

RESPOSTA GLICÉMICA A DIFERENTES TIPOS DE PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS À BASE DE FRUTA EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS

TALITA COSTA LEITE

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Nutrição Humana e Metabolismo
na Faculdade de Ciências Médicas | NOVA Medical School da Universidade NOVA de
Lisboa

Abril, 2023

nms.unl.pt

RESPOSTA GLICÉMICA A DIFERENTES TIPOS DE PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS À BASE DE FRUTA EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS

Talita Costa Leite

Orientadores: Prof^a Doutora Marta Filipa Paulino Silvestre, Professora Auxiliar Convidada
da Faculdade de Ciências Médicas | NOVA Medical School da Universidade NOVA de
Lisboa

Dra. Inês Castela, Nutricionista (4400N), Mestre em Nutrição Humana e
Metabolismo pela Faculdade de Ciências Médicas | NOVA Medical School da Universidade
NOVA de Lisboa

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Nutrição Humana e Metabolismo

Abril, 2023

O trabalho desenvolvido no âmbito desta dissertação foi financiado pelo projeto “cLabel+: Alimentos inovadores “clean label” naturais, nutritivos e orientados para o consumidor” (POCI-01-0247-FEDER-046080).



Agradecimentos

Quero agradecer, em primeiro lugar, aos meus pais, pois sem eles não seria possível iniciar, muito menos finalizar o mestrado, obrigada por todo apoio, incentivo e suporte;

À professora Marta Silvestre, pelas orientações e pelo conhecimento transmitido;

À Inês Castela, minha total gratidão, não apenas por toda orientação, mas também pela disponibilidade, paciência e atenção;

Ao professor Luís Horta, pelo acolhimento, disponibilidade e paciência;

Ao meu companheiro, Júlio, que me aconselha na caminhada dos projetos da vida e dos estudos;

À Márcia Helena, que me ajudou nos momentos sombrios e me mostrou caminhos que eu não conseguia ver sozinha.

“Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas, que já tem a forma do nosso corpo, e esquecer os nossos caminhos, que nos levam sempre aos mesmos lugares. É o tempo da travessia: e, se não ousarmos fazê-la, teremos ficado, para sempre, à margem de nós mesmos.” Fernando Pessoa

Lista de abreviaturas

AGCC	Ácidos gordos de cadeia curta
CG	Carga glicémica
DALYs	<i>Disability-adjusted life years</i>
DCNT	Doenças crónicas não transmissíveis
DM2	Diabetes <i>mellitus</i> tipo 2
EFSA	<i>European Food Safety Authority</i>
EPM	Erro padrão da média
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
GIP	Peptídeo inibidor gástrico
GLP1	Peptídeo 1 semelhante ao glucagon
GLUTs	Transportadores de glicose
HC	Hidratos de carbono
IAN - AF	Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física
iAUC	Área Incremental Sob a Curva
IG	Índice glicémico
IMC	Índice de massa corporal
NMS FCM–UNL	NOVA Medical School Faculdade de Ciências Médicas da Universidade NOVA de Lisboa
OMS	Organização Mundial da Saúde
PYY	Petídeo YY
VAS	Escalas Visuais Analógicas

Índice

Agradecimentos.....	4
Lista de abreviaturas.....	5
Índice de tabelas	8
Índice de figuras.....	9
Resumo	12
Abstract	13
Introdução	14
1. Classificação dos Hidratos de Carbono.....	16
2. Fibras.....	18
3. Índice glicêmico e carga glicêmica	20
4. Alimentação e indústria.....	24
Objetivos	26
Objetivos específicos.....	26
Metodologia	27
1. Desenho de estudo e participantes.....	27
1.1. Rastreio Inicial:	28
1.2. Preparação do alimento-referência e determinação da resposta glicêmica:	28
1.3. Preparação dos alimentos-teste e determinação da resposta glicêmica ..	29
2. Aferição da glicemia.....	31
2.1. Glicemia capilar	31
2.2. Glicemia intersticial	31
3. Avaliação antropométrica	31
4. Recolha de dados pessoais.....	32
5. Determinação do índice glicêmico.....	32
6. Escalas visuais analógicas (avaliação subjetiva das sensações de apetite e de palatabilidade)	32
7. Análise Estatística	33
Resultados	34
1. Caracterização da amostra	34
2. Resposta Glicêmica	34
2.1. Pêssego	34
2.2. Pera	39

3. Escalas Visuais Analógicas – VAS	47
3.1. Avaliação subjetiva das sensações de apetite.....	47
3.1.1. Pêssego.....	47
3.1.2. Pera	48
4. Avaliação subjetiva da palatabilidade.....	50
4.1. Pêssego	50
4.2. Pera	51
5. Índice glicêmico	53
5.1. Pêssego	53
5.2. Pera	53
Discussão	54
Limitações e perspectivas futuras.....	58
Conclusão	59
Referências Bibliográficas.....	60

Índice de tabelas

Tabela 1 - Dados do consumo alimentar em Portugal	15
Tabela 2 - Classificação dos hidratos de carbono consoante o grau de polimerização	18
Tabela 3 - Índice Glicémico de 62 alimentos.	23
Tabela 5 - Indicação da quantidade de cada alimento-teste utilizada nos ensaios das matrizes de pêssago e de pera	30
Tabela 6 - Características gerais e antropométricas dos participantes.....	34
Tabela 7 - Valores de índice glicémico dos alimentos-teste da matriz pêssago.....	53
Tabela 8 - Valores de índice glicémico dos alimentos-teste da matriz pera.....	53

Índice de figuras

Figura 1 - Ligação glicosídica.	17
Figura 2 - tipo de fibra e suas funções.	19
Figura 3 - Representação gráfica do índice glicémico dos alimentos ao longo do tempo.	22
Figura 4 – Fragmento da tabela de Índice Glicémico de 62 alimentos.	23
Figura 5 - Diagrama do processamento da fruta até às diferentes matérias-primas.	30
Figura 6 - Média da resposta glicémica dos alimentos-teste da matriz pêssago e do alimento-referência dextrose (A). Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicémica dos alimentos-teste da matriz pêssago e do controlo dextrose (B).	35
Figura 7 - Média da resposta glicémica do sumo turvo e da dextrose ao longo do tempo (A). O Comparação da área incremental sob a curva (iAUC) da resposta glicémica da dextrose e do sumo turvo de pêssago (B)..	35
Figura 8 - Média da resposta glicémica do puré sem urschel e da dextrose ao longo do tempo (A). Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicémica da dextrose e do puré sem urschel de pêssago (B).	36
Figura 9 - Média da resposta glicémica do puré com urschel e da dextrose ao longo do tempo (A). Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicémica da dextrose e do puré com urschel de pêssago (B).	37
Figura 10 - Média da resposta glicémica do sumo turvo e do puré sem urschel ao longo do tempo (A). Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicémica do sumo turvo e do puré sem urschel de pêssago (B).	37
Figura 11 - Média da resposta glicémica do sumo turvo e do puré com urschel ao longo do tempo (A). Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicémica do sumo turvo e do puré com urschel de pêssago (B).	38
Figura 12 – Média da resposta glicémica do puré sem urschel de pêssago e do puré com urschel de pêssago ao longo do tempo (A). Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicémica do puré sem urschel e do puré com urschel de pêssago (B).	39
Figura 13 - Média da resposta glicémica ajustada ao valor da baseline dos alimentos-teste da matriz pera. Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicémica dos alimentos da matriz pera e do controlo dextrose (B).	40
Figura 14 - Média da resposta glicémica ajustada ao valor da baseline da dextrose (alimento-referência) e da fruta em natureza (pera) ao longo do tempo (A). Comparação da área	

incremental sob a curva da resposta glicêmica da dextrose e da fruta em natureza (pera) (B).41

Figura 15 - Média da resposta glicêmica ajustada ao valor da baseline da dextrose (alimento-referência) e do sumo turvo de pera ao longo do tempo (A). Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica da dextrose e do sumo turvo (B).41

Figura 16 - Média da resposta glicêmica ajustada ao valor da baseline da dextrose (alimento-referência) e do sumo clarificado de pera ao longo do tempo (A). Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica da dextrose e do sumo clarificado (B).42

Figura 17 - Média da resposta glicêmica ajustada ao valor da baseline da dextrose (alimento-referência) e do puré com urschel de pera ao longo do tempo (A). Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica da dextrose e do puré com urschel (B).43

Figura 18 - Média da resposta glicêmica ajustada ao valor da baseline da fruta em natureza (pera) e do sumo turvo de pera ao longo do tempo (A). Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica da fruta em natureza (pera) e do sumo turvo (B).43

Figura 19 - Média da resposta glicêmica ajustada ao valor da baseline da fruta em natureza (pera) e do sumo clarificado de pera ao longo do tempo (A). Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica da fruta em natureza (pera) e do sumo clarificado (B). 44

Figura 20 - Média da resposta glicêmica ajustada ao valor da baseline da fruta em natureza (pera) e do puré com urschel de pera ao longo do tempo (A). Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica da fruta em natureza (pera) e do puré com urschel (B).45

Figura 21 - Média da resposta glicêmica ajustada ao valor da baseline do sumo turvo de pera e do sumo clarificado de pera ao longo do tempo (A). Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica do sumo turvo de pera e do sumo clarificado (B).45

Figura 22 - Média da resposta glicêmica ajustada ao valor da baseline do sumo turvo e do puré com urschel de pera ao longo do tempo (A). Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica do sumo turvo e do puré com urschel (B).46

Figura 23 - Média da resposta glicêmica ajustada ao valor da baseline do sumo clarificado e do puré com urschel de pera ao longo do tempo (A). Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica do sumo clarificado e do puré com urschel (B).46

Figura 24 - Média das avaliações subjetivas das sensações de fome (A), saciedade (B), enfiamento (C) e apetite (D) ajustada ao valor da baseline dos alimentos da matriz de pêssego e da dextrose ao longo do tempo. 48

Figura 25 - Média das avaliações subjetivas das sensações de fome (A), saciedade (B), enfiartamento (C) e apetite (D) ajustada ao valor da baseline dos alimentos da matriz de pera e da dextrose ao longo do tempo.....	49
Figura 26 - Média da avaliação das características organoléticas dos alimentos da matriz pêssogo e do controlo dextrose.....	51
Figura 27 - Média da avaliação das características organoléticas dos alimentos da matriz pera e do controlo dextrose.....	52

Resumo

Introdução e objetivos: O grupo das frutas é amplamente recomendado pelas suas propriedades promotoras da saúde, pois apresentam quantidades significativas de fibra, compostos bioativos, vitaminas e minerais. Com o aumento cada vez maior do consumo de produtos industrializados, a indústria tem um papel importante em disponibilizar alternativas alimentares mais saudáveis, com um mínimo de processamento, de modo a se manter o máximo de nutrientes como exemplo as fibras. Este estudo pretende avaliar a resposta glicémica e o IG de diferentes alimentos à base de fruta, com diferentes tipos de processamento industrial, em indivíduos adultos saudáveis. Pretende-se também estudar as sensações subjetivas de apetite e palatabilidade associadas ao consumo destes alimentos. **Metodologia:** Foi avaliada a resposta glicémica de alimentos à base de pera (fruta em natureza, puré com Urschel, sumo turvo e sumo clarificado) e de pêssago (sumo turvo e purés com e sem Urschel). Os valores de glicemia capilar (pêssago) e intersticial (pera) e as escalas visuais analógicas para as sensações subjetivas de apetite foram medidos aos momentos: 0, 15, 30, 60, 90 e 120 minutos, em dias distintos para cada produto. A metodologia utilizada para o cálculo do IG foi baseada no protocolo internacional ISO 26642:2010. **Resultados:** Foram recolhidos dados de 29 indivíduos jovens saudáveis (76% mulheres; idade média = 22 anos; IMC médio = 21,50 kg/m²). Todos os alimentos à base de fruta apresentaram IG baixos (<55), com respostas glicémicas claramente inferiores ao controlo, dextrose, embora não muito diferentes entre si. Especificamente em relação à matriz pera, a fruta em natureza apresentou uma resposta glicémica menor que o sumo clarificado, enquanto o puré apresentou uma resposta glicémica inferior ao sumo turvo, não diferindo da fruta em natureza. Referente as sensações subjetivas de apetite, a fruta em natureza apresentou melhores parâmetros comparado ao controlo e a todos os alimentos-teste para saciedade, enfiamento e apetite. **Conclusão:** Os alimentos à base de fruta incluídos neste estudo, embora processados, apresentaram um índice glicémico baixo, o que pode ter interesse do ponto de vista metabólico. O consumo de fruta processada em forma de puré, pode ser uma alternativa ao consumo de fruta em natureza, quando esta não está disponível.

Palavras-chave: Apetite, fruta, índice glicémico, processamento, resposta glicémica

Abstract

Introduction and objectives: The group of fruits is widely recommended for their health-promoting properties, as they have significant amounts of fiber, bioactive compounds, vitamins and minerals. With the consumption of industrialized products increasing, the industry has an important role in providing healthier food alternatives, with minimal processing, in order to maintain the maximum nutrients such as fiber. This study aims to evaluate the glycemic response and the GI of different fruit-based foods, with different types of industrial processing, in healthy adult subjects. It also intends to study the subjective sensations of appetite and palatability associated with the consumption of these foods. **Methodology:** The glycemic response of pear (raw fruit, puree with Urschel, cloudy juice and clarified juice) and peach (cloudy juice and puree with and without Urschel) based foods was evaluated. Capillary (peach) and interstitial (pear) blood glucose values and visual analog scales for subjective appetite sensations were measured at times: 0, 15, 30, 60, 90 and 120 minutes, on separate days for each product. The methodology used to calculate GI was based on the international protocol ISO 26642:2010. **Results:** We collected data from 29 young healthy individuals (76% female; average age = 22 years; average BMI = 21.50 kg/m²). All fruit-based foods showed low GI (<55), with clearly lower glycemic responses than the control, dextrose, although not significantly different from each other. Specifically regarding the pear matrix, the fruit in nature showed a lower glycemic response than the clarified juice, while the puree showed a lower glycemic response than the cloudy juice, not differing from the fruit in nature. Regarding subjective sensations of appetite, raw fruit showed better parameters compared to the control and all test foods for satiety, bloating, and appetite. **Conclusion:** The fruit foods included in this study, although processed, had a low glycemic index, which may be of metabolic interest. The consumption of processed fruit in pureed form may be an alternative to the consumption of natural fruit when it is not available.

Keywords: Appetite, fruit, glycemic index, processing, glycemic response

Introdução

A alimentação inadequada é um dos principais fatores de risco modificáveis para as doenças crónicas não transmissíveis (DCNT), nomeadamente a obesidade, as doenças oncológicas, as doenças cérebro-cardiovasculares e a diabetes *mellitus* tipo 2 (1,2). Em Portugal, os hábitos alimentares inadequados determinam a perda de qualidade de vida, a perda de anos de vida saudável e a mortalidade, contribuindo para 7,3% dos DALYs (*disability-adjusted life years* — anos de vida perdidos por incapacidade) e para 11,4% da mortalidade, no ano de 2019 (3). Na definição de hábitos alimentares inadequados incluem-se, por exemplo, o baixo consumo de fruta, de hortícolas, de cereais integrais e de frutos oleaginosos, e o elevado consumo de carne vermelha, a elevada ingestão de sódio e de açúcares simples (4).

De acordo com o 2º Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física (IAN-AF) (5), com dados recolhidos entre 2015-2016, os portugueses estão a consumir menos “produtos hortícolas” (-8%), “frutas” (-7%) e “leguminosas” (-2%), e proporcionalmente mais 12% de “carne, pescado e ovos” e 6% de “lacticínios”, em comparação com as recomendações alimentares. Para além disto, cerca de 56% da população portuguesa não cumpre a recomendação Organização Mundial da Saúde (OMS) (2) para o consumo de frutas e hortícolas de pelo menos 400 g, ou 5 ou mais porções diárias. Esta percentagem de inadequação é superior nas crianças (72%) e nos adolescentes (78%) (5).

Paralelamente, o consumo de alimentos ultraprocessados com elevado valor energético, e elevado teor em açúcar, gorduras saturadas e *trans*, e sal, contribuiu para cerca de 24% da ingestão energética total diária, e foi essencialmente resultante do consumo de bolos, doces, bolachas, snacks salgados, pizzas, refrigerantes, néctares e bebidas alcoólicas (5), um conjunto de alimentos que não estão incluídos no guia alimentar português – a Roda dos Alimentos (6). Mais ainda, os portugueses apresentam um consumo inadequado de refrigerantes ou néctares ($\geq 220\text{g}/\text{dia}$), sendo a prevalência de inadequação superior nos adolescentes (5).

Na tabela 1, são apresentados alguns dados em relação aos hábitos alimentares da população portuguesa.

Tabela 1 - Dados do consumo alimentar em Portugal (recolhidos entre 2015-2016)

	Total			Entre os consumidores	
	Média g/dia	Mediana (P25-P75) g/dia	% Dias de consumo	Média g/dia	Mediana (P25-P75) g/dia
Fruta, hortícolas e leguminosas	312,1	294,9 (207,7-397,8)	>95%	312,1	294,9 (207,7-397,8)
Sopas*	153,9	132,9 (60,1-223,7)	46,4%	320,9	307,0 (239,1-307,0)
Produtos lácteos	253,5	219,8 (129,7-340,2)	>95%	253,5	219,8 (129,7-340,2)
Cereais, derivados e tubérculos	306,1	293,3 (220,3-378,0)	>95%	306,1	293,3 (220,3-378,0)
Carne, pescado e ovos	174,3	163,2 (116,0-220,7)	>95%	174,3	163,2 (116,0-220,7)
Óleos e gorduras	20,6	19,1 (13,4-26,2)	>95%	20,6	19,1 (13,4-26,2)
Doces, bolos e bolachas*	69,7	54,3 (30,6-91,1)	93,1%	83,7	67,0 (18,1-67,0)
Snacks, salgados e pizzas*	20,2	13,0 (4,1-28,8)	10,4%	135,7	129,2 (99,0-165,4)

Retirado de IAN-AF (2017) (5)

Embora todos os grupos alimentares sejam importantes no contexto de uma alimentação saudável, equilibrada e variada, destaca-se o grupo das frutas que é amplamente recomendado pelas suas propriedades promotoras da saúde (7). As frutas são alimentos densos em nutrientes essenciais para o metabolismo, construção e reparação de tecidos, produção de energia e funcionamento do sistema nervoso (8), pois apresentam quantidades significativas de fibra, água e diferentes compostos bioativos, incluindo fitoquímicos (fenólicos, flavonoides e carotenóides), vitaminas e minerais (7–10). O consumo de frutas de cores diferentes, especialmente frutas alaranjadas, vermelhas e amarelas, permite a ingestão de carotenos (vitamina A) (8), fundamentais para a manutenção da função imunitária e principalmente para a visão (11); das vitaminas C e E e diferentes fitoquímicos com propriedades antioxidantes que podem ajudar a reduzir o risco de doenças cardiovasculares; e de potássio e de magnésio cuja ingestão está associada à redução da pressão arterial (9).

Para além de boas fontes em micronutrientes, as frutas também são reconhecidas como fonte de fibra (7,9,12). De acordo com a *European Food Safety Authority* (EFSA) (13) e a FAO/OMS (2), a recomendação para o consumo de fibra em adultos deve ser de, pelo menos, 25 g por dia e deve incluir tanto as fibras solúveis quanto as insolúveis. No entanto, na maioria dos países ocidentais, a ingestão média de fibra não alcança o consumo diário recomendado (14), sendo de aproximadamente metade da recomendação (12). Por outro lado, verifica-se um aumento do consumo de alimentos fornecedores de hidratos de carbono (HC) refinados, através do consumo de produtos processados e ultraprocessados, frequentemente pobres em fibras (15,16). Efetivamente, na população europeia o consumo de fibra permanece inferior ao recomendado, sendo de cerca de 20 g/dia (17) e, em Portugal,

este consumo é ainda menor, de cerca de 17,8 g/dia, sendo ligeiramente superior nos homens (19,4 g/dia) do que nas mulheres (16,3 g/dia) (5).

À medida que a prevalência de excesso de peso, obesidade e resistência à insulina aumenta, as preocupações com a quantidade e o tipo de HC consumido aumentaram (15,18). Atualmente, é possível verificar que a qualidade dos HC consumidos é tão importante como a quantidade. A evidência sustenta que algumas fontes de HC podem ser benéficas na melhoria da sensibilidade à insulina e, conseqüentemente, na saúde metabólica, enquanto outras não. Entre os mecanismos propostos para este efeito, destacam-se o índice glicémico e o teor de fibras (15,19), que serão discutidos nas próximas secções.

1. Classificação dos Hidratos de Carbono

Os HC são moléculas com propriedades químicas, físicas e fisiológicas específicas, que variam consoante o tipo de HC. Além de serem o principal substrato para o metabolismo energético, o consumo de alimentos fornecedores de HC pode também ter impacto na saciedade, na secreção de insulina, na glicemia, sobretudo no período pós-prandial, no metabolismo lipídico e, por meio da fermentação, exercer um controlo importante sobre a função do cólon, incluindo no trânsito intestinal, na composição e metabolismo da microbiota intestinal comensal. (20). A classificação dos HC é normalmente feita de acordo com o tipo de ligações glicosídicas e o número de unidades estruturais unidas pelas mesmas (21). As ligações glicosídicas são ligações químicas covalentes entre unidades glicídicas e que variam consideravelmente a estrutura e a função fisiológica dos HC (20). Na figura 1 é apresentado a ligação glicosídica da sacarose.

Desta classificação resultam subgrupos distintos (22):

- (i) Os **monossacarídeos**, constituídos por uma unidade glicídica apenas, sem ligações glicosídicas associadas (glicose, frutose, galactose);
- (ii) Os **dissacarídeos**, de que são exemplo a sacarose e a lactose, que consistem em dois monossacarídeos unidos por uma ligação glicosídica;
- (iii) Os **oligossacarídeos**, que são HC com 3 a 9 graus de polimerização, bastante resistentes à digestão no intestino delgado, tendo por isso efeitos fisiológicos semelhantes aos da fibra;
- (iv) Os **polissacarídeos**, que constituem a maioria dos HC consumidos na alimentação e que apresentam um elevado grau de polimerização (a partir de 10 monossacarídeos);
- (v) Os **polióis**, que resultam da hidrogenação de mono e de dissacarídeos, e não são tão facilmente digeridos como os supracitados.

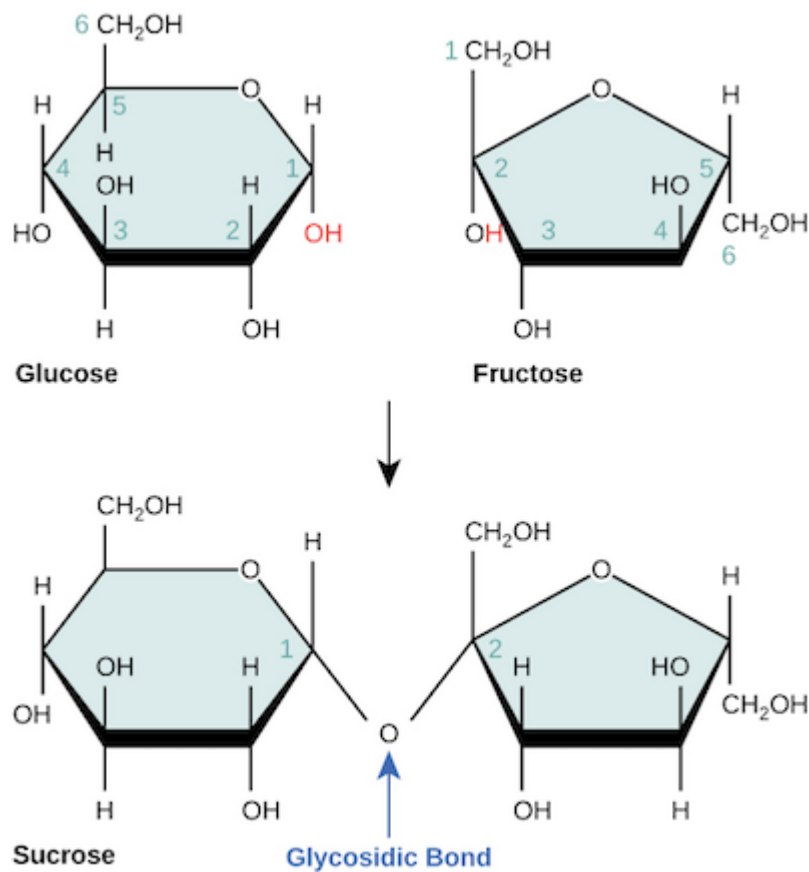


Figura 1 - Ligação glicosídica. Retirado de Clark et. al. (2018) (23).

Os monossacarídeos e dissacarídeos são também genericamente designados de a  ares, enquanto os polióis são álcool de a  ar. Os oligossacarídeos são conhecidos pela sua capacidade de promover o crescimento de microorganismos benéficos no cólon, uma vez que funcionam como fibra alimentar, sendo por isso usados como substrato energético pela microbiota intestinal (14). Por último, os polissacarídeos são a classe mais complexa de HC e podem ser subdivididos em polissacarídeos amiláceos e não amiláceos. Os polissacarídeos não amiláceos são considerados como fibra (20,22). A tabela 2 apresenta a classificação primária dos HC, conforme proposta na Consulta de Especialistas sobre Carboidratos na Nutrição Humana da Organização para a Alimentação e a Agricultura (FAO)/Organização Mundial da Saúde (OMS), realizada em Roma em 1997 (22),   por tamanho molecular, conforme determinado pelo grau de polimerização e o tipo de ligação (α ou não- α) (Tabela 2).

Tabela 2 - Classificação dos hidratos de carbono consoante o grau de polimerização

Classes (pelo grau de polimerização)	Subgrupos	Principal componentes
Açúcares (1-2)	Monossacarídeos	Glicose, frutose, galactose
	Dissacarídeos	Sacarose, lactose, maltose, trealose
	Polióis (álcool de açúcar)	Sorbitol, manitol, lactiol, xylitol, eritritol, isomalte, maltitol
Oligossacarídeos (3-9) (carboidratos de cadeia curta)	Maltooligossacarídeos (α -glucanos)	Maltodextrina
	Oligossacarídeos não- α -glucanos	Rafinose, estaquiose, fruto e galacto oligossacarídeos, polidextrose, inulina
Polissacarídeos (≥ 10)	Amido (α -glucanos)	Amilose, amilopectina, amidos modificados
	Polissacarídeos não amiláceos	Celulose, hemicelulose, pectina, arabinosilanos, β -glucana, glucomananos, gomas vegetais e mucilagens, hidrocolóide

Baseada em Carbohydrates in human nutrition. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. FAO Food Nutr Pap. 1998; 66:1-140 (22)

Em cada uma destas classes químicas há HC com efeitos fisiológicos muito distintos; alguns destes efeitos estão presentes, em simultâneo, nas diferentes classes (tal como acontece para os oligossacarídeos e polissacarídeos não amiláceos, ambos não digeríveis e fermentáveis no cólon). Neste sentido, outras classificações foram propostas. Entre elas, uma propõe a divisão dos HC em glicémicos e não-glicémicos, baseando-se na sua digestibilidade e capacidade de fornecer glicose (21). Os primeiros são absorvidos no intestino delgado, promovendo uma elevação da glicose sanguínea, enquanto que os segundos não são digeridos e passam para o cólon, onde poderão ser fermentados (fornecendo assim energia que não interfere com os níveis de glicose sanguínea) (24). Segundo esta classificação, os açúcares e amidos constituem a maioria dos HC glicémicos; os oligossacarídeos, amido resistente e fibra alimentar são HC não glicémicos (24).

2. Fibras

Diversos estudos mostram que a ingestão de fibras têm vários benefícios, nomeadamente, melhorar a saúde intestinal; contribuir para a redução das concentrações plasmáticas de colesterol total e colesterol LDL (9); e auxiliar na prevenção de ganho excessivo de peso e obesidade (12). Desta forma, a fibra contribui para a redução do risco de DCNT, como alguns tipos de cancro, diabetes tipo 2 e doença cardiovascular, promovendo um envelhecimento mais saudável (8,12,17,25,26).

A fibra alimentar é a porção comestível de alimentos derivados de plantas que são resistentes à absorção no intestino (9,12,17,25), por conterem ligações glicosídicas que não são suscetíveis de serem digeridas pelas enzimas humanas.

As fibras podem ser divididas em solúveis e insolúveis. Cada uma das frações, solúvel e insolúvel, é formada por propriedades físico-químicas que irão contribuir para diversos efeitos fisiológicos e metabólicos no corpo humano (16).

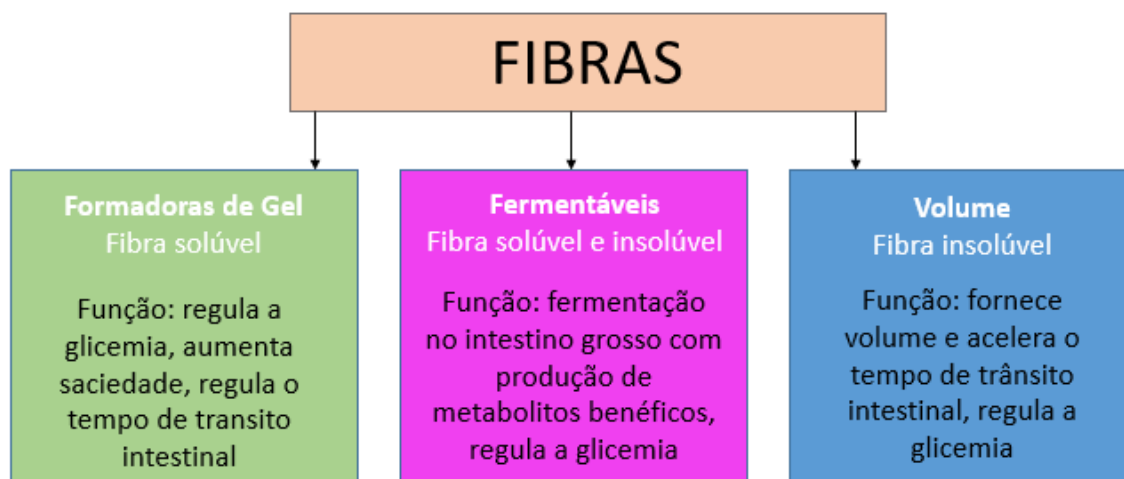


Figura 2 - tipo de fibra e suas funções. Retirado e traduzido de Blaak et al, 2021 (16).

A fibra solúvel é formada por polissacarídeos não amiláceos hidrossolúveis estruturais, como as β -glucanas, arabinosilanas, pectinas, algumas hemiceluloses; e também por substâncias como gomas e mucilagens; sendo encontrada em maior quantidade nas leguminosas secas, aveia, cevada e frutas (16). Esse tipo de fibra é normalmente fermentada pela microbiota intestinal, alterando assim a composição e a atividade microbiana, com produção de ácidos gordos de cadeia curta (AGCC), principalmente o acetato, o propionato e o butirato (16,20,27). A produção microbiana de AGCC é essencial para a integridade do intestino, pois fornece energia para células epiteliais, auxilia na regulação do pH luminal, produção de muco e melhora da função da barreira intestinal com inflamação intestinal reduzida, conferindo assim um efeito fisiológico benéfico ao hospedeiro (16,27). Os AGCC também modulam diretamente a saúde metabólica do hospedeiro por meio de uma variedade de mecanismos específicos relacionados com a regulação do apetite, gasto de energia, homeostase da glicose e imunomodulação (16,27). Alguns estudos sugerem que AGCC produzidos na fermentação pré-biótica microbiana medeiam os efeitos metabólicos, modulando a liberação de peptídeos intestinais (peptídeo YY (PYY) e peptídeo semelhante

ao glucagon-1 (GLP-1)), a permeabilidade intestinal, e a função do músculo, fígado e tecido adiposo (27,28).

A fibra insolúvel, em geral, é pouco fermentável, forma misturas de baixa viscosidade e está mais associada à melhoria da motilidade intestinal. Essa fração fibrosa apresenta efeito mecânico no trato gastrointestinal, estimulando a secreção de água, elevando o volume e o peso fecal (29). São mais eficazes em aumentar o tempo de trânsito intestinal, possivelmente afetando a composição da microbiota, que por outro lado pode estimular a motilidade intestinal pelos seus metabolitos microbianos (16).

As fibras insolúveis encontram-se majoritariamente em farelo, hortícolas folhosos e grãos, e são compostas pelos constituintes insolúveis da parede vegetal, incluindo a celulose, hemicelulose, lignina e taninos. (7).

A fração solúvel das fibras tem a propriedade de se ligar à água, formando um gel, responsável por elevar a viscosidade do conteúdo intestinal (30). Este processo leva a uma redução da taxa de esvaziamento gástrico e, conseqüentemente, uma redução na taxa de absorção de glicose a nível do intestino delgado (17,26). Por outro lado, ao entrar em contacto com as paredes do intestino delgado, a fibra solúvel pode estimular a secreção de hormonas reguladoras do apetite, como o GLP-1 e PYY. Além do seu papel regulador do apetite a nível dos centros hipotalâmicos de saciedade, o GLP-1 promove ainda a secreção de insulina e a proliferação de células β pancreáticas e controla a síntese de glicogénio muscular, tendo por isso um papel importante na resposta glicémica pós-prandial (30,31). Efetivamente, um dos mecanismos e benefícios pelos quais a ingestão de alimentos ricos em fibras é recomendada, é este efeito que a fibra tem na resposta glicémica pós-prandial e, conseqüentemente, na resposta insulinémica pós-prandial, quando comparada com o consumo da mesma quantidade de açúcares na ausência de fibra (9,17,26).

3. Índice glicémico e carga glicémica

Quando há um aumento da glicose sanguínea, a insulina é secretada pelas células β do pâncreas, em resposta a essa variação (32). A insulina, quando sensibilizada pelo seu receptor nas células do músculo esquelético e tecido adiposo, leva à translocação dos transportadores de glicose (GLUTs), aumentando a sua absorção pelos tecidos (32). Além disso, esta ligação inibe a gliconeogénese no fígado e facilita a glicogénese – síntese de glicogénio a partir da glicose (24). De forma resumida, quando um alimento rico em HC é ingerido ocorre um aumento da concentração de glicose no sangue (glicemia), que vai naturalmente descendo por ação da insulina (33). Este fenómeno denomina-se resposta glicémica.

A resposta glicêmica é um termo usado para medir o efeito dos alimentos nos níveis de glicose no sangue. O índice glicêmico (IG) e a carga glicêmica (CG) são dois termos diferentes usados para a resposta glicêmica.

A CG define-se pela interação entre o IG dos alimentos (qualidade) e quantidade de HC (34), e é calculada multiplicando o IG do alimento pelo peso em gramas de HC no alimento e, em seguida, dividindo por 100 (35). Portanto, a CG é uma medida da qualidade e quantidade de HC (36).

O índice glicêmico é um conceito desenvolvido por David Jenkis e colaboradores, do departamento de Nutrição da Universidade de Toronto, Canadá, nos anos de 1980, que permite classificar os alimentos com base na sua resposta glicêmica, ou seja, no potencial aumento da glicose sanguínea, em relação a um alimento-referência (34,37). O IG é um processo sistemático para classificar os alimentos que contêm HC com base na rapidez com que elevam os níveis de glicose no sangue (38), ou seja, é um método válido para prever a resposta glicêmica dos alimentos consumidos (1). O IG de um alimento pode ser determinado a partir da avaliação da resposta glicêmica, ao longo de duas horas, após o consumo de quantidades isoglicídicas do alimento-teste e do alimento-referência (glicose ou pão branco) (36).

Portanto, o IG é definido como o aumento da área sob a curva glicêmica, após o consumo de uma porção de 50 g de HC de um alimento em relação à mesma quantidade de HC do alimento-padrão (glicose ou pão branco) (33), sendo representado pela seguinte fórmula (39):

$$\text{IG} = \frac{\text{Aumento da área abaixo da curva do alimento testado}}{\text{Área correspondente após a mesma porção do alimento padrão}} \times 100$$

Ao longo de algumas décadas, diferentes estudos têm vindo a avaliar a resposta glicêmica produzida por diferentes fontes de alimentos fornecedores de HC (33,37,39,40).

A publicação do relatório pela FAO e OMS (22) sobre o papel dos HC na nutrição humana, definiu um protocolo, com vários aspetos metodológicos a serem seguidos a fim de se determinar o IG dos alimentos. Com base nos pressupostos desse relatório, foi estabelecido que o teste para definir o comparativo do alimento-teste à glicose ou ao pão branco deve ter, no mínimo, seis voluntários, após um jejum noturno de 10 a 12 horas. Também deve ser utilizada uma quantidade fixa de HC (normalmente 25 ou 50 gramas) para ambos os alimentos (teste e controlo de glicose ou pão branco). Deve ser medida a resposta glicêmica

no sangue capilar (devido à maior facilidade em relação à medição da glicemia venosa) e avaliada ao longo de duas horas após o consumo do alimento, quando o teste é realizado em indivíduos com tolerância normal à glicose, ou ao longo de três horas após o consumo do alimento, em situações em que o teste seja aplicado em indivíduos com diabetes *mellitus* tipo 2 (22).

Os alimentos podem ser classificados de acordo com o IG em baixo, médio ou elevado. A faixa padronizada de efeito glicêmico é de 0 a 100, e um alimento é considerado com baixo IG na faixa de inferior ou igual a 55, médio de 56 a 69 e elevado de 70 a 100 (18,38).

As recomendações da FAO/OMS (2,22) orientam no sentido de optar por alimentos com baixo IG na elaboração de dietas para indivíduos com hiperlipidemias e obesidade e também para pessoas saudáveis.

O consumo de alimentos com elevado IG (> 70) em detrimento de alimentos com baixo IG (≤ 55) podem ser prejudiciais para o metabolismo e para a saúde em geral (1,15,37). Por serem rapidamente digeridos, absorvidos e metabolizados (15), resultando em uma resposta glicêmica elevada, podendo ocasionar um elevado pico na glicemia e, consequentemente, maior secreção de insulina. Tais picos, glicêmico e insulinêmico, podem contribuir para alterações do apetite e do metabolismo energético, favorecendo o ganho de peso e de gordura corporal (1). Já o consumo de alimentos com baixo IG, que são digeridos e absorvidos mais lentamente, geram uma resposta glicêmica mais baixa, associado a um melhor controle glicêmico e do perfil lipídico e maior saciedade e diminuição da ingestão alimentar (1,38,41,42). Deste modo, a revisão com 16 estudos (43) aponta o IG como uma possível ferramenta para o controle da obesidade. A figura 3 mostra de que forma a resposta glicêmica pode divergir entre alimentos de alto e baixo IG.

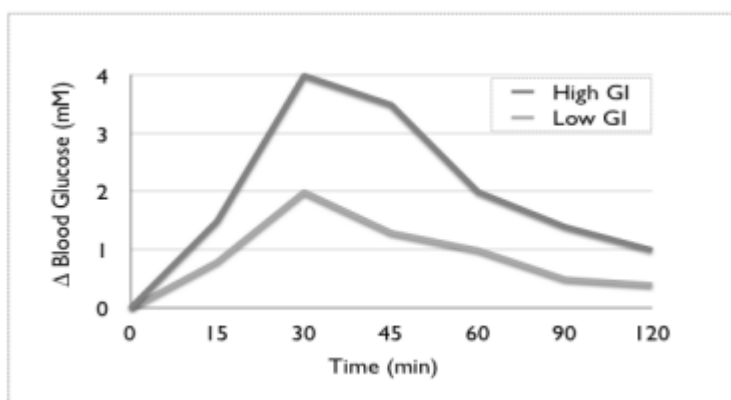


Figura 3 - Representação gráfica do índice glicêmico dos alimentos ao longo do tempo (37).

Estudos têm demonstrado a relação entre os possíveis efeitos fisiológicos e terapêuticos de dietas com baixos IG em indivíduos saudáveis, com obesidade, com diabetes e com dislipidemia. Uma alimentação com baixo IG parece associar-se à melhoria do controle glicêmico em indivíduos com diabetes, melhoria do perfil lipídico em pessoas com dislipidemia e aumento da saciedade em indivíduos com obesidade (34,39,41,44,45).

Vale ressaltar que frutas em natureza contendo fibras são alimentos com baixo IG e podem ser substitutos saudáveis para alimentos com alto IG, como parte de qualquer refeição, lanche ou sobremesa o objetivo de reduzir, por exemplo, o risco e o controle do diabetes (10). Na tabela 3 apresenta-se o IG de 62 alimentos e na figura 4 o fragmento que apresenta o IG de algumas frutas e produtos de fruta (18).

Tabela 3 - Índice Glicêmico de 62 alimentos. Os dados são médias $\pm$ SEM. *Variedades de baixo IG também foram identificadas. †Média de todos os dados disponíveis (18).

High-carbohydrate foods		Breakfast cereals		Fruit and fruit products		Vegetables	
White wheat bread*	75 $\pm$ 2	Cornflakes	81 $\pm$ 6	Apple, raw†	36 $\pm$ 2	Potato, boiled	78 $\pm$ 4
Whole wheat/whole meal bread	74 $\pm$ 2	Wheat flake biscuits	69 $\pm$ 2	Orange, raw†	43 $\pm$ 3	Potato, instant mash	87 $\pm$ 3
Specialty grain bread	53 $\pm$ 2	Porridge, rolled oats	55 $\pm$ 2	Banana, raw†	51 $\pm$ 3	Potato, french fries	63 $\pm$ 5
Unleavened wheat bread	70 $\pm$ 5	Instant oat porridge	79 $\pm$ 3	Pineapple, raw	59 $\pm$ 8	Carrots, boiled	39 $\pm$ 4
Wheat roti	62 $\pm$ 3	Rice porridge/congee	78 $\pm$ 9	Mango, raw†	51 $\pm$ 5	Sweet potato, boiled	63 $\pm$ 6
Chapati	52 $\pm$ 4	Millet porridge	67 $\pm$ 5	Watermelon, raw	76 $\pm$ 4	Pumpkin, boiled	64 $\pm$ 7
Corn tortilla	46 $\pm$ 4	Muesli	57 $\pm$ 2	Dates, raw	42 $\pm$ 4	Plantain/green banana	55 $\pm$ 6
White rice, boiled*	73 $\pm$ 4			Peaches, canned†	43 $\pm$ 5	Taro, boiled	53 $\pm$ 2
Brown rice, boiled	68 $\pm$ 4			Strawberry jam/jelly	49 $\pm$ 3	Vegetable soup	48 $\pm$ 5
Barley	28 $\pm$ 2			Apple juice	41 $\pm$ 2		
Sweet corn	52 $\pm$ 5			Orange juice	50 $\pm$ 2		
Spaghetti, white	49 $\pm$ 2						
Spaghetti, whole meal	48 $\pm$ 5						
Rice noodles†	53 $\pm$ 7						
Udon noodles	55 $\pm$ 7						
Couscous†	65 $\pm$ 4						

Dairy products and alternatives		Legumes		Snack products		Sugars	
Milk, full fat	39 $\pm$ 3	Chickpeas	28 $\pm$ 9	Chocolate	40 $\pm$ 3	Fructose	15 $\pm$ 4
Milk, skim	37 $\pm$ 4	Kidney beans	24 $\pm$ 4	Popcorn	65 $\pm$ 5	Sucrose	65 $\pm$ 4
Ice cream	51 $\pm$ 3	Lentils	32 $\pm$ 5	Potato crisps	56 $\pm$ 3	Glucose	103 $\pm$ 3
Yogurt, fruit	41 $\pm$ 2	Soya beans	16 $\pm$ 1	Soft drink/soda	59 $\pm$ 3	Honey	61 $\pm$ 3
Soy milk	34 $\pm$ 4			Rice crackers/crisps	87 $\pm$ 2		
Rice milk	86 $\pm$ 7						

Fruit and fruit products	
Apple, raw†	36 $\pm$ 2
Orange, raw†	43 $\pm$ 3
Banana, raw†	51 $\pm$ 3
Pineapple, raw	59 $\pm$ 8
Mango, raw†	51 $\pm$ 5
Watermelon, raw	76 $\pm$ 4
Dates, raw	42 $\pm$ 4
Peaches, canned†	43 $\pm$ 5
Strawberry jam/jelly	49 $\pm$ 3
Apple juice	41 $\pm$ 2
Orange juice	50 $\pm$ 2

Figura 4 – Fragmento da tabela de Índice Glicêmico de 62 alimentos. Os dados são médias $\pm$ SEM. *Variedades de baixo IG também foram identificadas. †Média de todos os dados disponíveis (18).

Dos vários fatores que podem afetar o IG, destaca-se o processamento alimentar. Sabe-se que o tempo e a temperatura de cozedura, por exemplo, podem influenciar a resposta glicêmica, pelo efeito que têm na alteração da estrutura das cadeias polissacarídicas (46). Por exemplo, comparando o IG da batata cozida com o da batata frita, identifica-se que o IG da batata cozida é maior, 89 e 54 respetivamente. Pode-se associar a isso também, a quantidade de gordura do alimento que pode reduzir o IG por lentificar o esvaziamento gástrico (36,46). O processamento a frio (não sujeito a temperatura) dos alimentos também pode afetar o IG. Se compararmos uma laranja com o sumo de laranja, o sumo tende a ter classificações de IG mais alto do que a fruta (10,36). Assim, o processamento dos alimentos pode facilitar ou dificultar o acesso das enzimas digestivas (36), e aumentar ou diminuir o teor de fibra (7).

Entretanto, a maioria dos alimentos industrializados consumidos que contêm HC, são de baixa qualidade (por exemplo, maior IG e CG, bem como baixo teor de fibra alimentar e alto teor energético) (15). Geralmente, os alimentos processados atualmente são rapidamente digeridos, absorvidos e dão origem a altos picos de glicose e insulina no sangue (15).

4. Alimentação e indústria

A base da alimentação do ser humano tem vindo a sofrer diversas alterações ao longo dos tempos. Nas últimas décadas, com a industrialização e a globalização dos sistemas alimentares, o processamento dos alimentos tem evoluído rapidamente, contribuindo para uma imensa variedade de alimentos sujeitos a diferentes tipos de processamento (47,48).

O processamento de alimentos compreende as atividades envolvidas durante a transformação de matérias-primas de diferentes origens (vegetal, animal) até a obtenção de um produto final adequado para o consumo humano (47). E este processamento foi tradicionalmente desenvolvido com foco no armazenamento e transporte prolongado de alimentos, utilizando técnicas como cozimento, cura e defumação (47).

Entretanto, esta modernização e evolução, para além dos benefícios que trouxeram, conduziram também à mudanças no estilo de vida das populações. Ao mesmo tempo que comportam uma nova “liberdade”, apresentam também diferentes impactos na saúde (9,47,49). Devido à sua elevada disponibilidade, acessibilidade e variedade os consumidores estão cada vez mais interessados e em busca de alimentos processados. Simplesmente por serem práticos, saborosos, atraentes, acessíveis e baratos, tornando-se inevitável a sua presença na alimentação da população de todas as faixas etárias (47).

Nos últimos 30 anos, o mercado de alimentos processados cresceu de modo significativo, uma vez que “novos” alimentos processados com diferentes características são disponibilizados no mercado quase que diariamente. Entretanto, muitas vezes, estes estão relacionados a potenciais consequências negativas na qualidade nutricional dos alimentos e, por sua vez, no padrão alimentar da população (47). Os métodos de processamento estão progressivamente mais sofisticados e alteram a estrutura dos alimentos, o conteúdo nutricional e o sabor (48).

O consumo excessivo de alimentos industrializados é frequentemente associado ao desenvolvimento precoce de doenças não transmissíveis, principalmente por terem elevados teores de sal, gordura (saturada e “trans”) e açúcar (47–49).

A revisão de Elizabeth e colaboradores (50) mostrou que uma elevada ingestão de alimentos ultraprocessados está associada a uma série de resultados adversos à saúde como obesidade, diabetes *mellitus* 2, câncer e doenças cardiovasculares (47) , tendo assim o potencial de influenciar significativamente a carga global de doenças. Além disso, evidência sugere maior risco de mortalidade por todas as causas com alto consumo de alimentos ultraprocessados (50).

No entanto, o processamento de alimentos não deve ser visto apenas como um problema para a nutrição humana, uma vez que também desempenhou um papel fundamental na evolução da humanidade e das civilizações, tornando os alimentos mais seguros e diversificados. Ademais, é extremamente importante prolongar a vida útil dos alimentos ou simplesmente torná-los comestíveis (47,51).

Visto dessa perspectiva, o processamento pode aumentar ou diminuir o teor de fibra de uma fruta ou hortícola (7), contribuindo ainda para o seu IG e, potencialmente, para a saúde das populações. Desta forma, a indústria de alimentos tem um importante papel a cumprir devendo preocupar-se em produzir mais alimentos saudáveis de baixo IG para o consumo das populações (45), contribuindo assim para a saúde e nutrição das mesmas. Cabe, portanto, à indústria buscar melhores matérias primas, priorizar o uso de ingredientes naturais, ser ponderada quanto ao uso de ingredientes artificiais, disponibilizar alternativas alimentares mais saudáveis, com um mínimo de processamento, de modo a se manter o máximo de nutrientes, como por exemplo alimentos e produtos com maior teor de fibras.

Objetivos

Este estudo pretende avaliar a resposta glicémica e o índice glicémico de diferentes alimentos à base de fruta, com diferentes tipos de processamento industrial, em indivíduos adultos saudáveis. Pretende-se também estudar as sensações subjetivas de apetite e palatabilidade.

Objetivos específicos

- Avaliar e comparar a resposta glicémica pós-prandial do consumo de diferentes alimentos à base de fruta.
- Determinar o índice glicémico dos diferentes alimentos à base de fruta.
- Avaliar as sensações subjetivas de apetite (fome, saciedade, enfiamento e sensação de apetite) após o consumo de diferentes alimentos à base de fruta.
- Avaliar a palatabilidade (gosto, sabor, aparência, textura e cheiro) dos diferentes alimentos à base de fruta.

Metodologia

1. Desenho de estudo e participantes

Este estudo está integrado no projeto mobilizador “cLabel+: Alimentos inovadores “clean label” naturais, nutritivos e orientados para o consumidor” (POCI-01-0247-FEDER-046080), realizado em parceria com empresas do setor agroalimentar, instituições de ensino superior e centros de investigação. O projeto cLabel+ tem como objetivo desenvolver produtos que sejam compreendidos pelo consumidor como consistentes com o conceito *clean label*, ou seja, com ingredientes naturais, com limitada utilização de aditivos.

Este estudo foi elaborado de acordo com o protocolo padrão internacional de medição do índice glicémico de alimentos (ISO 26642:2010) (52). Incluiu uma amostra de conveniência constituída por estudantes da Licenciatura em Ciências da Nutrição e colaboradores da NOVA Medical School|Faculdade de Ciências Médicas da Universidade NOVA de Lisboa (NMS|FCM–UNL), e foi realizado entre abril e dezembro de 2022. O estudo foi conduzido de acordo com as diretrizes da Declaração de Helsinki e teve aprovação pela Comissão de Ética da NMS|FCM (nº 07/2020/CEFCM e nº 07/2020/ADENDA/CEFCM).

Os critérios de inclusão foram:

- a) Indivíduos com idade compreendida entre os 18 e os 50 anos, disponíveis para cumprir com o protocolo do estudo e assinar o consentimento informado;
- b) Indivíduos com um índice de massa corporal (IMC) entre 18,5 kg/m² e 24,9 kg/m²;
- c) Indivíduos normoglicémicos de acordo com os critérios da Associação Americana de Diabetes [glicose plasmática em jejum <100 mg/dL, glicemia <140 mg/dL às 2 horas] (53);
- d) Indivíduos saudáveis.

Definiram-se como critérios de exclusão:

- a) Indivíduos com pré-obesidade ou obesidade (IMC $\geq$ 25,0 kg/m²);
- b) Indivíduos com sensibilidade a algum componente dos alimentos a testar;
- c) Toma de medicação que afete a tolerância à glicose (contracetivos orais, ácido acetilsalicílico, suplementos vitamínicos e minerais, tiroxina, anti-hipertensores ou medicamentos para osteoporose foram permitidos);
- d) Indivíduos com diagnóstico de patologias gastrointestinais, de patologia hormonal ou da tiroide, com doenças autoimunes e/ou uso crónico de corticoides;

- e) Indivíduos com diabetes *mellitus* ou uso de agentes antidiabéticos ou insulina;
- f) Mulheres grávidas ou lactantes.

A determinação do IG dos alimentos realizou-se na NMS|FCM–UNL ocorrendo do seguinte modo: visita de rastreio inicial para verificar se os voluntários cumpriam com os critérios de elegibilidade; visita para determinação da resposta glicémica ao alimento-referência; e visita para a determinação da resposta glicémica ao(s) alimento(s)-teste.

1.1. Rastreio Inicial:

A visita de recrutamento e seleção teve como objetivo verificar se os voluntários cumpriam os critérios de elegibilidade, através de uma entrevista clínica realizada por um nutricionista.

Para os voluntários elegíveis foi explicado em detalhe todos os procedimentos envolvidos no estudo e entregue o seguinte material: 1) a informação detalhada sobre o protocolo do estudo e 2) o consentimento informado devidamente assinado pelo investigador responsável pelo estudo.

1.2. Preparação do alimento-referência e determinação da resposta glicémica:

O alimento-referência considerado no presente estudo foi a glicose na forma de D-glicose anidra (dextrose) em pó da marca Prozis®. A quantidade de dextrose foi calculada de acordo com a quantidade de hidratos de carbono referente aos alimentos-testes à base de fruta, diluída em 200 mL de água, e preparada à temperatura ambiente no próprio dia do ensaio. Para os alimentos-teste à base de pêsego utilizou-se 36 g de dextrose, e para os alimentos à base de pera, 32 g de dextrose.

Para a determinação da resposta glicémica ao alimento-referência seguiu-se os procedimentos padronizados descritos no protocolo ISO 2010, nomeadamente:

- No dia anterior, os participantes foram instruídos para consumir uma refeição que não fosse muito distinta do habitual, e restringir a ingestão de bebidas alcoólicas e de cafeína, assim como a prática vigorosa de exercício físico.
- No próprio dia do teste, os participantes encontravam-se em jejum noturno de 10 a 12 horas e poderiam beber água de forma moderada até 4 horas antes da visita.

Os participantes consumiram o alimento-referência (200 mL de água com dextrose), entre 10-12 minutos. As leituras da glicemia foram efetuadas antes da ingestão do alimento-

referência (em jejum) e depois de 15 minutos, 30 minutos, 60 minutos, 90 minutos e 120 minutos do início da refeição. Nos mesmos tempos de monitorização da glicemia, os participantes preencheram as escalas visuais analógicas de avaliação subjetiva das sensações de apetite e de palatabilidade. Durante os intervalos entre determinações, os participantes responderam a um breve questionário com o objetivo de aferir a qualidade/composição da última refeição efetuada.

No final do ensaio, foi fornecida uma pequena refeição. Após a ingestão da referida refeição e na ausência de qualquer desconforto, o participante foi dispensado.

1.3. Preparação dos alimentos-teste e determinação da resposta glicémica

Os produtos testados foram alimentos à base de pêssago e de pera com diferentes níveis de processamento alimentar (fruta em natureza, purés de fruta e sumos de fruta). Todos os alimentos-teste foram produzidos e fornecidos pela Sumol+Compal Marcas S.A., e preparados de acordo as recomendações da empresa.

Durante o processamento de alimentos à base de fruta, a mesma fruta pode dar origem a três matérias-primas diferentes: puré, sumo turvo e sumo clarificado. Segundo os procedimentos técnicos implementados na Sumol+Compal Marcas S.A., o processamento das frutas muito polposas, como o pêssago e a pera, inicia-se com a etapa de trituração, na qual ocorre a principal mudança do estado físico da fruta. Quando a fruta passa pelo triturador, a estrutura celular é, em parte, destruída, ocorrendo a libertação dos compostos que se encontravam dentro das células e retidos na parede celular. O caroço é separado nesta etapa.

A segunda etapa do processamento, a refinação, destina-se à remoção das partes não edíveis da fruta, como as sementes e o pedúnculo, assim como a redução do tamanho da fruta triturada, formando um puré homogéneo. Neste processo não é removida a casca da fruta, que é importante para manter o conteúdo de fibra. Em seguida, os purés passam pela etapa de moagem, utilizada para atingir a uniformidade e textura pretendidas. Nesta etapa, o puré pode ser passado ou não pelo moinho Urschel, que é um equipamento que permite manter o conteúdo polimérico do alimento. Ou seja, os purés que são processados com o moinho Urschel podem conter maior quantidade de fibra.

Depois de obtido o puré, para torná-lo líquido para ser consumido como sumo, é realizado um conjunto de outras operações como a centrifugação ou a prensagem para a separação de componentes físicos. Em seguida, é produzida uma matriz líquida, o sumo turvo, com maior preservação dos sólidos presentes na fruta. Para o sumo clarificado, ocorre o processo

de filtração para remoção desses sólidos presentes. No final destes processos de transformação da fruta nos diferentes produtos, é realizada a pasteurização, para que os purés e os sumos permaneçam preservados durante o tempo de *shelf-life* (de prateleira).

Na Sumol+Compal Marcas S.A., o tipo de pasteurização frequentemente utilizada é a pasteurização *flash*, que consiste no aquecimento do produto até um minuto com uma temperatura superior a 85°C. Esta temperatura permite eliminar os microorganismos patogénicos e os com capacidade de degradação do alimento, para além de permitir a inativação de enzimas. Contudo, esta etapa pode afetar alguns compostos que sejam sensíveis ao calor, como determinadas vitaminas e fitoquímicos.

Na figura 5, encontra-se representado o diagrama do processamento dos alimentos da fruta ao puré, e do puré aos sumos turvo e clarificado.

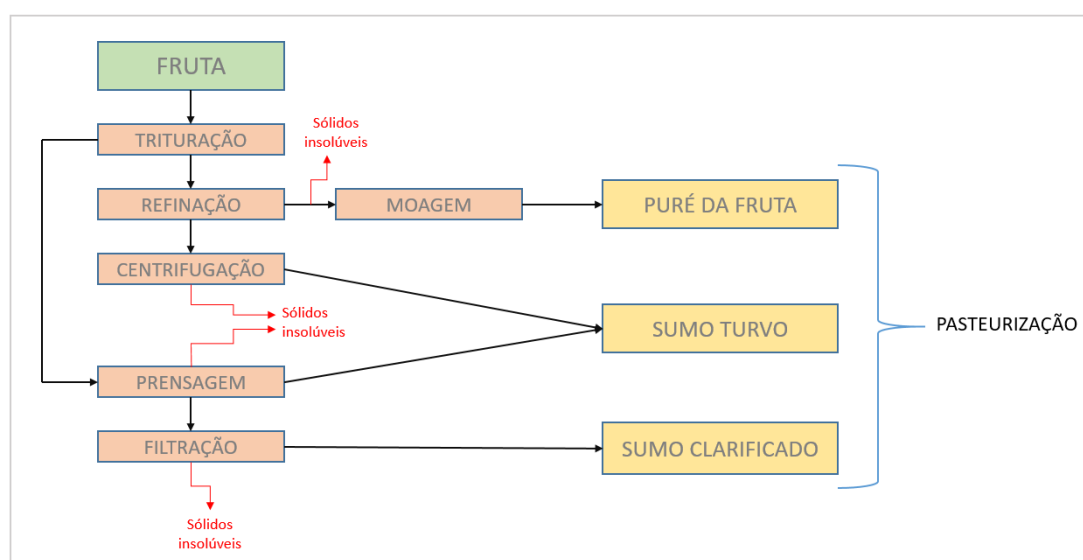


Figura 5 - Diagrama do processamento da fruta até às diferentes matérias-primas. Esquema adaptado de documento interno da Sumol+Compal Marcas S.A..

A quantidade de cada alimento-teste de cada matriz de fruta correspondeu ao teor equivalente de açúcares presente em 200 mL de sumo turvo da respetiva fruta, considerando o °Brix do tipo de alimento-teste. O valor do °Brix foi disponibilizado pela Sumol+Compal Marcas S.A. Todos os alimentos-teste foram quantificados no próprio dia do ensaio e testados à temperatura ambiente. Na tabela 4, encontra-se a quantidade de cada alimento-teste das diferentes frutas utilizada no ensaio.

Tabela 4 - Indicação da quantidade de cada alimento-teste utilizada nos ensaios das matrizes de pêssogo e de pera

Fruta	Alimento-teste	Quantidade de alimento ^a	Hidratos de carbono (g) ^b
Pêssego	Puré com Urschel	188 g	32,6 g
	Puré sem Urschel	190 g	
	Sumo turvo	200 mL	
Pera	Fruta em natureza	304,3 g	28,6 g
	Puré com Urschel	205,8 g	
	Sumo turvo	200 mL	
	Sumo clarificado	215 mL	

^aA quantidade de cada alimento-teste corresponde ao teor equivalente de açúcares presente em 200 mL de sumo turvo, considerando o °Brix do respetivo alimento-teste. Os valores da quantidade de alimento correspondem a peso edível, e, no caso da fruta em natureza, corresponde ao peso edível com casca.

A determinação da resposta glicémica dos alimentos-teste foi realizada nas condições protocoladas referidas anteriormente.

2. Aferição da glicemia

2.1. Glicemia capilar

Para os alimentos-teste à base de pêssego foi aferida a glicemia capilar. A glicemia capilar corresponde à concentração de glicose nos vasos capilares. As colheitas de sangue capilar foram realizadas através do glicosímetro, um equipamento que permite a medição da glicemia no sangue total capilar fresco do dedo. Para isso, foi realizada uma pequena picada com auxílio de uma lanceta inserida no próprio glicosímetro. Posteriormente, encostou-se a gota de sangue a uma tira-teste que se introduziu previamente no aparelho e registou-se o valor resultante.

2.2. Glicemia intersticial

Para os alimentos-teste à base de pera foi utilizado o sensor FreeStyle Libre2, (Abbott®) indicado para a medição dos níveis de glicose no líquido intersticial. Este sensor integra duas peças principais: um leitor portátil e um sensor descartável, que se insere na zona posterior do braço. O leitor permite para a leitura sem fios do sensor e obtenção das leituras contínuas de glicose durante 14 dias consecutivos.

As medições da glicemia através dos dispositivos de monitorização contínua são definidas como procedimentos minimamente invasivos, uma vez que ultrapassam apenas a barreira criada pela pele.

3. Avaliação antropométrica

As avaliações antropométricas ocorreram durante a primeira visita, onde foram aferidos o peso corporal (kg), recorrendo a uma balança eletrónica com precisão de 0,1 kg, e a estatura,

por meio do estadiômetro com precisão de 0,1 cm. As técnicas aplicadas foram padronizadas e o mesmo avaliador aferiu todas as medidas. A partir desses dados foi calculado o IMC para cada participante, sendo $IMC (kg/m^2) = peso (kg) / [altura (m)]^2$.

4. Recolha de dados pessoais

Os dados pessoais, sociodemográficos e de estilo de vida, nomeadamente a idade, o sexo e prática de atividade física diária, foram recolhidos através de um questionário de autopreenchimento.

5. Determinação do índice glicémico

Para o cálculo do IG foi necessário calcular a área incremental sob a curva (iAUC) da concentração de glicose em resposta à ingestão dos alimentos. As iAUC da resposta dos diferentes alimentos foram calculadas pelo método trapezoidal, no qual se considera apenas as somas das áreas acima do *baseline* determinado pela glicemia em jejum, ignorando a área abaixo desta concentração.

O IG dos alimentos-teste de cada participante foi calculado a partir da iAUC em resposta à ingestão do alimento-teste e da iAUC do alimento-referência (dextrose), multiplicado por 100, através da seguinte fórmula:

$$IG \text{ do alimento-teste} = [iAUC \text{ do alimento-teste} / iAUC \text{ do alimento-referência}] \times 100$$

O IG de cada alimento foi calculado e apresentado com o valor médio e erro padrão da média ($\pm EPM$) do IG considerando, no mínimo, 10 participantes.

6. Escalas visuais analógicas (avaliação subjetiva das sensações de apetite e de palatabilidade)

No presente estudo, avaliou-se a sensação subjetiva de fome, saciedade, enfiamento e apetite, através de escalas visuais analógicas (VAS). As escalas VAS são compostas por uma linha horizontal de 10 cm de comprimento que têm assinalada em cada extremidade afirmações opostas, sendo “Não, de todo” em 0 cm e “Muito” em 10 cm.

Os participantes traçavam uma linha vertical na escala para indicar como se sentiam em relação a cada afirmação: (1) **Fome**: quanta fome sente neste momento?; (2) **Saciedade**: quão satisfeito(a) se sente neste momento?; (3) **Enfiamento**: quão cheio(a) se sente neste momento?; e (4) **Apetite**: quanta comida você acha que consegue comer neste momento?. Paralelamente, foram também avaliadas as sensações subjetivas de palatabilidade através de uma escala VAS. Esta escala, composta por uma linha horizontal de 12 cm, contemplava cinco questões relacionadas com as características organoléticas dos alimentos: (1) **Gosto**

geral do alimento; (2) **Sabor do alimento;** (3) **Aparência do alimento;** (4) **Textura do alimento;** e (5) **Cheiro do alimento.** A escala é composta, da esquerda para a direita, por diferentes descritores, nomeadamente: “Maior desgosto inimaginável”, “Desgosto imenso”, “Desgosto muito”, “Desgosto moderadamente”, “Desgosto ligeiramente”, “Neutro”, “Gosto ligeiramente”, “Gosto moderadamente”, “Gosto muito”, “Gosto imenso”, “Maior gosto inimaginável”.

Para ambas as escalas, o resultado obteve-se através da medição da distância, em centímetros, desde o início da linha da escala até à posição da linha vertical marcada (medido da esquerda para a direita). Esta avaliação foi realizada no início (imediatamente antes da ingestão), e após 15 (imediatamente após a ingestão), 30, 60, 90 e 120 minutos.

7. Análise Estatística

A análise estatística dos dados e a construção dos gráficos foi realizada por meio do *software* de análise estatística GraphPad Prism versão 8.0.2 (GraphPad® Software, La Jolla, CA, USA).

Após avaliação das glicemias (mg/dL), foram criados gráficos de resposta glicémica (mg/dL) ao longo do tempo (minutos) para cada alimento (alimento-referência e alimentos-teste) de cada matriz à base de fruta (pêssego e pera).

Inicialmente para as variáveis quantitativas foi verificada a distribuição dos dados pelo teste Shapiro-Wilk ($n < 30$ participantes). Para as variáveis que apresentaram distribuição Normal foi aplicado o Teste-t para amostras emparelhadas e não emparelhadas. Quando os dados não tinham uma distribuição normal, considerou-se o teste não paramétrico Wilcoxon para amostras emparelhadas e o teste Mann-Whitney para amostras não emparelhadas. Para testar a diferença entre todos os alimentos (testes e controlo), foi usado o teste One-Way ANOVA e o teste Kruskal Wallis, conforme a distribuição da normalidade. Para comparar a interação entre o tempo e os diferentes alimentos nas sensações subjetivas foi usado o Two-Way ANOVA com teste post-hoc para comparações múltiplas.

A caracterização dos participantes está apresentada sob a forma de média $\pm$ desvio-padrão (DP). A média das respostas glicémicas aos alimentos-teste, a média da iAUC da glicemia dos alimentos-teste e os valores de IG estão apresentados sob a forma de média $\pm$ erro padrão da média (EPM), exceto indicação diferente. Para todas as análises foi considerado significativo $p < 0,05$.

Resultados

1. Caracterização da amostra

Participaram deste estudo, 29 homens e mulheres jovens adultos, com idade média de 22 anos, sendo que 22 (76%) participantes eram do sexo feminino e 7 (24%) do sexo masculino. O IMC médio foi de $21,50 \pm 0,41$ kg/m² (normoponderais), peso médio de $59,70 \pm 1,63$ kg e altura média de $1,66 \pm 0,02$ m. Em relação ao estilo de vida, 21 (72%) participantes reportaram ser sedentários ou praticar atividade física ligeira, 2 (7%) tinham um estilo de vida moderadamente ativo/ativo e 6 (21%) consideravam-se vigorosamente ativos.

Tabela 5 - Características gerais e antropométricas dos participantes

Caracterização	Amostra total (n = 29)
Idade, anos	$21,61 \pm 0,54$
Sexo Feminino, n (%)	22 (76%)
Sexo Masculino, n (%)	7 (24%)
Peso (kg)	$59,70 \pm 1,63$
Altura (m)	$1,66 \pm 0,02$
IMC (kg/m ²)	$21,50 \pm 0,41$
Estilo de vida n (%)	
Sedentário ou atividade ligeira	21 (72%)
Moderadamente ativo ou ativo	2 (7%)
Vigorosamente ativo	6 (21%)

Dados apresentados como média $\pm$ desvio-padrão ou em frequência absoluta e relativa, dependendo da distribuição da amostra. Abreviaturas: IMC, índice de massa corporal.

2. Resposta Glicémica

2.1. Pêssego

Na figura 6 estão representados as médias das respostas glicémicas dos alimentos da matriz pêssego. Verificou-se que a concentração máxima de glicose no sangue (glicemia máxima) ocorreu após 30 minutos da ingestão dos alimentos e, após este período de tempo, observou-se uma redução gradual até valores próximos do jejum nos alimentos-teste. Aos 120 minutos, a glicemia foi semelhante ao valor em jejum para todos os alimentos. A iAUC dos alimentos-testes foram significativamente menores em relação ao controlo dextrose ($p < 0,0001$).

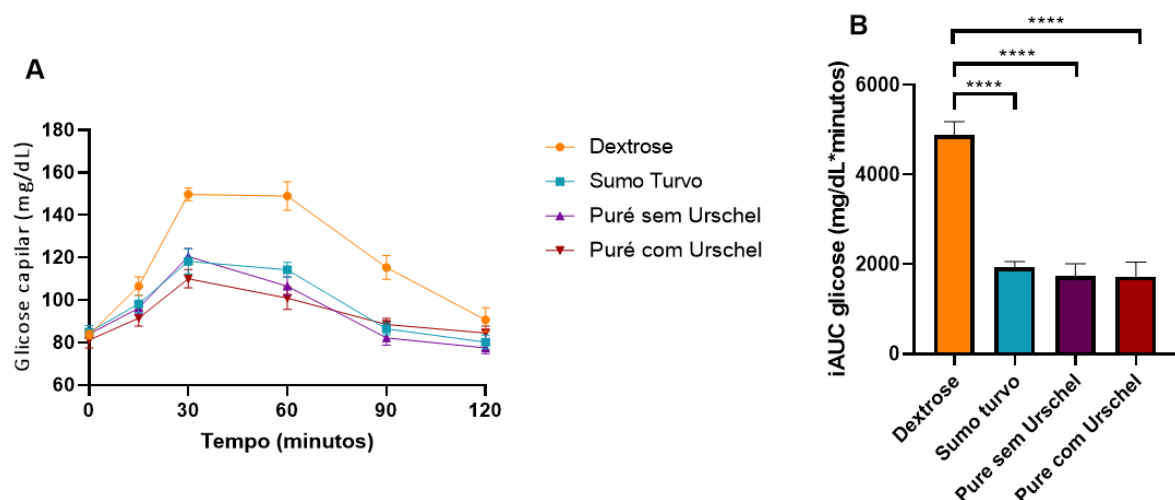


Figura 6 - Média da resposta glicêmica dos alimentos-teste da matriz pêssego e do alimento-referência dextrose (A). Os valores apresentados representam a média e o erro padrão. Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica dos alimentos-teste da matriz pêssego e do controle dextrose (B). Diferenças estatísticas significativas: * < 0,05; ** < 0,01; *** < 0,001; **** < 0,0001.

De seguida, comparou-se individualmente a média das respostas glicêmicas dos alimentos-teste da matriz pêssego com a média da resposta glicêmica do alimento-referência (dextrose).

Entre o sumo turvo e a dextrose, observou-se que após 30 minutos ($118,20 \pm 5,93$ mg/dL vs $150,7 \pm 3,17$ mg/dL, $p < 0,001$), 60 minutos ($114,20 \pm 3,56$ mg/dL vs $148,4 \pm 7,40$ mg/dL, $p < 0,01$), 90 minutos ($86,50 \pm 2,85$ mg/dL vs $114,90 \pm 6,15$ mg/dL, $p < 0,01$) e 120 minutos ($80,20 \pm 3,38$ mg/dL vs $92,40 \pm 6,05$ mg/dL, $p < 0,05$) do consumo do sumo turvo, a glicemia foi inferior à da dextrose, o que pode ser constatado na figura 7A. A iAUC do sumo turvo foi significativamente inferior à da dextrose ($p < 0,0001$) (figura 7B).

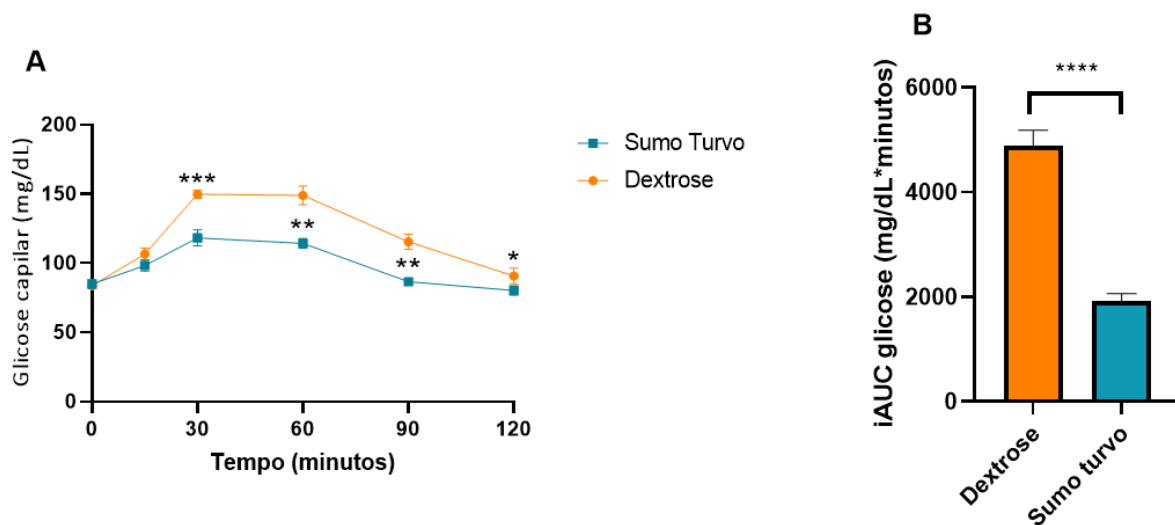


Figura 7 - Média da resposta glicêmica do sumo turvo e da dextrose ao longo do tempo (A). Os valores apresentados representam a média e o erro padrão da média. Comparação da área

incremental sob a curva (iAUC) da resposta glicêmica da dextrose e do sumo turvo de pêssago (B). Diferenças estatísticas significativas: * < 0,05; ** < 0,01; *** < 0,001; **** < 0,0001.

Quando se compara a média da resposta glicêmica após o consumo do puré sem urschel com a dextrose, esta também foi inferior após 30 minutos ($120,5 \pm 3,78$ mg/dL vs $150,7 \pm 3,17$ mg/dL, $p < 0,001$), 60 minutos ($106,50 \pm 4,48$ mg/dL vs $148,4 \pm 7,40$ mg/dL, $p < 0,01$), 90 minutos ($82,20 \pm 2,85$ mg/dL vs $114,90 \pm 6,15$ mg/dL, $p < 0,0001$) e 120 minutos ($77,60 \pm 2,77$ mg/dL vs $92,40 \pm 6,05$ mg/dL, $p < 0,05$) (figura 8A). A iAUC da resposta glicêmica após o consumo do puré com urschel foi menor relativamente à iAUC da dextrose ($p < 0,001$) (figura 8B).

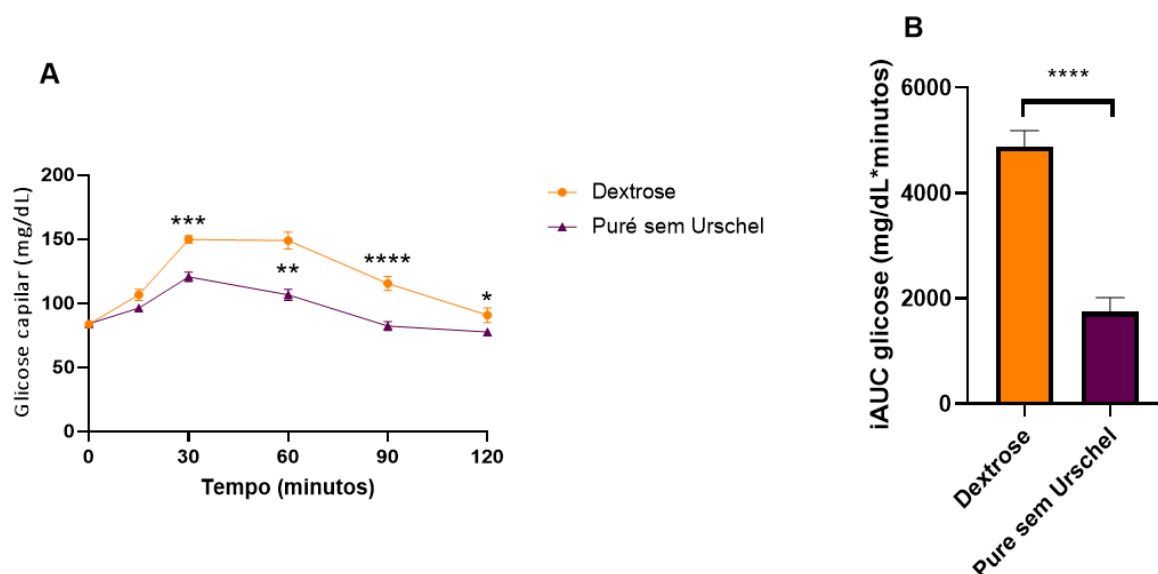


Figura 8 - Média da resposta glicêmica do puré sem urschel e da dextrose ao longo do tempo (A). Os valores apresentados representam a média e o erro padrão da média. Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica da dextrose e do puré sem urschel de pêssago (B). Diferenças estatísticas significativa: * < 0,05; ** < 0,01; *** < 0,001; **** < 0,0001.

Constatou-se que a glicemia observada após o consumo do puré com urshel foi inferior à concentração obtida após o consumo do alimentos-referência após 15 minutos ($91,60 \pm 3,83$ mg/dL vs $106,00 \pm 3,89$ mg/dL, $p < 0,05$), 30 minutos ($110,00 \pm 4,32$ mg/dL vs $148,7 \pm 3,15$ mg/dL, $p < 0,01$), 60 minutos ($100,90 \pm 5,34$ mg/dL vs $150,00 \pm 7,32$ mg/dL, $p < 0,01$) e 90 minutos ($88,60 \pm 2,95$ mg/dL vs $115,00 \pm 6,15$ mg/dL, $p < 0,01$) do consumo (figura 9A). À semelhança dos resultados anteriores, a iAUC da resposta glicêmica após o consumo do puré com urschel foi inferior quando comparada com a iAUC obtida após o consumo do alimento-referência ($p < 0,001$) (figura 9B).

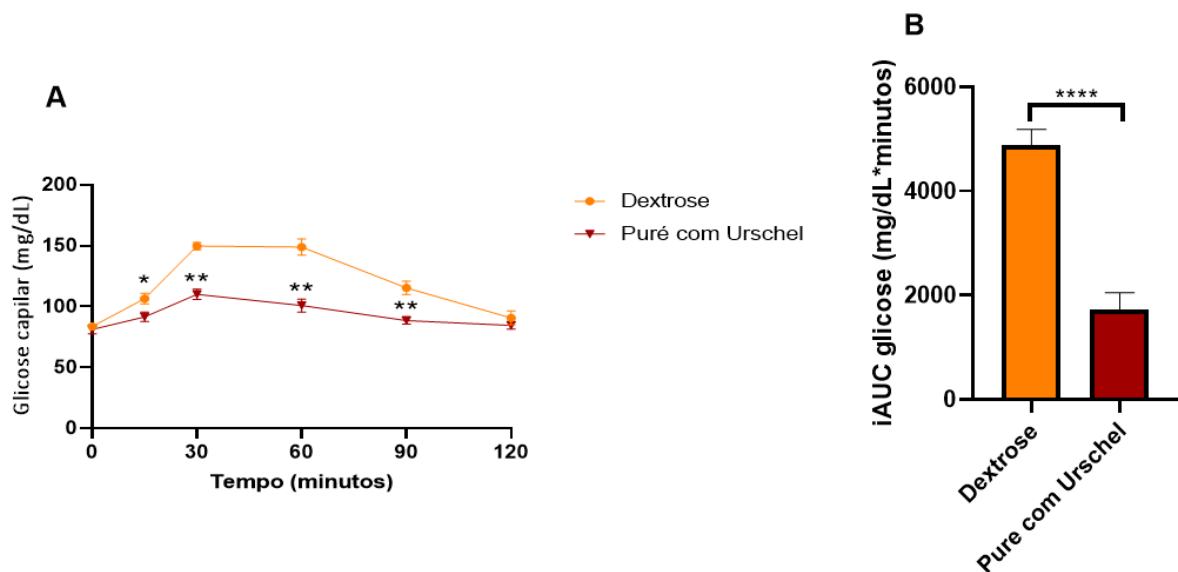


Figura 9 - Média da resposta glicêmica do puré com urschel e da dextrose ao longo do tempo (A). Os valores apresentados representam a média e o erro padrão da média. Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica da dextrose e do puré com urschel de pêssago (B). Diferenças estatísticas significativa: * < 0,05; ** < 0,01; **** < 0,0001.

Por fim, comparou-se a resposta glicêmica dos diferentes alimentos-teste da matriz pêssago entre si. Verificou-se que o efeito na glicemia capilar após o consumo do sumo turvo e do puré sem urschel foi semelhante (figura 10A). O mesmo ocorreu em relação à iAUC, uma vez que não foram identificadas diferenças significativas entre estes alimentos (10B).

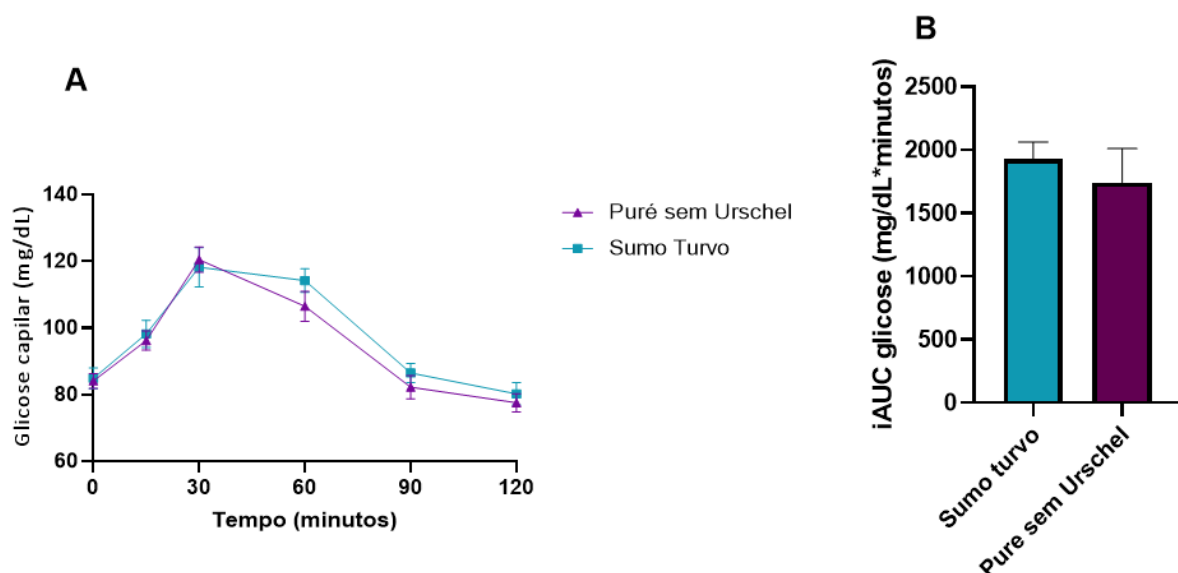


Figura 10 - Média da resposta glicêmica do sumo turvo e do puré sem urschel ao longo do tempo (A). Os valores apresentados representam a média e o erro padrão da média. Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica do sumo turvo e do puré sem urschel de pêssago (B).

Por outro lado, quando foi realizada a comparação entre a resposta glicêmica do sumo turvo e o puré com urschel, observou-se uma diferença significativa na concentração de glicose após 90 minutos da ingestão do puré com urschel ($84,67 \pm 2,44$ mg/dL vs $89,56 \pm 3,12$ mg/dL, $p < 0,05$) (figura 11A). Quanto à iAUC obtida após o consumo destes alimentos, não foram observadas diferenças significativas (figura 11B).

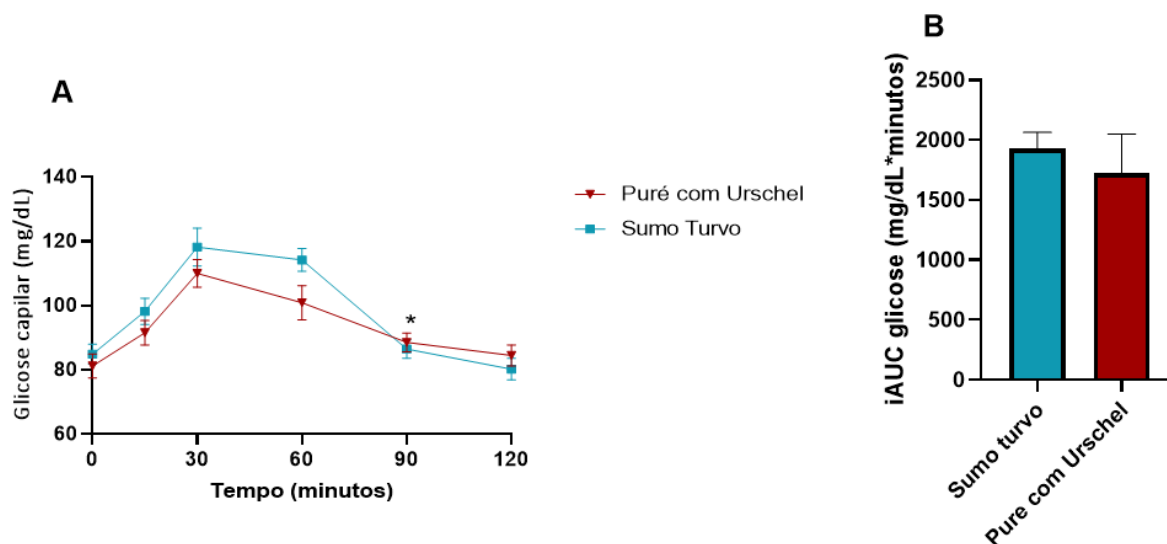


Figura 11 - Média da resposta glicêmica do sumo turvo e do puré com urschel ao longo do tempo (A). Os valores apresentados representam a média e o erro padrão da média. Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica do sumo turvo e do puré com urschel de pêssego (B). Diferença estatística significativa: * $< 0,05$.

Quando comparada a resposta glicêmica obtida após o consumo dos dois tipos de purés de pêssego, observou-se que o efeito na glicemia foi semelhante (figura 12A). A iAUC obtida com o puré com e sem urschel foi semelhante (figura 12B).

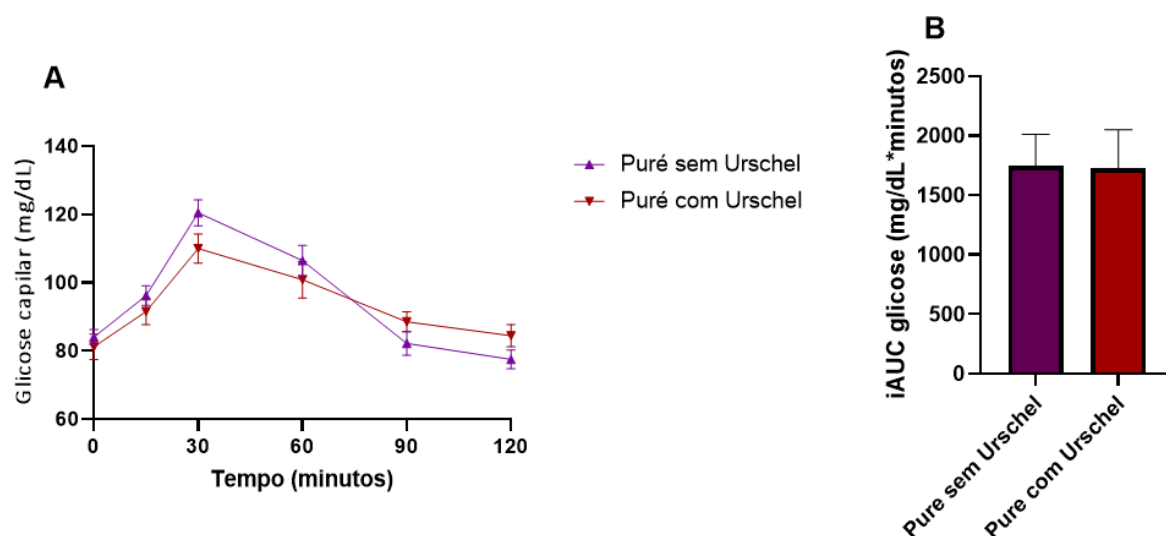


Figura 12 – Média da resposta glicémica do puré sem urschel de pêsego e do puré com urschel de pêsego ao longo do tempo (A). Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicémica do puré sem urschel e do puré com urschel de pêsego (B).

2.2.Pera

Na figura 13 estão representadas as médias das respostas glicémicas dos alimentos da matriz pera. Os resultados apresentados para os alimentos da matriz pera foram ajustados ao valor em jejum (*baseline*), permitindo a correta comparação da resposta glicémica entre alimentos.

À semelhança dos resultados obtidos com a matriz pêsego, constatou-se que a concentração máxima de glicose ocorreu após 30 minutos da ingestão dos alimentos e que, após este período de tempo, a concentração de glicose diminuiu gradualmente para valores do jejum. Após 120 minutos, a concentração média de glicose foi semelhante ao valor em jejum para todos os alimentos. A iAUC dos alimentos-teste foi inferior à do controlo dextrose ($p < 0,05$).

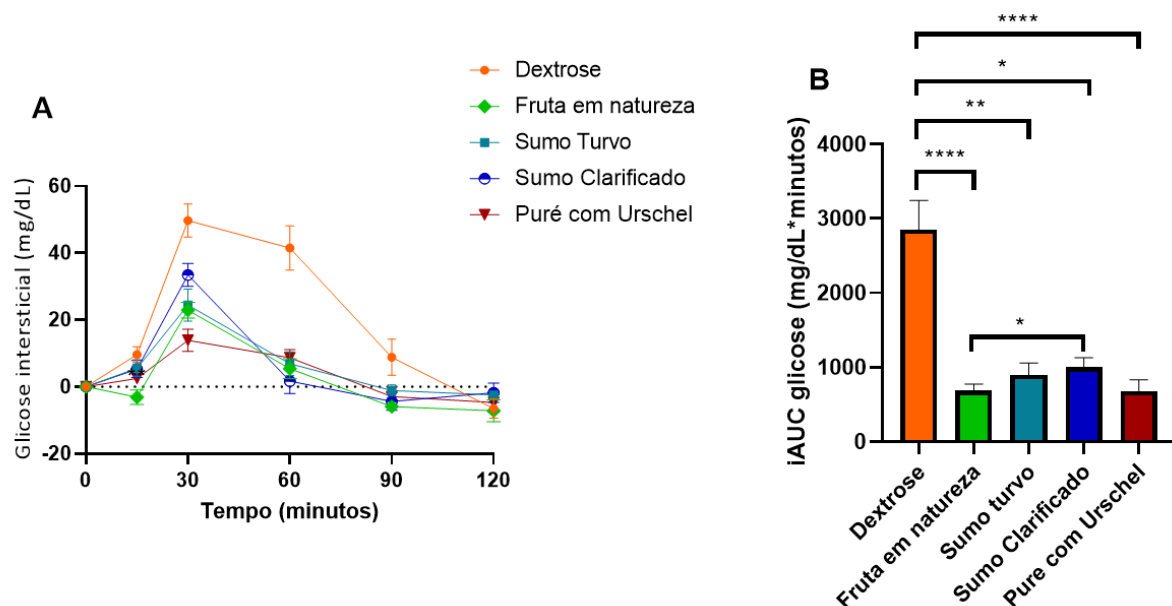


Figura 13 - Média da resposta glicêmica ajustada ao valor da baseline dos alimentos-teste da matriz pera. Os valores apresentados representam a média e o erro padrão da média. Os valores apresentados representam a média e o erro padrão da média. Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica dos alimentos da matriz pera e do controle dextrose (B). Diferenças estatísticas significativas: * < 0,05; ** < 0,01; **** < 0,0001.

Quando foi comparada a resposta glicêmica da fruta em natureza com a dextrose (alimento-referência), identificou-se que a glicemia foi inferior após 15 minutos ($-3,09 \pm 2,14$ mg/dL vs $13,82 \pm 3,81$ mg/dL, $p < 0,01$), 30 minutos ($22,91 \pm 2,35$ mg/dL vs $55,55 \pm 4,94$ mg/dL, $p < 0,001$) e 60 minutos ($5,46 \pm 2,95$ mg/dL vs $33,45 \pm 7,11$ mg/dL, $p < 0,01$) do consumo da fruta (figura 14A). O mesmo ocorreu com a iAUC, considerando que o resultado obtido com a fruta em natureza também foi inferior à do controle ($p < 0,001$) (figura 14B).

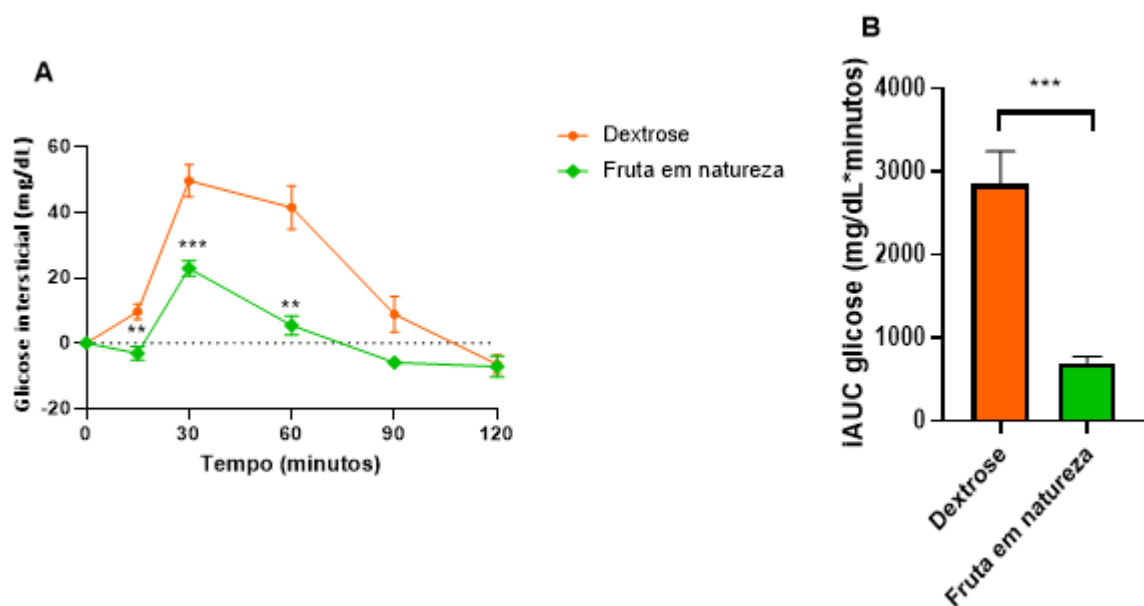


Figura 14 - Média da resposta glicêmica ajustada ao valor da baseline da dextrose (alimento-referência) e da fruta em natureza (pera) ao longo do tempo (A). Os valores apresentados representam a média e o erro padrão da média. Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica da dextrose e da fruta em natureza (pera) (B). Diferenças estatísticas significativas: ** < 0,01; *** < 0,001.

No que respeita à resposta glicêmica do sumo turvo, quando comparada com a dextrose, verificou-se que a glicemia da dextrose foi superior após 15 minutos ($5,55 \pm 2,55$ mg/dL vs $14,73 \pm 3,73$ mg/dL, $p < 0,05$), 30 minutos ($24,45 \pm 4,80$ mg/dL vs $62,27 \pm 5,47$ mg/dL, $p < 0,001$) e 60 minutos ($6,90 \pm 3,50$ mg/dL vs $42,00 \pm 10,38$ mg/dL, $p < 0,01$) de ingestão (figura 15A). Quanto à iAUC, esta foi inferior após a ingestão do sumo turvo em comparação com o controlo ($p < 0,001$) (figura 15B)

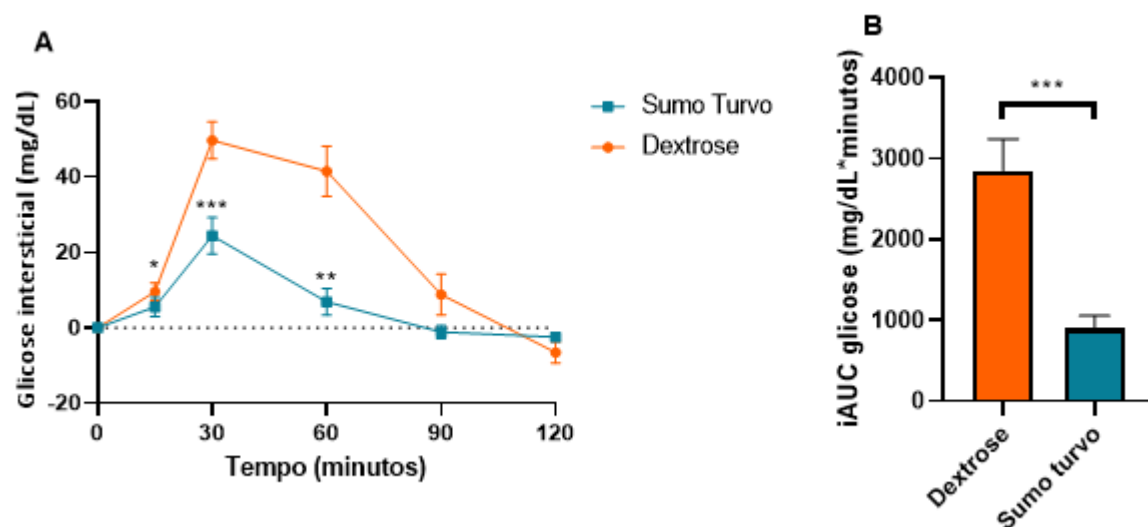


Figura 15 - Média da resposta glicêmica ajustada ao valor da baseline da dextrose (alimento-referência) e do sumo turvo de pera ao longo do tempo (A). Os valores apresentados representam a

média e o erro padrão da média. Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica da dextrose e do sumo turvo (B). Diferenças estatísticas significativas: * < 0,05; ** < 0,01; *** < 0,001.

Após o consumo do sumo clarificado de pera, a glicemia foi inferior ao resultado obtido com o controlo após 30 minutos ($33,40 \pm 3,43$ mg/dL vs $58,10 \pm 8,02$ mg/dL, $p < 0,01$) e 60 minutos ($1,70 \pm 3,71$ mg/dL vs $35,40 \pm 10,65$ mg/dL, $p < 0,01$) (figura 16A). A iAUC da glicose foi inferior após a ingestão do sumo clarificado ($p < 0,01$) (figura 16B).

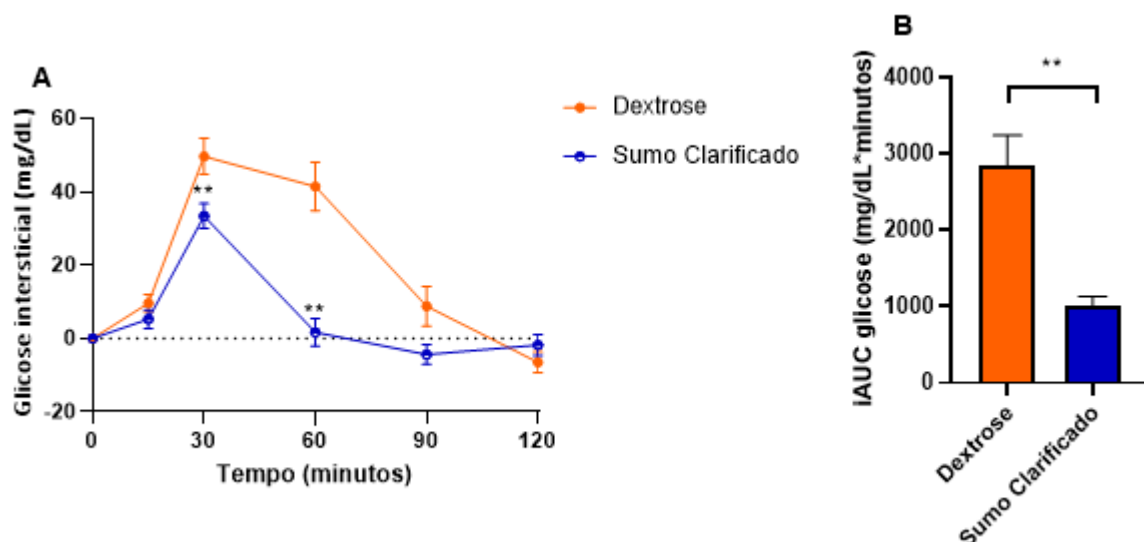


Figura 16 - Média da resposta glicêmica ajustada ao valor da baseline da dextrose (alimento-referência) e do sumo clarificado de pera ao longo do tempo (A). Os valores apresentados representam a média e o erro padrão da média. Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica da dextrose e do sumo clarificado (B). Diferença estatística significativa: ** < 0,01

No que diz respeito à glicemia após o consumo do puré com urschel, esta foi também inferior após 30 minutos ($13,90 \pm 3,36$ mg/dL vs $38,70 \pm 6,65$ mg/dL, $p < 0,01$) e 60 minutos ($8,70 \pm 2,40$ mg/dL vs $38,70 \pm 8,93$ mg/dL, $p < 0,01$) da ingestão (figura 17A). A iAUC da glicose após o consumo do puré com urschel também foi inferior em comparação com o alimento-referência ($p < 0,01$) (figura 17B).

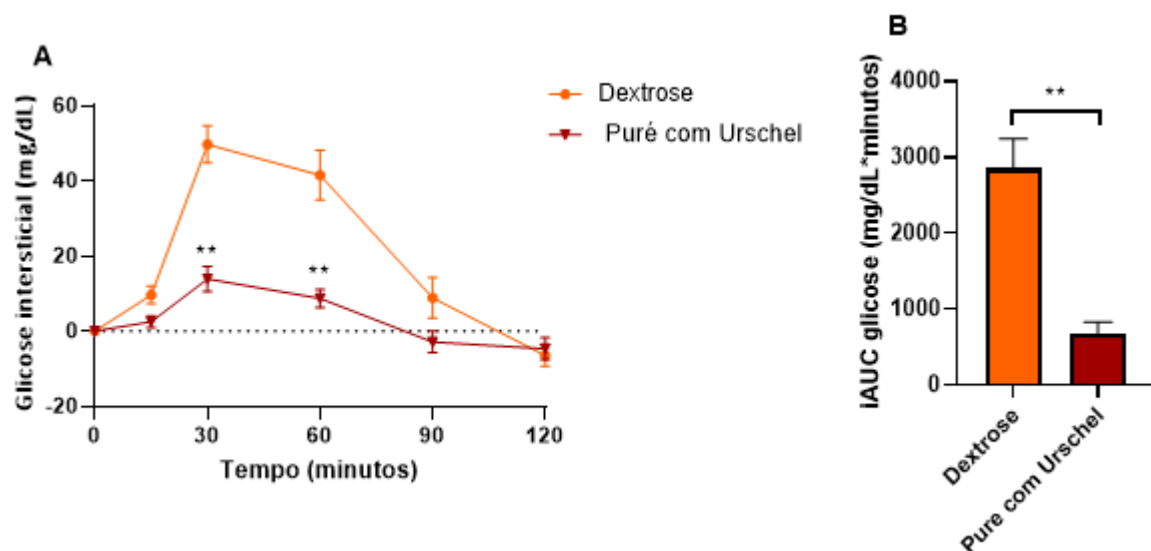


Figura 17 - Média da resposta glicêmica ajustada ao valor da baseline da dextrose (alimento-referência) e do puré com urschel de pera ao longo do tempo (A). Os valores apresentados representam a média e o erro padrão da média. Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica da dextrose e do puré com urschel (B). Diferença estatística significativa: ** < 0,01.

Quando se comparou a resposta glicêmica da fruta em natureza (pera) com o sumo turvo, esta foi inferior após 15 minutos da ingestão da fruta em natureza ($-3,50 \pm 2,32$ mg/dL vs $5,00 \pm 2,75$ mg/dL, $p < 0,05$) (figura 18A). No entanto, não foi observada diferença significativa na iAUC da glicose ($p < 0,05$) (figura 18B).

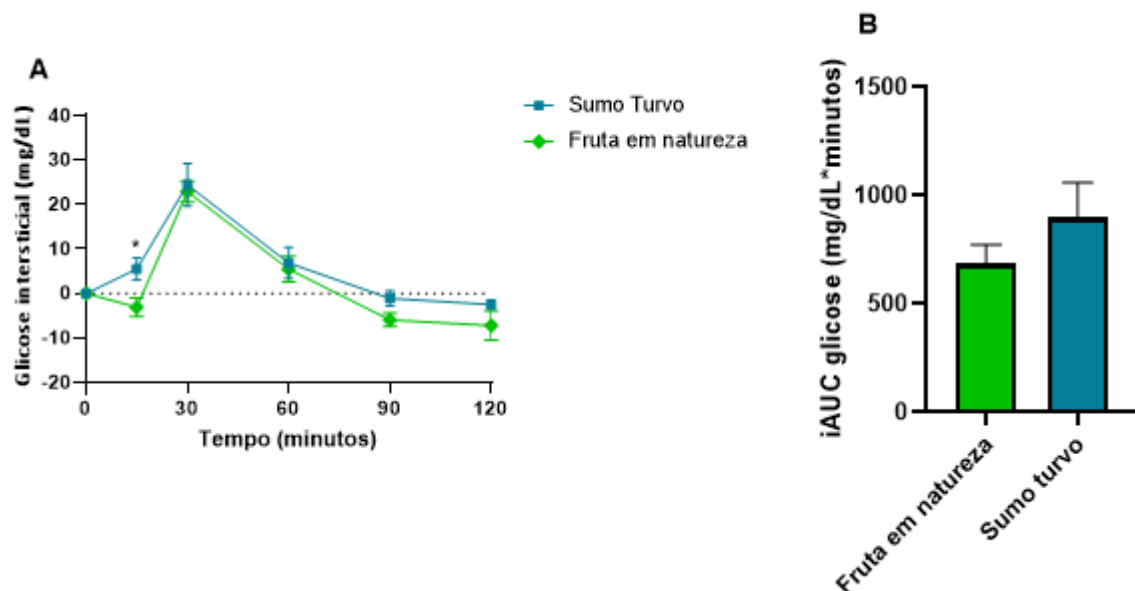


Figura 18 - Média da resposta glicêmica ajustada ao valor da baseline da fruta em natureza (pera) e do sumo turvo de pera ao longo do tempo (A). Os valores apresentados representam a média e o erro padrão da média. Comparação da área incremental sob a curva da resposta glicêmica da fruta em natureza (pera) e do sumo turvo (B). Diferença significativa: * < 0,05.

No que se refere à comparação do consumo da fruta em natureza com o sumo clarificado, a resposta glicémica foi inferior após 15 minutos ($-3,09 \pm 2,14$ mg/dL vs $5,30 \pm 2,54$ mg/dL, $p < 0,05$) e 30 minutos ($22,91 \pm 2,35$ mg/dL vs $33,40 \pm 3,43$ mg/dL, $p < 0,05$) do consumo da fruta (figura 19A). Mais ainda, a iAUC obtida com a fruta em natureza foi inferior ($p < 0,05$) em comparação à do sumo clarificado (figura 19B).

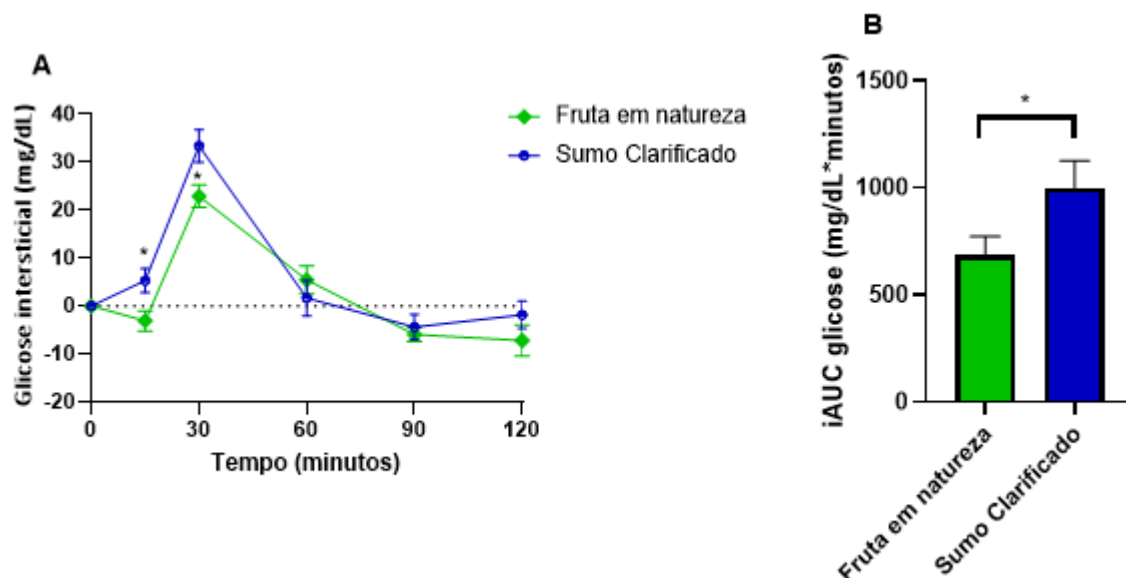


Figura 19 - Média da resposta glicémica ajustada ao valor da baseline da fruta em natureza (pera) e do sumo clarificado de pera ao longo do tempo (A). Os valores apresentados representam a média e o erro padrão da média. Comparação da Área incremental sob a curva da resposta glicémica da fruta em natureza (pera) e do sumo clarificado (B). Diferença estatística significativa: * $< 0,05$.

De seguida, comparou-se a resposta glicémica do puré com urschel com a da fruta em natureza. O consumo do puré com urschel teve um impacto inferior na resposta glicémica após 30 minutos do consumo ($22,91 \pm 2,35$ mg/dL vs $13,90 \pm 3,36$ mg/dL, $p < 0,05$) (figura 20A), embora esta diferença não tivesse sido refletida na iAUC dos dois alimentos (figura 20B).

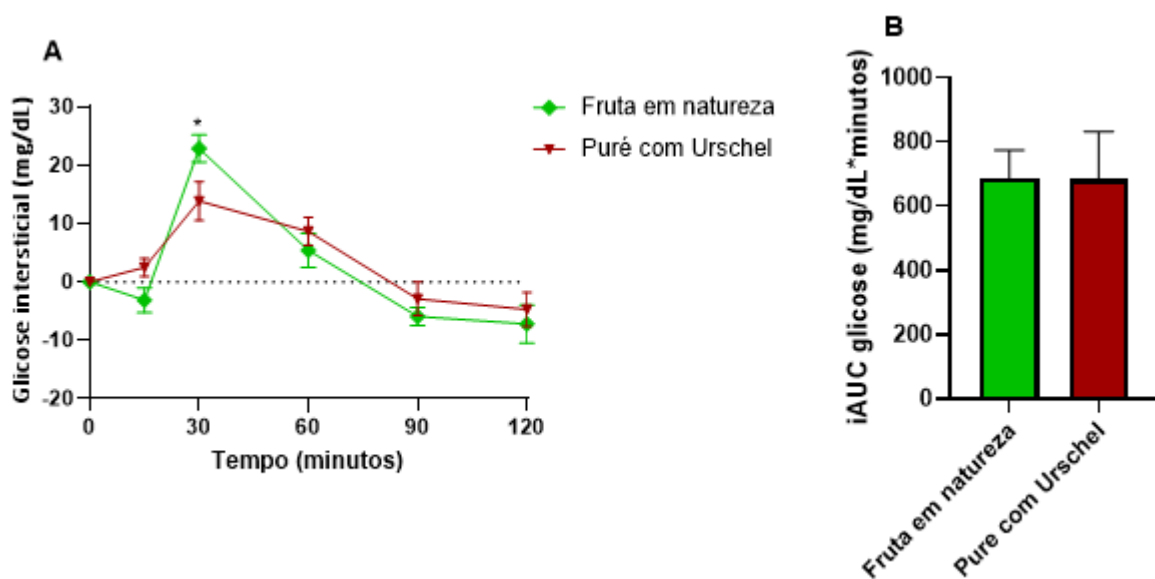


Figura 20 - Média da resposta glicêmica ajustada ao valor da baseline da fruta em natureza (pera) e do purê com urschel de pera ao longo do tempo (A). Os valores apresentados representam a média e o erro padrão da média. Comparação da Área incremental sob a curva da resposta glicêmica da fruta em natureza (pera) e do purê com urschel (B). Diferença estatística significativa: * < 0,05.

Na análise comparativa entre os dois sumos, turvo e clarificado, verificou-se que não existiu diferenças significativas das respostas glicêmicas ao longo do tempo (figura 21A) nem no resultado da iAUC (figura 21B) entre ambos.

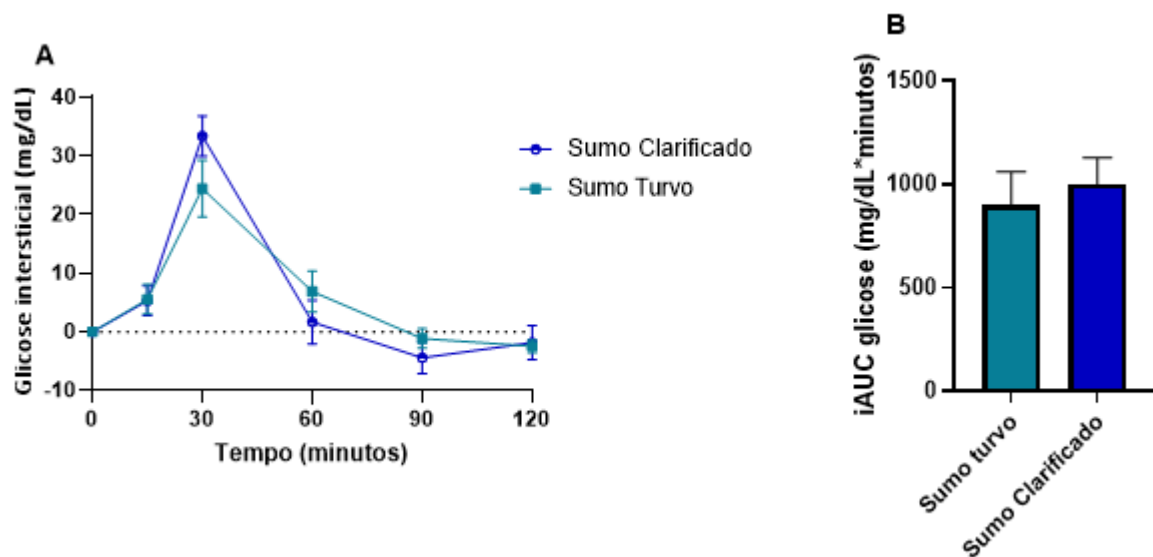


Figura 21 - Média da resposta glicêmica ajustada ao valor da baseline do sumo turvo de pera e do sumo clarificado de pera ao longo do tempo (A). Os valores apresentados representam a média e o erro padrão da média. Comparação da Área incremental sob a curva da resposta glicêmica do sumo turvo de pera e do sumo clarificado (B).

Quando comparada a resposta glicêmica e a iAUC do sumo turvo com o puré com urschel, o resultado obtido com os dois alimentos foi semelhante (figura 22).

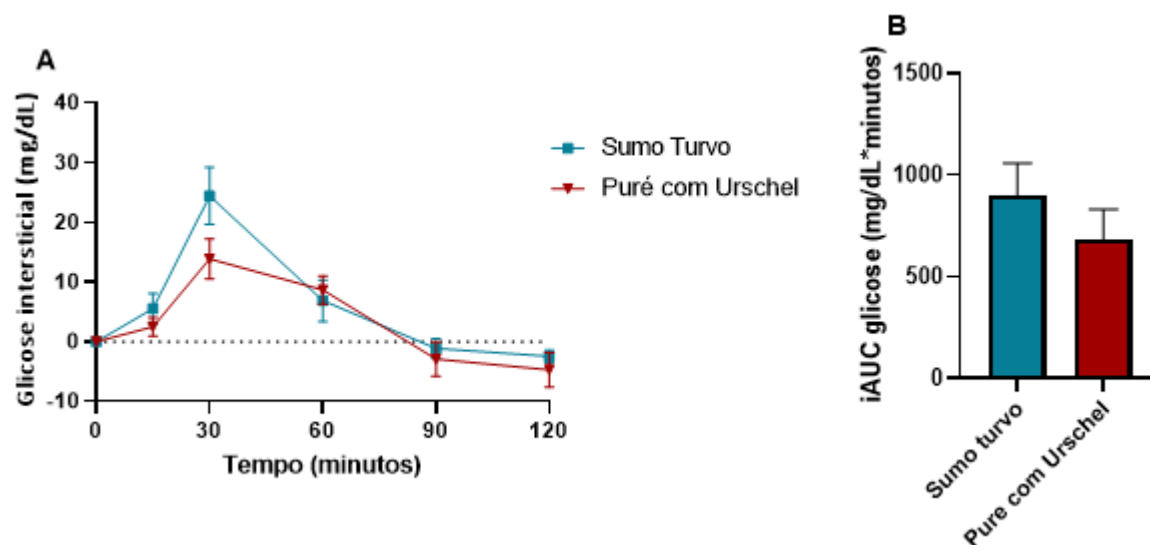


Figura 22 - Média da resposta glicêmica ajustada ao valor da baseline do sumo turvo e do puré com urschel de pera ao longo do tempo (A). Os valores apresentados representam a média e o erro padrão da média. Comparação da Área incremental sob a curva da resposta glicêmica do sumo turvo e do puré com urschel (B).

No entanto, quando comparada a resposta glicêmica entre o sumo clarificado e o puré com urschel, a resposta glicêmica foi inferior após 30 minutos do consumo do puré com urschel ($33,40 \pm 3,43$ mg/dL vs $13,90 \pm 3,36$ mg/dL, $p < 0,001$) (figura 23A). Relativamente à iAUC da glicose, não foi observada diferença significativa (figura 23B).

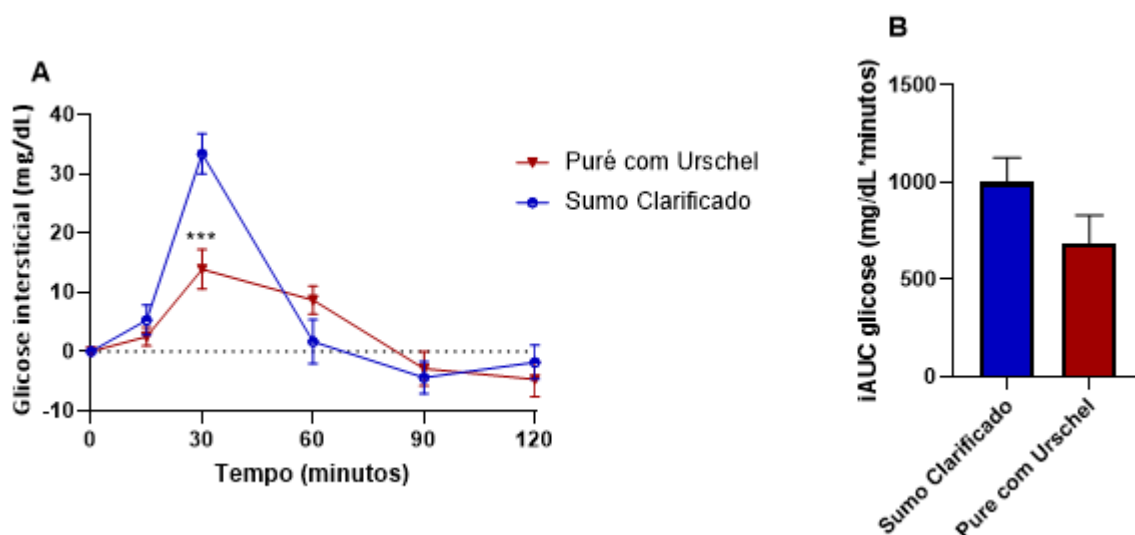


Figura 23 - Média da resposta glicêmica ajustada ao valor da baseline do sumo clarificado e do puré com urschel de pera ao longo do tempo (A). Os valores apresentados representam a média e o erro padrão da média. Comparação da Área incremental sob a curva da resposta glicêmica do sumo clarificado e do puré com urschel (B). Diferença estatística significativa: *** < 0,001.

3. Escalas Visuais Analógicas – VAS

3.1. Avaliação subjetiva das sensações de apetite

Conforme referido anteriormente, procedeu-se à avaliação da sensação subjetiva de fome, saciedade, enfiamento e apetite dos diferentes alimentos testados. Os resultados desta avaliação encontram-se descritos e apresentados graficamente de seguida.

3.1.1. Pêssego

Em relação à percepção subjetiva da variação de fome, não houve diferença significativa entre os diferentes alimentos, como pode ser observado na figura 24A. Quando comparada a variação da sensação de saciedade (figura 24B) entre a dextrose e o sumo turvo, observou-se que, após 60 minutos ($-0,713 \pm 0,513$ cm vs $0,688 \pm 0,548$ cm, $p < 0,05$) e 120 minutos ($-1,983 \pm 0,639$ cm vs $-0,883 \pm 0,688$ cm, $p < 0,05$), a dextrose resultou numa diminuição da sensação de saciedade, enquanto na comparação entre os outros alimentos não se identificou diferença significativa. Quando os alimentos à base de pêssego foram comparados em relação à variação na sensação de enfiamento (figura 24C) e na sensação de apetite (figura 24D), não se constatarem diferenças significativas entre os mesmos

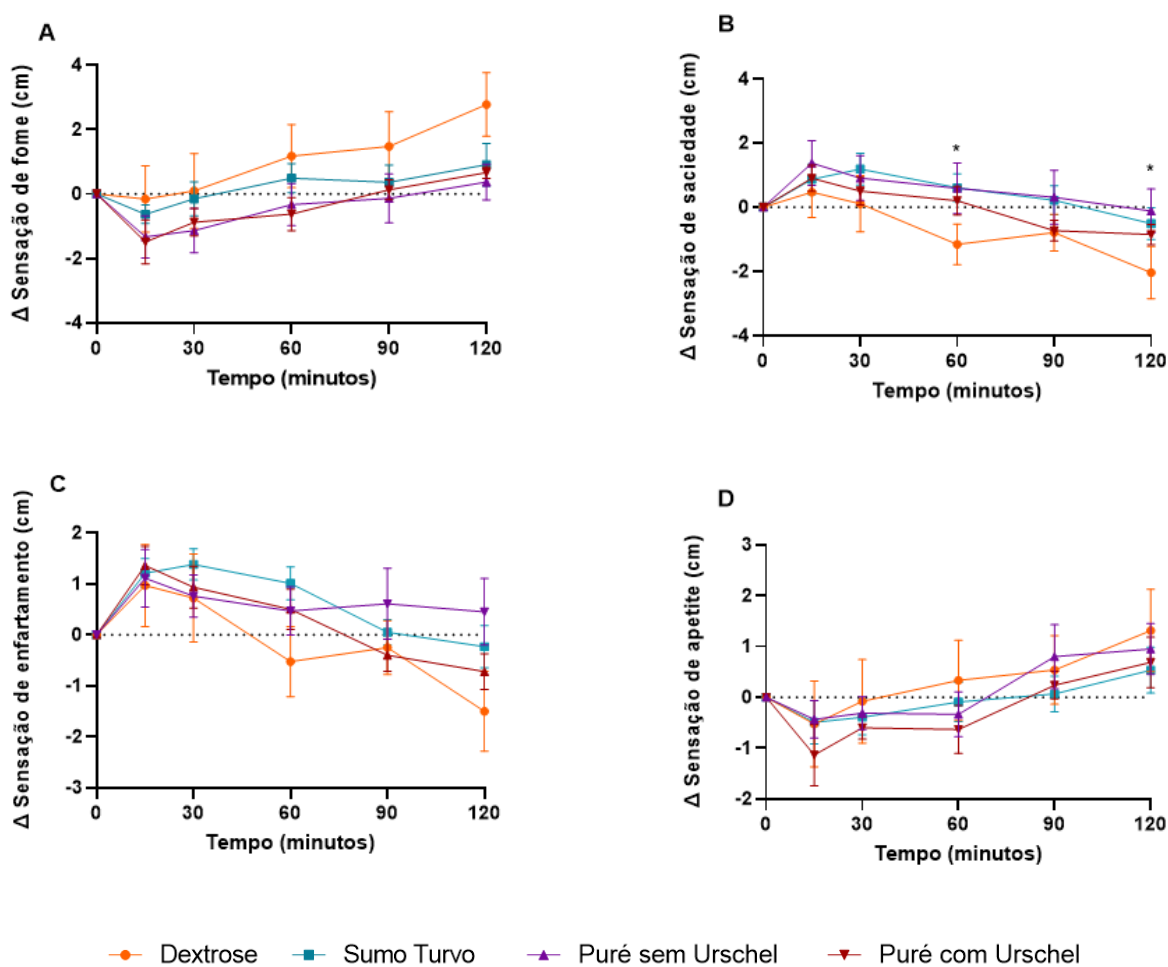


Figura 24 - Média das avaliações subjetivas das sensações de fome (A), saciedade (B), enfiamento (C) e apetite (D) ajustada ao valor da baseline dos alimentos da matriz de pêssego e da dextrose ao longo do tempo.

* Dextrose vs Sumo Turvo: diferenças estatísticas significativas $p < 0,05$.

3.1.2. Pera

No que diz respeito à variação na sensação de fome (figura 25A) foi possível observar uma elevação nesta percepção causada pela fruta em natureza, após 60 minutos de sua ingestão, o que não ocorreu após o consumo de dextrose para o mesmo período de tempo, o que refletiu uma diferença significativa entre ambos ao minuto 60 ($0,727 \pm 0,610$ cm vs $-1,173 \pm 0,904$ cm, $p < 0,05$). Na comparação entre os outros alimentos não houve diferenças significativas.

Comparativamente, em relação a sensação de saciedade (figura 25B), a dextrose resultou em menor saciedade que a fruta em natureza, após 15 ($1,245 \pm 0,553$ cm vs $3,218 \pm 0,695$ cm, $p < 0,05$) e 90 minutos de ingestão ($-0,264 \pm 0,429$ cm vs $0,764 \pm 0,435$ cm, $p < 0,05$). O sumo turvo também induziu menor saciedade que a fruta em natureza após 15 minutos ($0,100 \pm 0,379$ cm vs $2,930 \pm 0,700$ cm, $p < 0,01$), 60 minutos ($0,100 \pm 1,287$ cm vs $1,270 \pm 0,418$ cm, $p < 0,05$) e 90 minutos ($-0,100 \pm 0,494$ cm vs $0,730 \pm 0,480$ cm, $p < 0,05$) após seu consumo. Resultados semelhantes foram observados para o sumo clarificado em relação à fruta em natureza, após 15 minutos de ingestão ($0,443 \pm 0,624$ cm vs $3,757 \pm 2,133$ cm, $p < 0,05$). O puré com urschel resultou numa sensação de saciedade inferior, quando comparado ao sumo turvo ($2,067 \pm 0,509$ cm vs $0,455 \pm 0,493$ cm, $p < 0,05$) e ao sumo clarificado ($2,067 \pm 0,509$ cm vs $0,273 \pm 0,496$ cm, $p < 0,05$) aos 15 minutos.

Quanto à variação da sensação de enfiamento (figura 25C), a avaliação sobre a percepção da fruta em natureza comparativamente a dextrose, o resultado foi superior para a primeira, com 15 minutos ($3,750 \pm 0,962$ cm vs $0,430 \pm 0,657$ cm, $p < 0,01$), 30 minutos ($3,200 \pm 1,163$ cm vs $0,0571 \pm 0,635$ cm, $p < 0,05$), 60 minutos ($2,210 \pm 0,837$ cm vs $-0,050 \pm 0,438$ cm, $p < 0,05$), 90 minutos ($1,230 \pm 0,826$ cm vs $-0,680 \pm 0,576$ cm, $p < 0,05$) e 120 minutos ($1,030 \pm 0,872$ cm vs $-1,020 \pm 0,420$ cm, $p < 0,05$) de ingestão. Também, a fruta em natureza atingiu maior sensação de enfiamento que o sumo turvo com 15 minutos de consumo ($4,182 \pm 0,971$ cm vs $1,336 \pm 0,272$ cm, $p < 0,05$) e do mesmo modo, aos 15 minutos ($4,182 \pm 0,971$ cm vs $-0,872 \pm 1,725$ cm, $p < 0,05$) e 60 ($2,091 \pm 0,766$ cm vs $-1,805 \pm 1,527$ cm, $p < 0,05$), quando comparada ao puré com urschel.

No que se refere à variabilidade sobre a sensação de apetite (figura 25D), a fruta em natureza obteve menor percepção aos 15 minutos após o consumo quando comparada à dextrose ($-3,636 \pm 0,626$ cm vs $-1,064 \pm 0,687$ cm, $p < 0,01$), ao sumo turvo ($-3,636 \pm 0,626$ cm vs

-0,709±0,365 cm, $p < 0,01$), ao sumo clarificado (-4,150±1,003 cm vs 0,967±0,911 cm, $p < 0,05$) e ao puré com urschel (-3,636±0,626 cm vs -0,717±0,743 cm, $p < 0,01$). Por outro lado, a dextrose apresentou resultado inferior em relação à sensação de apetite em comparação ao sumo clarificado aos 90 (0,055±0,429 cm vs 2,130±0,626 cm, $p < 0,01$) e 120 (0,540±0,566 cm vs 2,400±0,621 cm, $p < 0,05$) minutos de ingestão.

Foi ainda analisada a sensação de fome entre a *baseline* (em que indivíduos tinham 12h de jejum) e os 120 minutos após consumo de cada um dos alimentos utilizando o teste two-way ANOVA e verificou-se que após o consumo do sumo turvo a sensação de fome era superior aos 120 após o consumo do que no jejum ($p < 0,05$), não se tendo verificado diferenças entre alimentos ou para intereção tempo vs alimento.

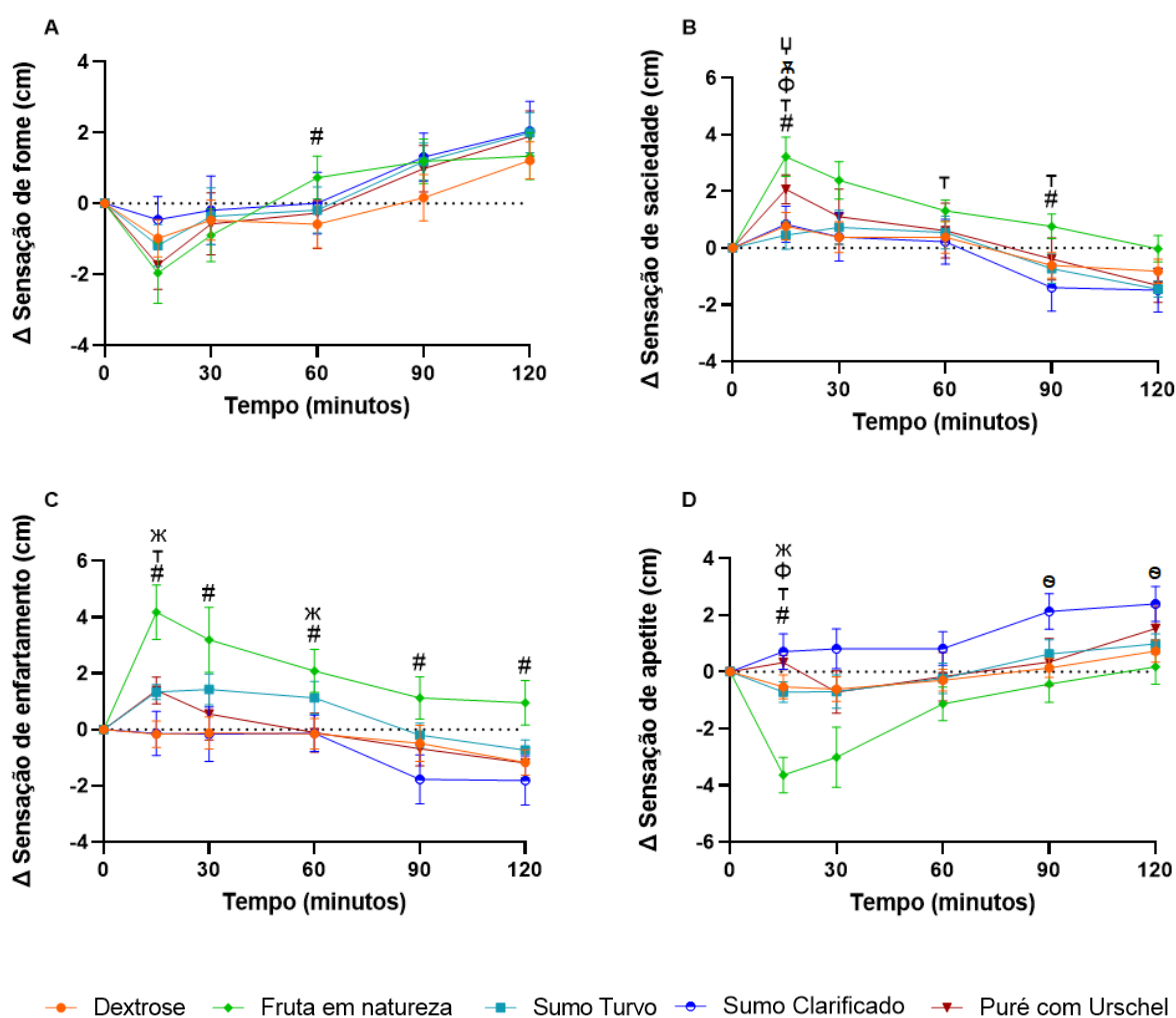


Figura 25 - Média das avaliações subjetivas das sensações de fome (A), saciedade (B), enfiamento (C) e apetite (D) ajustada ao valor da *baseline* dos alimentos da matriz de pera e da dextrose ao longo do tempo.

Dextrose vs Fruta em Natureza: diferenças estatísticas significativas $p < 0,05$.

e Dextrose vs Sumo Clarificado: diferenças estatísticas significativas $p < 0,05$.

T Fruta em Natureza vs Sumo Turvo: diferenças estatísticas significativas $p < 0,05$.

Φ Fruta em Natureza vs Sumo Clarificado: diferenças estatísticas significativas $p < 0,05$.

⌘ Fruta em Natureza vs Puré com Urschel: diferenças estatísticas significativas $p < 0,05$.

⌘ Sumo Turvo vs Puré com Urschel: diferenças estatísticas significativas $p < 0,05$.

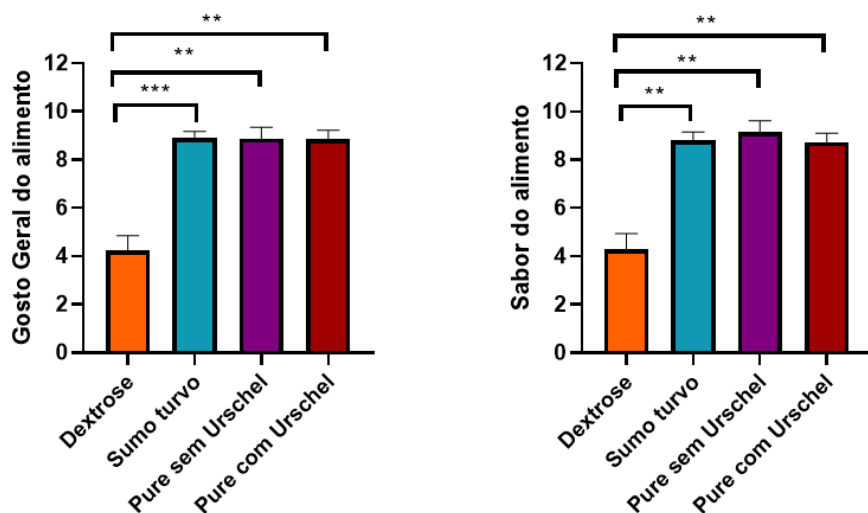
⌘ Sumo Clarificado vs Puré com Urschel: diferenças estatísticas significativas $p < 0,05$.

4. Avaliação subjetiva da palatabilidade

4.1. Pêssego

Considerando-se a avaliação das características organoléticas dos alimentos da matriz pêssego, constatou-se não haver diferenças entre todos os alimentos-teste, uma vez que permaneceram com os resultados concomitantes à uma melhor palatabilidade, aparência, textura e odor em referência ao controlo dextrose,

Todos os alimentos à base de pêssego apresentaram melhores resultados no que diz respeito às características organoléticas, nomeadamente, gosto geral, sabor, aparência, textura e cheiro, em relação ao controlo dextrose, conforme demonstrado na figura 26. No entanto, não se observaram diferenças entre os alimentos-teste para nenhum dos parâmetros.



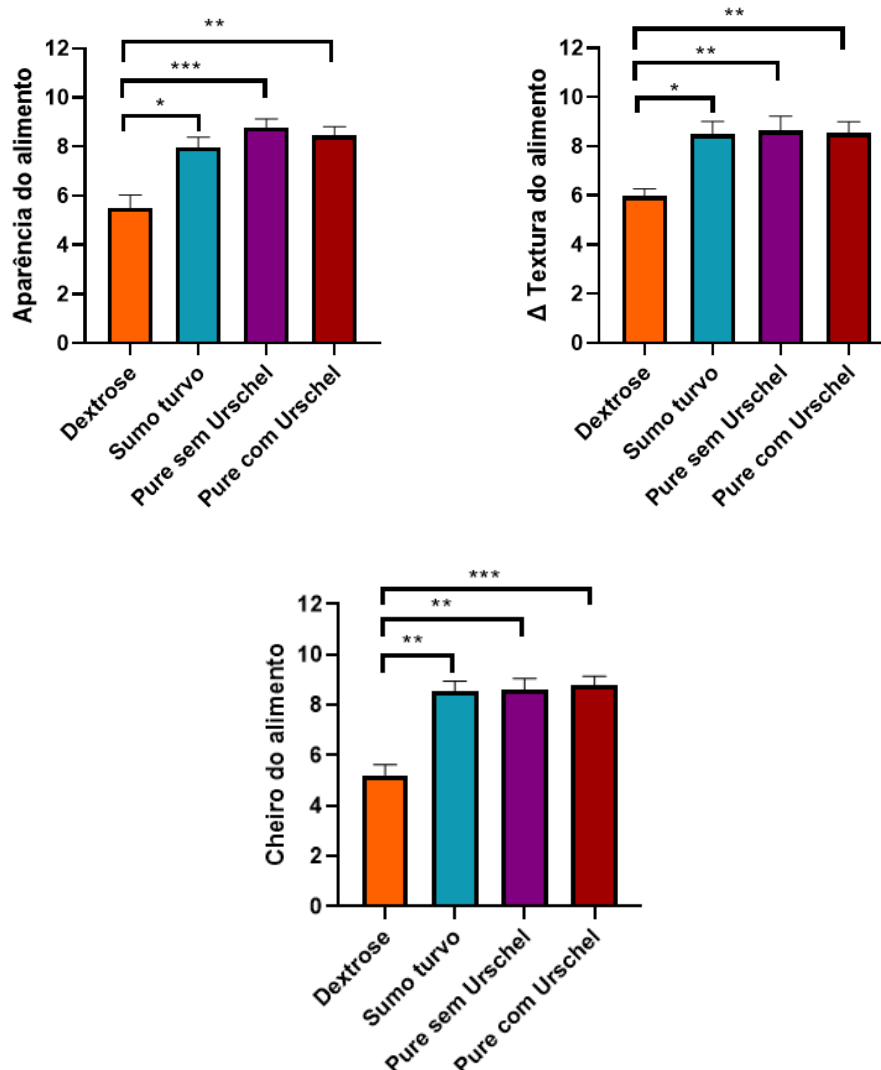


Figura 26 - Média da avaliação das características organoléticas dos alimentos da matriz pêsego e do controlo dextrose. Diferenças estatísticas significativas: * < 0,05; ** < 0,01; *** < 0,001; **** < 0,0001.

4.2. Pera

Considerando-se a avaliação das características organoléticas dos alimentos da matriz pera, foi possível perceber que os alimentos-teste, com exceção do sumo clarificado, apresentaram melhor palatabilidade que o controlo. Em relação à aparência, a fruta em natureza e o puré com urschel foram superiores à dextrose. Os participantes reportaram gostar mais do cheiro do sumo turvo do que da dextrose (figura 27).

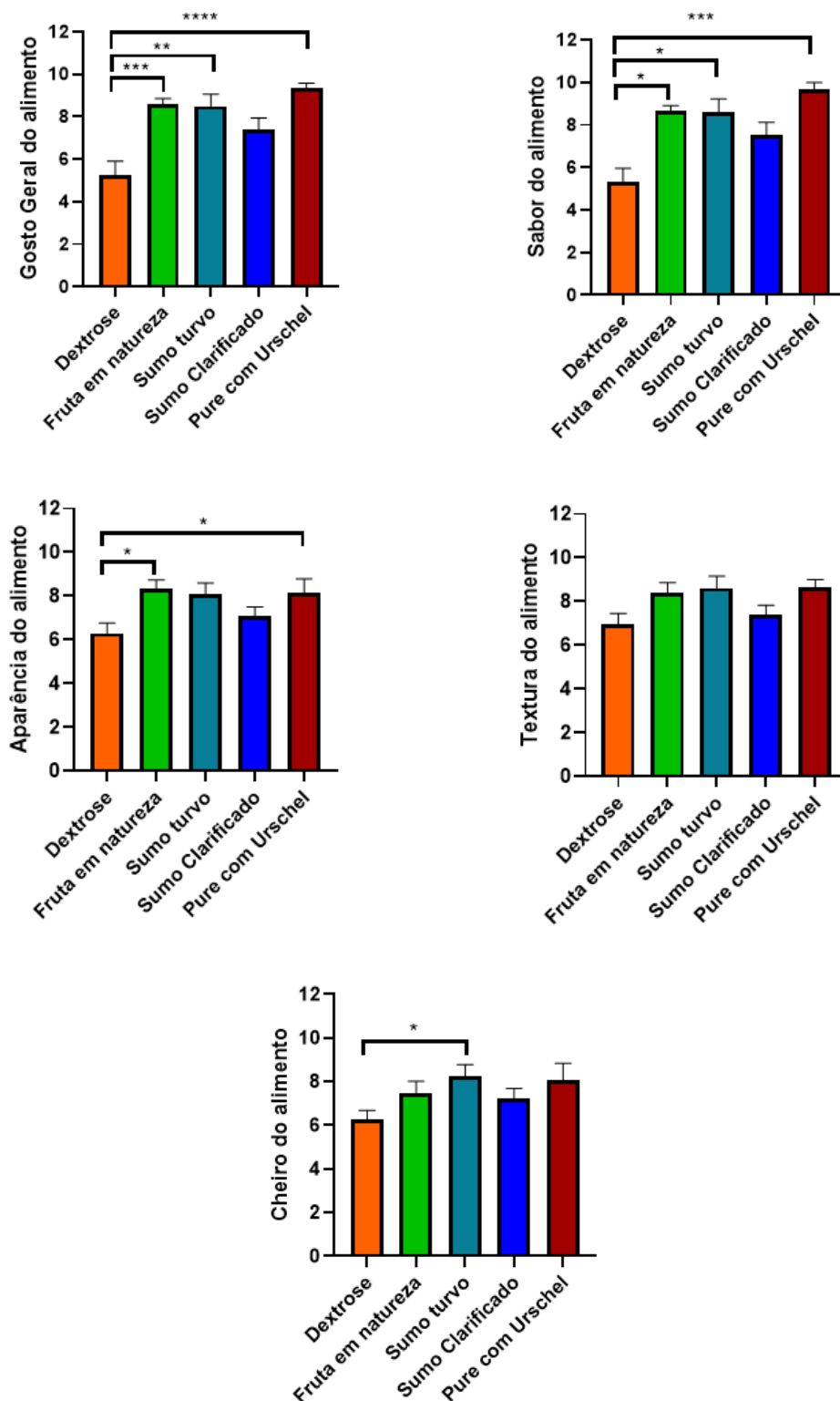


Figura 27 - Média da avaliação das características organoléticas dos alimentos da matriz pera e do controlo dextrose. Diferenças estatísticas significativas: * < 0,05; ** < 0,01; *** < 0,001; **** < 0,0001.

5. Índice glicémico

5.1. Pêssego

Os resultados da análise do índice glicémico dos alimentos-teste da matriz pêssego estão representados na tabela 6, a seguir. Cabe destacar que o IG do sumo turvo foi de 40 (3), o do puré de fruta com e sem urschel foi de 36 (7) e de 36 (5), respectivamente. Portanto, concluiu-se que todos os produtos dessa matriz têm “baixo índice glicémico” (IG < 55), de acordo com a classificação ISSO/FDIS 26642:2010.

Tabela 4 - Valores de índice glicémico dos alimentos-teste da matriz pêssego

Alimento-teste	Índice glicémico	
	Média (EPM)	Classificação do IG
Sumo turvo	40 (3)	Baixo
Puré com urschel	36 (7)	Baixo
Puré sem urschel	36 (5)	Baixo

Abreviaturas: EPM – erro padrão da média; IG – índice glicémico

5.2. Pera

Em relação aos valores obtidos de IG dos alimentos-teste da matriz pera, conforme constam na tabela 7, ressaltam-se o resultado de 30 (5) do IG da fruta em natureza (pera), de 36 (7) do sumo turvo e de 38 (10) do sumo clarificado e o puré com urschel teve um IG de 34 (6). Todos os produtos obtiveram uma classificação de “baixo índice glicémico” (IG < 55).

Tabela 5 - Valores de índice glicémico dos alimentos-teste da matriz pera

Alimento-teste	Índice glicémico	
	Média (EPM)	Classificação do IG
Fruta em natureza	30 (5)	Baixo
Sumo turvo	36 (7)	Baixo
Sumo clarificado	38 (10)	Baixo
Puré com urschel	34 (6)	Baixo

Abreviaturas: EPM – erro padrão da média; IG – índice glicémico

Discussão

Este estudo demonstrou que todos os alimentos à base de fruta apresentaram IG baixos com respostas glicémicas claramente inferiores ao controlo, dextrose, embora não muito diferentes entre si.

Em relação à matriz pera, quer o sumo turvo, quer o sumo clarificado, mostraram ter momentos em que há maiores picos de resposta glicémica do que a fruta em natureza. No entanto, apenas o sumo clarificado apresentou uma resposta glicémica global (iAUC) significativamente superior à da fruta. Por outro lado, o puré com urschel resultou num pico de glicemia inferior ao sumo clarificado e à fruta em natureza, após 30 minutos da ingestão.

Resultados semelhantes também foram apresentados no estudo de Redfern *et al.* (54) onde foi comparado o índice glicémico e a resposta glicémica do consumo de fruta inteira, de sumo de fruta batida com um equipamento que permite processar e reter o componente de fibra, e de um sumo composto pela mistura de duas frutas diferentes batidas e processadas por este equipamento. Os IG obtidos, tanto no nosso estudo quanto no de Redfern *et al.* (54), foram baixos (<55) para todos os produtos estudados, com respostas glicémicas menores que o controlo. Os autores não obtiveram diferenças de resposta glicémica entre o sumo de fruta e a fruta em natureza (54).

Alktube e colaboradores (55) colocaram como hipótese que a trituração de determinadas partes da fruta pode tornar disponível alguns componentes, nomeadamente fibras, polifenóis, gorduras e proteínas que de outra forma não estariam disponíveis durante a mastigação ou durante os processos digestivos normais quando a fruta é consumida na sua forma completa. De facto, alguns estudos demonstraram que as sementes de algumas frutas, como o caso das amoras, contêm maior quantidade de polifenóis em comparação com outras partes da fruta (56). Isto pode explicar o menor pico glicémico do puré com urschel em comparação com a fruta em natureza no nosso estudo e, principalmente, quando comparado com o sumo clarificado, uma vez que o processamento deste sumo envolve filtração onde é expectável a remoção do conteúdo sólido, incluindo as fibras insolúveis.

Um estudo conduzido por Crummet e colaboradores (26), no qual foi comparado o impacto na glicemia do consumo de um *smoothie* de duas frutas misturadas com a fruta em natureza, os autores verificaram que a resposta glicémica pós-prandial foi inferior nos *smoothies* com a mistura das frutas, associando-se esse resultado à elevada quantidade de fibra pela soma e pelo processo das duas frutas em conjunto. Entretanto, os autores (26) explicitam que os resultados não devem ser extrapolados para *smoothies* de frutas comerciais, que normalmente usam concentrados de sumo ou até mesmo gelados como base, ao invés de água, o que aumentaria significativamente o teor de açúcar do *smoothie*,

sem aumentar o teor de fibras, e, conseqüentemente, aumentaria a resposta glicêmica. Além disso, o tamanho da porção de *smoothies* de frutas comerciais é superior à porção de *smoothies* de frutas considerada no estudo (26).

No estudo de Bolton e colaboradores (57), na comparação entre a resposta glicêmica do sumo de laranja sem fibra com a laranja em natureza, o consumo de fruta resultou em respostas glicêmicas inferiores às observadas após a ingestão do sumo. Estes resultados foram semelhantes àqueles que foram encontrados com o presente estudo, uma vez que a fruta em natureza (pera) apresentou uma resposta glicêmica global mais baixa e, conseqüentemente, metabólicamente mais desejada do que o sumo clarificado, ou seja, o sumo ao qual foi retirado a fibra.

Um estudo publicado em 1977 (58), analisou a resposta glicêmica de maçãs inteiras, purés de maçãs e sumo de maçã clarificado. Ao contrário de estudos mais recentes (26,54,55), incluindo o nosso, os autores para além da glicemia, mediram a insulina sérica pós-prandial. Haber e colaboradores observaram que a glicose plasmática máxima e a iAUC não eram significativamente diferentes depois de consumir maçãs inteiras, purés de maçã e sumo de maçã (58). No entanto, os autores descobriram que entre os 60 e os 180 minutos, os valores de glicose plasmática caíram significativamente (abaixo dos níveis de jejum) para o sumo de maçã em comparação com a maçã inteira (58). Este padrão pode ser explicado por um pico de insulina sérico mais elevado observado com o sumo de maçã em comparação com a maçã inteira (58). O puré mostrou valores glicêmicos intermédios aos valores obtidos com as maçãs inteiras e o sumo de maçã (58). No nosso estudo seria relevante avaliar a insulinemia para podermos avaliar o impacto metabólico da ingestão dos alimentos à base de fruta testados, independente da glicemia. De facto, a glicemia pode ser semelhante entre os alimentos, mas o consumo dos diferentes sumos e purés pode ter um impacto na insulinemia necessária para metabolizar essa glicose. E esse impacto, neste estudo, é desconhecido.

Conforme observado no nosso estudo, em alguns momentos os sumos turvo e clarificado resultaram em picos glicêmicos superiores à fruta em natureza. É possível que esses picos glicêmicos isolados desencadeiem repostas insulinémicas menos desejáveis do ponto de vista metabólico. Não há dúvida de que a glicemia pós-prandial elevada é um fator significativo para o desenvolvimento de doenças crônicas comuns em todo o mundo (45) e por isso o controlo dos níveis pós-prandiais de glicose e insulina tem particular relevância na prevenção e controlo da obesidade e outras doenças crônicas (1).

Os purés, por outro lado, por não serem tão processados quanto os sumos, podem ser uma opção interessante quando não houver possibilidade de consumir a fruta em natureza. No nosso estudo, a resposta glicêmica subsequente à ingestão dos purés (com e sem urschel)

foi inferior ao do controlo e não foi em momento algum superior à da fruta em natureza, tendo mesmo tido um pico (T30) de resposta glicémica mais baixa do que essa.

No entanto, as frutas em natureza para além da presença de fibra, têm todo um complexo de nutrientes presente. As frutas contêm vitaminas, minerais e compostos fenólicos (7,59). Os compostos fenólicos possuem fortes propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antivirais e anticarcinogénicas (7,59,60) e sabe-se que os compostos fenólicos de frutas podem modificar fatores de risco cardiovascular, de cancro e diabetes (59,60). No nosso estudo, embora a matriz dos sumos e purés fosse a mesma, os produtos foram submetidos a processos de trituração, prensagem no caso dos sumos, e pasteurização, o que muito provavelmente poderá ter resultado, por exemplo, na perda do teor de vitaminas antioxidantes como a vitamina C e de fitoquímicos. É sabido que a utilização de altas temperaturas durante a pasteurização afeta negativamente muitos destes nutrientes benéficos para a saúde, particularmente o teor de algumas vitaminas (61) e de fitoquímicos naturais, afetando a capacidade antioxidante dos alimentos (62).

Klopotek e colaboradores (63) mostraram que as maiores perdas de ácido ascórbico (vitamina C) na produção de sumo de morango foram consequência da prensagem e pasteurização. O processo de prensagem resultou numa perda de vitamina C de cerca de 22%, enquanto a pasteurização a alta temperatura (85°C) reduziu o teor desta vitamina em 35% em relação ao sumo filtrado (63). Os autores observaram que as perdas de vitamina C foram menores durante o processamento dos morangos em puré, observando-se uma perda de cerca de 12% em relação aos morangos crus (63). No que diz respeito aos compostos fenólicos, os tratamentos a alta temperatura podem ter efeitos prejudiciais reduzindo assim as atividades antioxidantes de frutas. No entanto, de acordo com a revisão crítica de Nayak e colaboradores (64), em alguns estudos a atividade antioxidante aumenta após o processamento, o que pode ser devido às propriedades intrínsecas da matriz alimentar. Assim, uma atenção especial deve ser dada às camadas externas de frutas e de outros alimentos como os hortícolas e os cereais, devido à presença de farelo, casca e das camadas protetoras das sementes das plantas. Em linha com esta observação, sugere-se que o consumo de fruta em natureza deva ser sempre priorizado, embora o consumo de fruta processada sob a forma de puré pareça ser mais interessante do que a ingestão do sumo.

Do ponto de vista da segurança alimentar, é reconhecida a importância da utilização de altas temperaturas no processamento dos produtos à base de fruta desempenha um papel muito importante, permitindo que o produto seja microbiologicamente seguro (61,64). Por outro lado, este processamento tem consequências na matriz dos alimentos, nomeadamente a desnaturação de proteínas, gelatinização do amido, que por sua vez aumenta a

digestibilidade das frutas processadas (61), para além de mudanças na aparência, composição e nas propriedades sensoriais em termos de cor, textura e sabor (64).

Referente às sensações subjetivas de apetite, identificou-se que na matriz pera, a variação da sensação de fome apresentou-se maior para a fruta em natureza nos 60 minutos após ingestão, quando comparada com a dextrose. Entretanto, em relação à variação da sensação de saciedade, enfiamento e apetite, a fruta em natureza apresentou melhores parâmetros em alguns momentos comparado ao controlo e a todos os alimentos-teste. Ainda no que diz respeito à sensação de saciedade, também foi possível observar que o puré com urschel induziu, em certo momento, uma maior sensação quando comparado aos sumos turvo e clarificado. O consumo de fibra está associado à sensação de saciedade e, portanto, à ingestão alimentar prospectiva. Além disso, a fibra pode levar a uma diminuição na glicemia pós-prandial e na resposta à insulina (17) e assim auxiliar no controlo de peso e prevenção de doenças crónicas não transmissíveis (35).

Mais ainda, constatou-se que a sensação de fome 120 minutos após o consumo do sumo turvo de pera foi superior do que na *baseline* (em jejum). Nos outros alimentos da matriz pera, apesar de não ter havido diferenças, também não foi inferior, ou seja, aos 120 minutos não havia diferenças na sensação de fome, em relação ao jejum. Essa é uma questão importante, considerando que os participantes estavam com 12h de jejum quando os testes foram iniciados. De alguma forma, a ingestão do sumo turvo gerou maior sensação de fome às 2h após o consumo do que a sensação de fome decorrente de 12h de jejum (*baseline*). Esta observação pode ser explicada pelo facto da insulina com o seu efeito anabólico, aumentar a captação de glicose, principalmente após a ingestão de uma refeição rica em HC, o que pode levar à diminuição da glicemia e à consequente sensação de fome. De facto, a descida da glicemia é um estímulo para o aumento do apetite (65).

Por outro lado, o jejum de curta duração (não superior a 12-14h), é caracterizado fundamentalmente pelo recurso às reservas hepáticas de glicogénio para manutenção da glicémia e pela diminuição do consumo de glicose por parte do músculo e do tecido adiposo (66). Neste estado, a glicose produzida pelo fígado provém da glicogenólise numa taxa de 75% e da gliconeogénese em cerca de 25%. Neste período, também a utilização de glicose pelo fígado diminui, aumentando a sua captação de ácidos gordos livres. Já no tecido adiposo, a menor captação de glicose conduz a uma redução da glicólise e a uma diminuição da síntese de triglicéridos, aumentando a disponibilidade do glicerol e dos ácidos gordos, que são lançados na circulação (66). No músculo, a proteólise aumenta (fornecendo aminoácidos glicofrmadores ao fígado), sendo que para fins energéticos este usará sobretudo corpos cetónicos e ácidos gordos, captando, deste modo, quantidades mínimas de glicose (66).

Com a ingestão de alimentos ou mesmo a presença de alimento no trato gastrointestinal ocorre a síntese de hormonas que, combinados a outros sinais, regulam o processo digestivo e atuam no sistema nervoso central para a regulação da fome e da saciedade (67). As incretinas, como o GLP-1 e o peptídeo inibidor gástrico (GIP), são hormonas produzidas pelo trato gastrointestinal e secretadas aquando a entrada de nutrientes no intestino. Uma vez secretadas, estas incretinas estimulam a secreção de insulina a fim de assegurar a homeostase da glicose (68). O GLP-1 além de estimular a secreção de insulina, também suprime a secreção de glucagon, desacelera o esvaziamento gástrico e melhora a sensibilidade à insulina (69).

Efetivamente é relevante avaliar a resposta metabólica, nomeadamente a produção de hormonas reguladoras do apetite, em paralelo à avaliação subjetiva das sensações de apetite ao consumo dos alimentos, uma vez que alguns estudos demonstraram que o consumo de alimentos ricos em fibra não afetaram as sensações subjetivas de apetite, apesar das diferenças na sinalização das hormonas da saciedade em mulheres com excesso de peso (70) ou em adultos jovens saudáveis (71). Sendo assim, as sensações subjetivas não fornecem uma imagem completa do controlo do apetite e da ingestão de energia sendo que outras variáveis contribuem para a fome e saciedade (72). No nosso estudo, as hormonas reguladoras do apetite não foram avaliadas, não sendo possível avaliar a relação entre as sensações subjetivas de apetite e resposta metabólica.

O conceito de alimentos ultraprocessados como sinónimo de alimentos não saudáveis dentro dos padrões alimentares é cada vez mais reconhecido na literatura (50,73,74) e por entidades internacionais como a OMS e FAO. (75,76). Por outro lado, produtos que são menos processados, como o caso dos purés, em que a casca da fruta é mantida no processo, podem ser uma alternativa interessante do ponto de vista de resposta glicémica e de composição nutricional, para situações em que não há possibilidade da ingestão da fruta em natureza. Contudo, o consumo da fruta deve sempre ser priorizada em relação aos produtos processados.

Limitações e perspetivas futuras

À semelhança de todos os estudos, este apresenta algumas limitações. Na matriz pêssago não foi incluído como alimento-teste a fruta em natureza, impossibilitando a comparação da resposta glicémica com os restantes produtos à base de fruta. Isto seria relevante para verificar se os resultados seriam semelhantes aos da matriz pera e em linha com a evidência mais recente em relação ao impacto metabólico do consumo de fruta em natureza vs alimentos à base de fruta com algum tipo de processamento alimentar.

Para além disto, até à data de entrega desta dissertação, não foi possível obter a informação nutricional, particularmente a quantidade de fibra, presente em cada alimento-teste, uma vez que esta análise é realizada por outro grupo de trabalho do projeto cLabel+.

Por último, no futuro e para um melhor aprofundamento e interpretação dos resultados obtidos referentes à sensação de fome e de saciedade seria interessante avaliar a resposta insulinémica e a produção das hormonas reguladoras do apetite em resposta ao consumo destes alimentos.

Conclusão

Os resultados deste estudo demonstraram que os alimentos à base de fruta considerados neste estudo apresentaram um índice glicémico baixo (<55) e uma resposta glicémica próxima da fruta em natureza. Este resultado sugere que o consumo de fruta processada em forma de puré, mas não sob a forma de sumo, pode ser uma alternativa ao consumo de fruta em natureza, quando esta não está disponível. Contudo, não pode ser ignorada a ausência de nutrientes, como vitamina C e alguns fitoquímicos, nestes alimentos, que podem ser perdidos no processamento, o que faz com que não sejam substitutos de fruta do ponto de vista do seu valor nutricional global. O estudo aqui apresentado não permite compreender o impacto metabólico do consumo destes alimentos processados, dada a natureza de curta duração do estudo e o facto de não ter sido medida a insulinemia ou outros marcadores metabólicos.

É importante considerar que o consumo de alguns desses produtos isoladamente pode gerar maior sensação de fome pouco tempo após sua ingestão. E isto é crítico sob a ótica da ingestão calórica total diária, considerando que esse consumo isolado pode ser uma preocupação, levando-se em conta uma alimentação equilibrada.

Referências Bibliográficas

1. Marsh K, Brand-Miller J. Glycemic Index, Obesity, and Chronic Disease. *Am J Lifestyle Med*. 2008;2(2):142–50.
2. WHO. Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases [Internet]. Vol. 916, WHO Technical Report Series. 2003. Available from: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42665/WHO_TRS_916.pdf?sequence=1
3. Gregório MJ, Salvador C, Bica M, Graça P, Arriaga MT de. The Healthy Food Environment Policy Index (Food-EPI): Relatório de resultados para Portugal. *Science and Technology in childhood Obesity Policy*. 2022.
4. Programa Nacional para Promoção da Alimentação Saudável. Programa Nacional para Promoção da Alimentação Saudável 2017. 2017. p. 19.
5. Lopes C, Torres D, Oliveira A, Severo M, Alarcão V, Guiomar S, et al. IAN-AF, Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física - Relatório de resultados de 2017. 2017.
6. Instituto do Consumidor. Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto. A nova Roda dos Alimentos, um guia para uma escolha alimentar diária. 2003;
7. Slavin JL, Lloyd B. Health Benefits of Fruits and Vegetables. *Am Soc Nutr*. 2012;3:506–16.
8. Liu RH. Health-promoting components of fruits and vegetables in the diet. *Adv Nutr*. 2013;4.
9. Reddy KS, Katan MB. Diet, nutrition and the prevention of hypertension and cardiovascular diseases. *Public Health Nutr*. 2004;7(1A):167–86.
10. Murphy MM, Barrett EC, Bresnahan KA, Barraj LM. 100% Fruit juice and measures of glucose control and insulin sensitivity: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *J Nutr Sci*. 2017;6(59):1–15.
11. Ambrósio CLB, Campos FDACES, De Faro ZP. Carotenoids as an alternative against hypovitaminosis A. *Rev Nutr*. 2006;19(2):233–43.
12. Dreher ML. Whole fruits and fruit fiber emerging health effects. *Nutrients*. 2018;10(1833).

13. European Food Safety Authority. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. EFSA J [Internet]. 2010;8(3):1462. Available from: http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific_output/files/main_documents/1462.pdf
14. Stephen AM, Champ MMJ, Cloran SJ, Fleith M, Van Lieshout L, Mejbourn H, et al. Dietary fibre in Europe: Current state of knowledge on definitions, sources, recommendations, intakes and relationships to health. Nutrition Research Reviews. 2017. 1–42 p.
15. Augustin LSA, Kendall CWC, Jenkins DJA, Willett WC, Astrup A, Barclay AW, et al. Glycemic index, glycemic load and glycemic response: An International Scientific Consensus Summit. Nutr Metab Cardiovasc Dis [Internet]. 2015; Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.numecd.2015.05.005>
16. Blaak EE, Riccardi G, Cho L. Carbohydrates: Separating fact from fiction. Atherosclerosis [Internet]. 2021;1–10. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2021.03.025>
17. Bosch-Sierra N, Marqués-Cardete R, Gurrea-Martínez A, Valle CG Del, Morillas C, Hernández-Mijares A, et al. Effect of fibre-enriched orange juice on postprandial glycaemic response and satiety in healthy individuals: An acute, randomised, placebo-controlled, double-blind, crossover study. Nutrients. 2019;11(12):1–14.
18. Atkinson FS, Brand-Miller JC, Foster-Powell K, Buyken AE, Goletzke J. International tables of glycemic index and glycemic load values 2021: a systematic review. Am J Clin Nutr [Internet]. 2021;114:1625–32. Available from: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqab233>
19. Jakobsen MU, Dethlefsen C, Joensen AM, Stegger J, Tjønneland A, Schmidt EB, et al. Intake of carbohydrates compared with intake of saturated fatty acids and risk of myocardial infarction: Importance of the glycemic index. Am J Clin Nutr. 2010;91(6):1764–8.
20. Cummings JH, Stephen AM. Carbohydrate terminology and classification. Eur J Clin Nutr. 2007;61:S5–18.
21. Englyst KN, Englyst HN. Carbohydrate bioavailability. Br J Nutr. 2005;94:1–11.
22. FAO. Carbohydrates in human nutrition. Rep a Jt FAO/WHO Expert Consult. 1998;66:1–140.
23. Clark MA, Douglas M, Choi J. Biology 2e. OpenStax; 2018.

24. Pereira BB de VM. Índice Glicêmico: Implicações na saúde e na doença e sua utilidade para a Indústria Alimentar e para o Consumidor. Tese. 2007.
25. Baozhu Wei a, Yang Liu, Xuan Lin, Ying Fang, Jing Cui JW. Dietary fiber intake and risk of metabolic syndrome: A meta-analysis of observational studies. *Clin Nutr*. 2017;1–8.
26. Crummett LT, Grosso RJ. Postprandial Glycemic Response to Whole Fruit versus Blended Fruit in Healthy, Young Adults. *Nutrients*. 2022;14:1–11.
27. Blaak EE, Canfora EE, Theis S, Frost G, Groen AK, Mithieux G, et al. Short chain fatty acids in human gut and metabolic health. *Benef Microbes*. 2020;11(5):411–55.
28. Psichas A, Sleeth ML, Murphy KG, Brooks L, Bewick GA, Hanyaloglu AC, et al. The short chain fatty acid propionate stimulates GLP-1 and PYY secretion via free fatty acid receptor 2 in rodents. *Int J Obes [Internet]*. 2014; Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/ijo.2014.153>
29. McRorie JW, McKeown NM. Understanding the Physics of Functional Fibers in the Gastrointestinal Tract: An Evidence-Based Approach to Resolving Enduring Misconceptions about Insoluble and Soluble Fiber. *J Acad Nutr Diet [Internet]*. 2016;1–14. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jand.2016.09.021>
30. Ye Z, Arumugam V, Haugabrooks E, Williamson P, Hendrich S. Soluble dietary fiber (Fibersol-2) decreased hunger and increased satiety hormones in humans when ingested with a meal. *Nutr Res [Internet]*. 2015;1–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nutres.2015.03.004>
31. Ho IHH, Matia-Merino L, Huffman LM. Use of viscous fibres in beverages for appetite control: A review of studies. *Int J Food Sci Nutr [Internet]*. 2015;1–12. Available from: <http://dx.doi.org/10.3109/09637486.2015.1034252>
32. Hassan RH, Bourron O, Hajdouch E. Defect of insulin signal in peripheral tissues: Important role of ceramide. *World J Diabetes*. 2014;5(3):244–57.
33. Sc M, Jenkins L, Bowling C, Newman C, Goff V, Biol M, et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr*. 1981;362–6.
34. Neis M, De Azevedo LC, Santos M, Vargas DM. Índice Glicêmico E Carga Glicêmica: Revisando conceitos e recomendações clínicas em Diabetes Mellitus. *Rev Bras Obesidade, Nutr e Emagrecimento*. 2022;16(105):1095–108.
35. Penlioglou T, Lambadiari V, Papanas N. The contribution of dietary glycemic index

- and glycemic load to the development of microvascular complications of diabetes. *Nutrition*. 2021;89:111234.
36. 1, Fabiane Scholz, Flávia Moraes Silva SRC. Determinação do índice glicêmico da polpa de açaí. *Ciência e Saúde*. 2019;12(2):1–7.
 37. Brouns F, Bjorck I, Frayn KN, Gibbs AL, Lang V, Slama G, et al. Glycaemic index methodology. *Nutr Res Rev*. 2005;18:145–71.
 38. Manzoor J, Kamran H, Shakeel A. Comparative Effect Of Tetrapack Juices And Fresh Fruit Juices On Blood Glucose Level Among Healthy Individuals. *Pakistan Biomed J*. 2018;21–7.
 39. Wolever TMS, Jenkins DJA, Jenkins AL, Josse RG. The glycemic index: Methodology and clinical implications. *Am J Clin Nutr*. 1991;54:846–54.
 40. Jenkins DJA, Wolever TMS, Jenkins AL, Thorne MJ, Lee R, Kalmusky J, et al. The glycaemic index of foods tested in diabetic patients: A new basis for carbohydrate exchange favouring the use of legumes. *Diabetologia*. 1983;24:257–64.
 41. Kaur B, Ranawana V, Henry J. The Glycemic Index of Rice and Rice Products: A Review, and Table of GI Values. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2016;56(2):215–36.
 42. Ludwig DS. The Glycemic Index. *Am Med Assoc*. 2002;287(18).
 43. Ludwig DS. Dietary Glycemic Index and Obesity. *Am Soc Nutr Sci*. 2000;280S-283S.
 44. WHO. Definition Diagnoses Classification Diabetes. 1999.
 45. Brand-Miller J, Buyken AE. The relationship between glycemic index and health. *Nutrients*. 2020;12(536):10–2.
 46. Fernandes G, Velangi A, Wolever TMS. Glycemic index of potatoes commonly consumed in North America. *J Am Diet Assoc*. 2005;105(4):557–62.
 47. Albuquerque, Tânia Gonçalves, Adriana Pavesi Ariseto Bragotto HSC. Processed Food: Nutrition, Safety, and Public Health. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(16410):1–5.
 48. Jennifer M. Poti, Bianca Braga BQ. Ultra-processed Food Intake and Obesity: What Really Matters for Health – Processing or Nutrient Content? *Curr Obes Rep*. 2017;6(4):420–31.
 49. Tavares AFB. Resposta Glicêmica a refeição padrão em indivíduos saudáveis. Tese

de Mestrado. 2016.

50. Leonie Elizabeth, Priscila Machado, Marit Zinöcker, Phillip Baker ML. Ultra-Processed Food and Health Outcomes: a narrative review. *Nutrients*. 2020;12(1955):1–33.
51. Martinus van Boekel, Vincenzo Fogliano, Nicoletta Pellegrini, Catherine Stanton, Gabriele Scholz, Sam Lalljie, Veronika Somoza, Dietrich Knorr, Pratima Rao Jasti GE. A review on the beneficial aspects of food processing. *Mol Nutr Food Res*. 2010;54:1215–47.
52. International Standards Organisation. ISO 26642–2010. Food Products—Determination of the Glycaemic Index (GI) and Recommendation for Food Classification. Int Stand Organ Geneva, Switz. 2010;
53. European Commision. State of Health in the EU · Portugal · Country Health Profile 2019. 2019;
54. Redfern KM, Cammack VL, Sweet N, Preston LA, Jarvis MA, Rees GA, et al. Nutrient-extraction blender preparation reduces postprandial glucose responses from fruit juice consumption. *Nutr Diabetes* [Internet]. 2017;7:1–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/nutd.2017.36>
55. Alkutbe R, Redfern K, Jarvis M, Rees G. Nutrient extraction lowers postprandial glucose response of fruit in adults with obesity as well as healthy weight adults. *Nutrients*. 2020;12(3).
56. Siriwoharn T, Wrolstad RE. Polyphenolic composition of marion and evergreen blackberries. *J Food Sci*. 2004;69(4).
57. Bolton RP, Heaton KW, Burroughs LF. The role of dietary fiber in satiety, glucose, and insulin: Studies with fruit and fruit juice. *Am J Clin Nutr*. 1981;34(2):211–7.
58. Haber GB, Heaton KW, Murphy D, Burroughs LF. Depletion and Disruption of Dietary Fibre Effects on satiety, Plasma-Glucose, and Serum-Insulin. *Lancet*. 1977;679–82.
59. Kolniak-Ostek J, Kłopotowska D, Rutkowski KP, Skorupinska A, Kruczynska DE. Bioactive compounds and health-promoting properties of pear (*Pyrus communis* L.) fruits. *Molecules*. 2020;25:1–18.
60. Zheng J, Zhou Y, Li S, Zhang P, Zhou T, Xu DP, et al. Effects and mechanisms of fruit and vegetable juices on cardiovascular diseases. *Int J Mol Sci*. 2017;555(18):1–15.

61. Mieszczakowska-Frąc M, Celejewska K, Płocharski W. Impact of innovative technologies on the content of vitamin C and its bioavailability from processed fruit and vegetable products. *Antioxidants*. 2021;54(10):1–19.
62. Nicoli MC, Anese M, Parpinel M. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends Food Sci Technol*. 1999;10(3):94–100.
63. Kłopotek Y, Otto K, Böhm V. Processing strawberries to different products alters contents of vitamin C, total phenolics, total anthocyanins, and antioxidant capacity. *J Agric Food Chem*. 2005;53(14):5640–6.
64. Nayak B, Liu RH, Tang J. Effect of Processing on Phenolic Antioxidants of Fruits, Vegetables, and Grains—A Review. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2013;55(7):887–918.
65. Woods SC, Seeley RJ, Porte D, Schwartz MW. Signals that regulate food intake and energy homeostasis. *Science* (80-). 1998;280:1378–83.
66. Fernandes AC. Respostas Endocrino-Metabólicas Ao Jejum, Exercício Físico E Trauma. *Acta Med Port*. 1980;49–64.
67. Verdich C, Flint A, Gutzwiller JP, Näslund E, Beglinger C, Hellström PM, et al. A meta-analysis of the effect of glucagon-like peptide-1 (7–36) amide on Ad Libitum energy intake in humans. *J Clin Endocrinol Metab*. 2001;86(9):4382–9.
68. Bodinham CL, Al-Mana NM, Smith L, Robertson MD. Endogenous plasma glucagon-like peptide-1 following acute dietary fibre consumption. *Br J Nutr*. 2013;110:1429–33.
69. Tambascia MA ntoni., Malerbi DA ugust. C, Eliaschewitz FG oldber. Influence of gastric emptying on the control of postprandial glycemia: physiology and therapeutic implications. *Einstein*. 2014;12(2):251–3.
70. Lafond DW, Greaves KA, Maki KC, Leidy HJ, Romsos DR. Effects of two dietary fibers as part of ready-to-eat cereal (RTEC) breakfasts on perceived appetite and gut hormones in overweight women. *Nutrients*. 2015;7:1245–66.
71. Karhunen LJ, Juvonen KR, Flander SM, Liukkonen KH, Lähteenmäki L, Siloaho M, et al. A psyllium fiber-enriched meal strongly attenuates postprandial gastrointestinal peptide release in healthy young adults. *J Nutr*. 2010;737–44.
72. Gibbons C, Hopkins M, Beaulieu K, Oustric P, Blundell JE. Issues in Measuring and Interpreting Human Appetite (Satiety/Satiation) and Its Contribution to Obesity. *Curr Obes Rep*. 2019;8(2):77–87.
73. Lawrence MA, Baker PI. Ultra-processed food and adverse health outcomes. *BMJ*

- [Internet]. 2019;365(2289):1–2. Available from: <http://dx.doi.org/doi:10.1136/bmj.l2289>
74. Costa CS, Del-Ponte B, Assunção MCF, Santos IS. Consumption of ultra-processed foods and body fat during childhood and adolescence: a systematic review. *Public Health Nutr.* 2017;1–12.
 75. Organization PAH, World Health Organization. Ultra-processed food and drink products in Latin America: Trends, impact on obesity, policy implications [Internet]. an American Health Organization. 2019. 57 p. Available from: http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/7699/9789275118641_eng.pdf
 76. Monteiro CA, Cannon G, Lawrence M, Costa Louzada ML, Machado PP. Ultra-processed foods, diet quality, and health using the NOVA classification system. *FAO.* 2019. 1–44 p.