO DE SMOOTHIE	PARTE DA FRENTE DA EMBALAGEM	INGREDIENTES
1	100% Sumo natural	Maçã e cenoura; só fruta fresca; sem açúcares adicionados	80% de maçãs frescas, 20% de cenouras frescas
2	100% Sumo natural	Laranja e maçã; só fruta fresca; sem açúcares adicionados	60% de laranjas frescas, 40% de maçãs frescas
3	Polme de frutos	Maçã, pera e morango; sem corantes; sem concentrados; dose de fruta fresca	Maçã (46%), pera (34%), morango (20%)
4	Polme de frutos	Maçã, banana, framboesa e mirtilo; sem corantes; sem concentrados; dose de fruta fresca	Maçã (82%), banana (8%), framboesa (6%), mirtilo (4%), vitamina C
5	Polme de frutos e cenoura	Maçã, cenoura, banana e manga; sem corantes; sem concentrados; dose de fruta fresca	Maçã (60%), cenoura (20%), banana (10%), manga (10%), vitamina C
6	Polme de frutos	Maçã e laranja; sem corantes; sem concentrados; dose de fruta fresca	Maçã (50%), laranja (50%), vitamina C
7	Polme de frutos	Maçã, manga e banana; sem corantes; sem concentrados; dose de fruta fresca	Maçã (60%), manga (35%), banana (5%), vitamina C
8	Mistura de sumos de fruta, polme de frutos e polpa de laranja	Smoothie de fruta, morango, banana	Sumo de uva (37,7%), polme de morango (30%), polme de banana (22%), sumo de laranja (7%), polpa de laranja (3%), polme de cássis (0,3%)
9	Mistura de sumos de fruta e polme de frutos	Smoothie de fruta, ananás, coco	Sumo de ananás (43%), polme de banana (35%), polme de maçã (10%), polme de coco (7%), sumo de laranja (5%), antioxidante (E300)
10	Mistura de polme de frutos, sumo e polpa de laranja	Smoothie de fruta, manga, maracujá	Polme de banana (30%), sumo de laranja (25%), polme de manga (15%), polme de maçã (15%), polme de maracujá (11%), polpa de laranja (4%), antioxidante (E300)
11	Leite fermentado líquido com manga	Smoothie - 4x mais fruta	Leite pasteurizado, manga (11,3%), açúcar, leite em pó, goma acácia, bifidobactérias e outros fermentos lácteos ativos, aroma de manga, corante natural (luteína), conservante da fruta (E-202)
12	Leite fermentado líquido com ananás	Smoothie - 4x mais fruta	Leite pasteurizado, ananás (11,3%), açúcar, leite em pó, goma acácia, bifidobactérias e outros fermentos lácteos ativos, corantes naturais (extrato de pimentão e curcumina), conservante da fruta (E-202)
13	Leite fermentado líquido com morango	Smoothie - 4x mais fruta	Leite pasteurizado, morango (13,2%), açúcar, leite em pó, goma acácia, corante natural (antocianinas), aroma de morango, bifidobactérias e outros fermentos lácteos ativos, conservante da fruta (E-202)
14	Smoothie mirtilo	100% fruit inside - Blueberry smoothie	Sumo* de maçã (47%), mirtilos (18%), puré de banana (16,5%), sumo* de uva (10%), puré de framboesa (8,5%)
15	Smoothie maracujá	100% fruit inside - Passion fruit smoothie	Puré de banana (26%), sumos* de maracujá (21%), de maçã (19%) e de laranja (19%), puré de pêssego (15%)
16	Smoothie morango	100% fruit inside - Strawberry smoothie	Puré de morangos (30%), sumos* de maçã (26%) e de uva (18%), puré de banana (15%), sumos* de laranja (9%) e de arónia (2%)

* de concentrado

res externos como a exposição solar, o grau de maturação aquando da colheita dos frutos, assim como o processamento (homogeneização, processamento térmico ou não-térmico e armazenamento) podem levar a diferentes comportamentos da matriz alimentar [10-12].

Os frutos que constituem os *smoothies* selecionados são muito variados (Tabela 1). De acordo com a sua composição, as amostras foram agrupadas em “sumos” (amostras 1-2), “polmes” (amostras 3-7), “sumos + polmes/polpas” (amostras 8-10 e 14-16) e “leite fermentado + fruta” (amostras 11-13).

As Tabelas 2 e 3 apresentam, respetivamente, os valores da capacidade antioxidante e do teor de compostos bioativos determinados.

No momento de aquisição, compararam-se individualmente os produtos. Os *smoothies* 4, 5 e 7 (grupo “polmes”) apre-

sentaram teores mais elevados de compostos fenólicos totais, flavonoides e taninos. O *smoothie* 16 (grupo “sumos + polmes/polpas”) apresentou também um teor elevado de flavonoides. As amostras 5 e 7 apresentaram capacidade antioxidante (avaliada por ensaio FRAP) relevante em relação às outras amostras. A amostra 14 (grupo “sumos + polmes/polpas”) apresentou a maior atividade antioxidante pelo ensaio do DPPH[•].

A amostra 5 (polme de frutos e cenoura) apresentou elevada capacidade antioxidante (DPPH[•] e FRAP), assim como o teor de compostos fenólicos mais elevado. Estes valores poderão ser justificados pela presença de cenoura que possui outros antioxidantes (não determinados neste estudo), que podem contribuir para uma ação sinérgica [13].

As amostras 11, 12 e 13 (grupo “leite fermentado + fruta”) apresentaram

os teores mais reduzidos de compostos bioativos e de capacidade antioxidante. É importante notar que estas amostras têm apenas entre 11,3% e 13,2% de fruta (Tabela 1). Nas amostras 11 e 12 observou-se um aumento na concentração de flavonoides aos 14 dias e depois um decréscimo dos mesmos aos 21 dias. Os flavonoides ligam-se às proteínas da matriz alimentar, o que pode levar a uma diminuição da biodisponibilidade dos antioxidantes. A interação que resulta na formação do complexo proteína-flavonoide (os flavonoides têm uma elevada afinidade para a superfície hidrofóbica das proteínas lácteas) pode ser reversível ou irreversível, dependendo do pH, da temperatura e do teor de proteína e flavonoides [14].

Para além da avaliação do efeito da composição de cada *smoothie* nas propriedades antioxidantes, era objetivo do

TABELA 2. CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DOS SMOOTHIES NOS TRÊS PERÍODOS DE AVALIAÇÃO: MOMENTO DE AQUISIÇÃO (t_0), 14 DIAS (t_{14}) E AOS 21 DIAS (t_{21}). OS RESULTADOS ESTÃO EXPRESSOS EM MÉDIA±DESVIO-PADRÃO.

AMOSTRA	DPPH [•] (mg ET/100 mL)			ANOVA p-value	FRAP [•] (mg ESF/100 mL)			ANOVA p-value
	t_0	t_{14}	t_{21}		t_0	t_{14}	t_{21}	
1	39±1 ^a	53±4 ^a	32±3 ^c	< 0,001	174±1 ^a	142±3 ^b	76±2 ^c	< 0,001
2	72±3 ^a	41±1 ^b	10±1 ^c	< 0,001	260±13 ^a	126±7 ^b	130±6 ^c	< 0,001
3	55±2 ^a	49±3 ^b	11±1 ^c	< 0,001	273±9 ^a	127±8 ^c	169±9 ^b	< 0,001
4	53±3 ^b	77±2 ^a	20±1 ^c	< 0,001	313±17 ^a	254±12 ^b	185±11 ^c	< 0,001
5	69±2 ^a	63±6 ^a	37±3 ^b	< 0,001	331±15 ^a	243±13 ^b	230±21 ^b	< 0,001
6	51±4 ^b	48±1 ^a	46±2 ^c	< 0,017	230±13 ^a	207±16 ^b	207±11 ^b	0,011
7	56±2 ^a	58±2 ^a	41±1 ^b	< 0,001	360±11 ^a	273±16 ^c	318±13 ^b	< 0,001
8	69±3 ^a	48±3 ^b	38±2 ^c	< 0,001	232±20 ^a	151±10 ^b	127±11 ^c	< 0,001
9	43±2 ^a	44±3 ^a	37±2 ^b	< 0,001	151±8 ^a	109±9 ^c	128±14 ^b	< 0,001
10	40±2 ^b	47±3 ^a	33±4 ^c	< 0,001	195±11 ^a	133±11 ^b	132±12 ^b	< 0,001
11	26±2 ^b	44±3 ^a	30±3 ^b	< 0,001	48±4	45±6	43±3	0,166
12	15±1 ^b	35±2 ^a	14±1 ^b	< 0,001	42±4 ^a	32±5 ^b	24±4 ^c	< 0,001
13	26±3 ^b	61±2 ^a	14±1 ^c	< 0,001	73±4 ^a	54±5 ^b	46±6 ^b	< 0,001
14	103±5 ^a	52±2 ^b	20±2 ^c	< 0,001	260±17 ^a	180±9 ^b	77±6 ^c	< 0,001
15	36±4 ^b	41±2 ^a	26±1 ^c	< 0,001	127±8 ^a	98±7 ^b	59±6 ^c	< 0,001
16	47±1 ^b	59±5 ^a	55±4 ^a	< 0,001	195±9 ^a	144±9 ^b	65±5 ^c	< 0,001

¹ Os resultados foram classificados pelo teste de Tukey HSD (homocedásticas) ou pelo T2 de Tamhane T2 (heterocedásticas): diferentes letras em cada linha representam diferenças estatisticamente significativas entre períodos.

TABELA 3. TEOR DE COMPOSTOS BIOATIVOS (FENÓLICOS TOTAIS, FLAVONOIDES E TANINOS) DOS *SMOOTHIES* NOS TRÊS PERÍODOS DE AVALIAÇÃO: MOMENTO DE AQUISIÇÃO (t_0), 14 DIAS (t_{14}) E AOS 21 DIAS (t_{21}). OS RESULTADOS ESTÃO EXPRESSOS EM MÉDIA±DESVIO-PADRÃO.

AMOSTRA	FENÓLICOS TOTAIS (mg EAG/100 mL)			ANOVA p^2	FLAVONOIDES (mg EE/100 mL)			ANOVA p^2	TANINOS (mg EAT/100 mL)			ANOVA p^2
	t_0	t_{14}	t_{21}		t_0	t_{14}	t_{21}					
1	22,5±0,3 ^a	20,2±0,5 ^b	6,4±0,2 ^c	< 0,001	16,6±0,3 ^a	9,9±0,4 ^b	3,3±0,5 ^c	< 0,001	0,062±0,004 ^a	0,053±0,002 ^b	0,017±0,002 ^c	< 0,001
2	29±1 ^a	16±1 ^b	11±1 ^c	< 0,001	13±1 ^a	7±1 ^c	9±1 ^b	< 0,001	0,082±0,004 ^a	0,050±0,002 ^b	0,028±0,002 ^c	< 0,001
3	32±1 ^a	18±1 ^b	11±1 ^c	< 0,001	17±1 ^a	9±1 ^c	14±1 ^b	< 0,001	0,087±0,005 ^a	0,051±0,005 ^b	0,027±0,002 ^c	< 0,001
4	38±1 ^a	25±1 ^b	11±1 ^c	< 0,001	33±1 ^a	16±1 ^b	2±1 ^c	< 0,001	0,108±0,005 ^a	0,074±0,003 ^b	0,028±0,002 ^c	< 0,001
5	45±2 ^a	24±1 ^b	16±1 ^c	< 0,001	39±2 ^a	15±1 ^b	3±1 ^c	< 0,001	0,103±0,005 ^a	0,086±0,005 ^b	0,041±0,003 ^c	< 0,001
6	34±2 ^a	26±1 ^b	15±1 ^c	< 0,001	9,3±0,5 ^a	6,0±0,5 ^b	3,1±0,2 ^c	< 0,001	0,068±0,005 ^a	0,070±0,005 ^b	0,045±0,003 ^c	< 0,001
7	40±1 ^a	26±1 ^b	20±1 ^c	< 0,001	36±1 ^a	10±1 ^b	7±1 ^c	< 0,001	0,119±0,005 ^a	0,084±0,005 ^b	0,055±0,005 ^c	< 0,001
8	24±1 ^a	18±1 ^b	10±1 ^c	< 0,001	9±1 ^a	8±1 ^a	2±1 ^b	< 0,001	0,066±0,005 ^a	0,053±0,005 ^b	0,020±0,001 ^c	< 0,001
9	19,3±0,5 ^a	14,9±0,5 ^b	9,3±0,5 ^c	< 0,001	6,4±0,4 ^a	4,4±0,2 ^b	1,1±0,4 ^c	< 0,001	0,069±0,005 ^a	0,043±0,005 ^b	0,023±0,002 ^c	< 0,001
10	21,7±0,5 ^a	15,0±0,4 ^b	9,8±1 ^c	< 0,001	18±1 ^a	8,2±0,5 ^b	2,0±0,2 ^c	< 0,001	0,073±0,005 ^a	0,052±0,005 ^b	0,022±0,003 ^c	< 0,001
11	4,1±0,3 ^a	3,7±0,2 ^b	2,9±0,2 ^c	< 0,001	1,4±0,2 ^c	2,6±0,2 ^b	1,9±0,4 ^b	< 0,001	0,011±0,001 ^a	0,012±0,001 ^a	0,006±0,001 ^b	< 0,001
12	3,2±0,2 ^a	3,3±0,2 ^a	2,0±0,1 ^b	< 0,001	1,1±0,1 ^c	3,7±0,5 ^a	2,2±0,5 ^b	< 0,001	0,007±0,001 ^b	0,014±0,004 ^a	0,008±0,003 ^b	0,010
13	7,3±0,3 ^a	5,4±0,3 ^b	2,9±0,3 ^c	< 0,001	4,8±0,5 ^a	4,2±0,5 ^b	2,4±0,5 ^b	< 0,001	0,018±0,002 ^a	0,012±0,002 ^b	0,007±0,001 ^c	< 0,001
14	33±1 ^a	23±1 ^b	8±1 ^c	< 0,001	21±2 ^a	13±1 ^b	5±1 ^c	< 0,001	0,081±0,005 ^a	0,061±0,005 ^b	0,013±0,002 ^c	< 0,001
15	18±2 ^a	14±1 ^b	5±1 ^c	< 0,001	26±3 ^a	10±1 ^b	4±1 ^c	< 0,001	0,034±0,005 ^a	0,040±0,003 ^b	0,030±0,005 ^c	< 0,001
16	26±2 ^a	24±1 ^b	6±1 ^c	< 0,001	29±1 ^a	7,0±0,3 ^b	5,1±0,4 ^c	< 0,001	0,054±0,005 ^a	0,056±0,004 ^a	0,014±0,002 ^b	< 0,001

¹ Os resultados foram classificados pelo teste de Tukey HSD (homoscedásticas) ou pelo T2 de Tamhane T2 (heteroscedásticas): diferentes letras em cada linha representam diferenças estatisticamente significativas entre períodos.

trabalho verificar se a formulação utilizada (sumos, polmes, sumos + polmes/polpas e leite fermentado + fruta) poderia, de alguma forma, prevenir ou acelerar a perda de bioativos.

Enquanto na secção anterior, a variação foi estudada em cada *smoothie* individualmente, na ADL os efeitos sobre todas as amostras são estudados em simultâneo para todos os parâmetros. Devido à variabilidade natural entre os diferentes *smoothies*, os valores foram normalizados, subtraindo o valor correspondente ao dia 0 (controlo) aos obtidos nos dias 14 e 21. As diferenças obtidas em cada caso foram ainda divididas pelo respetivo controlo. Assim, os procedimentos de classificação foram aplicados às diferenças registadas para cada parâmetro ao longo do tempo, e não aos valores absolutos obtidos para os mesmos períodos.

No modelo discriminante obtido foram definidas três funções, integrando 100% da variância observada (função 1: 79,3%; função 2: 19,2%; função 3: 1,5%) (Figura 1). Nenhuma das formulações foi agrupada num agregado distinto, indicando incapacidade para proteger ou impulsionar as perdas de atividade antioxidante.

CONCLUSÕES

Ao longo do tempo (em especial para o 21.º dia) foi observada uma diminuição dos compostos bioativos analisados e da capacidade antioxidante. Este comportamento indica que, independentemente da estabilidade dos parâmetros físico-químicos, ocorre uma degradação dos compostos ao longo do tempo, mais acentuada no fim do prazo de validade.

Apesar da diferente composição dos *smoothies*, não foi possível concluir pela existência de uma formulação mais suscetível ou resistente às alterações do teor dos compostos analisados. Assim, de forma a beneficiar do melhor potencial antioxidante destes produtos é aconselhável evitar o seu consumo próximo do fim do prazo de validade.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho recebeu financiamento da FCT através do projeto Pest-C/EQB/ LA0006/2013 e da União Europeia (FEDER/ COMPETE), no âmbito do QREN, através do Projeto NORTE-07- 0124-FEDER000069. João Barreira e Rita Alves agradecem à FCT pelas bolsas de pós-doutoramento (SFRH/BPD/72802/2010 e SFRH/BPD/68883/2010), financiada pelo FSE e MCTES. ■

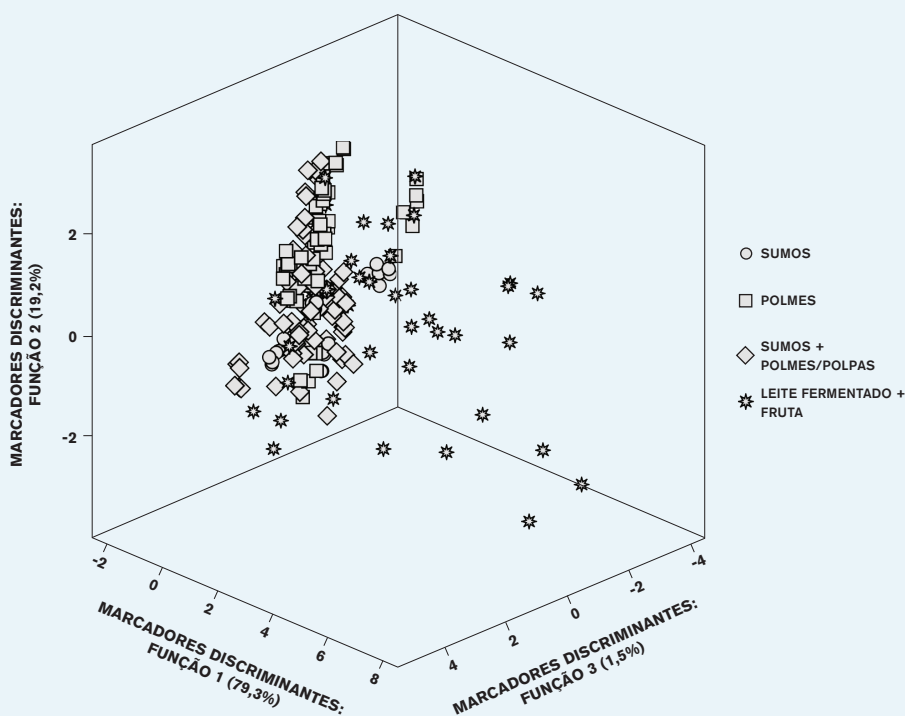


FIGURA 1. MARCADORES DAS DIFERENTES FORMULAÇÕES PROJETADOS PARA AS TRÊS PRIMEIRAS FUNÇÕES DEFINIDAS COM BASE NAS DIFERENÇAS TEMPORAIS DOS TEORES DE COMPOSTOS BIOATIVOS E INDICADORES DE ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.

Chemical Toxicology, 60(0):413-8.

- [9] Pansera, M. R., Santos, A. C. A., Paese, K., Wasum, R., Rossato, M., Rota, L. D., et al. 2003. Análise de taninos totais em plantas aromáticas e medicinais cultivadas no Nordeste do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 13:17-22.
- [10] D'Archivio, M., Filesì, C., Vari, R., Scacciochio, B., Masella, R. 2010. Bioavailability of the Polyphenols: Status and Controversies. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(4):1321-42.
- [11] Oms-Oliu, G., Odriozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R., Elez-Martínez, P., Martín-Belloso, O. 2012. Stability of health-related compounds in plant foods through the application of non thermal processes. *Trends in Food Science & Technology*, 23(2):111-23.
- [12] Palafox-Carlos, H., Ayala-Zavala, J. F., Gonzalez-Aguilar, G. A. 2011. The Role of Dietary Fiber in the Bioaccessibility and Bioavailability of Fruit and Vegetable Antioxidants. *Journal of Food Science*, 76(1):R6-R15.
- [13] Muller, L., Gnoyke, S., Popken, A. M., Bohm, V. 2010. Antioxidant capacity and related parameters of different fruit formulations. *LWT-Food Science and Technology*, 43(6):992-9.
- [14] Yuksel, Z., Avci, E., Erdem, Y. K. 2010. Characterization of binding interactions between green tea flavanoids and milk proteins. *Food Chemistry*, 121(2):450-6.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Grunert, K. G. 2010. European consumers' acceptance of functional foods. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1190:166-73.
- [2] Keenan, D. E., Tiwari, B. K., Patras, A., Gormley, R., Butler, F., Brunton, N. P. 2012. Effect of sonication on the bioactive, quality and rheological characteristics of fruit smoothies. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(4):827-36.
- [3] Keenan, D. E., Brunton, N., Gormley, R., Butler, F. 2011. Effects of Thermal and High Hydrostatic Pressure Processing and Storage on the Content of Polyphenols and Some Quality Attributes of Fruit Smoothies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(2):601-7.
- [4] Nandutu, A. M., Clifford, M., Howell, N. K. 2007. Analysis of phenolic compounds in Ugandan sweet potato varieties (NSP, SPK AND TZ). *African Journal of Biochemistry Research*, 1(3):29-36.
- [5] Costa, A. S. G., Alves, R. C., Vinha, A. E., Barreira, S. V. P., Nunes, M. A., Cunha, L. M.,

- Oliveira, M. B. P. P. 2014. Optimization of antioxidants extraction from coffee silverskin, a roasting by-product, having in view a sustainable process. *Industrial Crops and Products*, 53(0):350-7.
- [6] Pulido R., Bravo, L., Saura-Calixto, F. 2000. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(8):3396-402.
- [7] Alves, R. C., Costa, A. S. G., Jerez, M., Casal, S., Sineiro, J., Nunez, M. J., Oliveira, M. B. P. P. 2010. Antiradical Activity, Phenolics Profile, and Hydroxymethylfurfural in Espresso Coffee: Influence of Technological Factors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(23):12221-9.
- [8] Soares, M. O., Alves, R. C., Pires, P. C., Oliveira, M. B. P. P., Vinha, A. F. 2013. Angolan *Cymbopogon citratus* used for therapeutic benefits: Nutritional composition and influence of solvents in phytochemicals content and antioxidant activity of leaf extracts. *Food and*

