

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos
Área de Bromatologia

Avaliação do conteúdo de carboidratos de frutas
cultivadas em diferentes regiões do Brasil

Eric de Castro Tobaruela

SÃO PAULO
2016

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos
Área de Bromatologia

Avaliação do conteúdo de carboidratos de frutas
cultivadas em diferentes regiões do Brasil

Eric de Castro Tobaruela

Versão Original

Dissertação para obtenção do Título de
MESTRE

Orientador:
Profa. Dra. Elizabete Wenzel de Menezes

SÃO PAULO
2016

Ficha Catalográfica
Elaborada pela Divisão de Biblioteca e
Documentação do Conjunto das Químicas da USP

T628a Tobaruela, Eric de Castro
Avaliação do conteúdo de carboidratos de frutas cultivadas em diferentes regiões do Brasil / Eric de Castro Tobaruela. -- São Paulo, 2016.
84p.

Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental.

Orientador: Menezes, Elizabete Wenzel de

1. Carboidratos : Ciência dos alimentos 2. Composição de alimentos 3. Frutas 4. Método cromatográfico I. T. II. Menezes, Elizabete Wenzel de, orientador.

641.13 CDD

Eric de Castro Tobaruela

Avaliação do conteúdo de carboidratos de frutas
cultivadas em diferentes regiões do Brasil

Comissão Julgadora
da
Dissertação para obtenção de grau de Mestre

Profa. Dra. Elizabete Wenzel de Menezes
Orientadora/presidente

1º Examinador

2º Examinador

3º Examinador

São Paulo, fevereiro de 2016.

Primeiramente, agradeço a Deus pelo presente da vida e por sempre me dar forças e ânimo,

Agradeço aos meus pais, Gilmar e Glais, à minha irmã, Talita, às minhas avós, Antônia e Filomena, e, em especial, ao meu avô Jorge Gama (*in memoriam*), pelas conversas, pelo apoio, pelo incentivo, pelo estímulo e, principalmente, pelo exemplo de dedicação.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Assoc. Elizabete Wenzel de Menezes, pela oportunidade, pela orientação, pela confiança e pela liberdade depositada em mim no desenvolvimento desse projeto.

À Profa. Tit. Beatriz Rosana Cordenunsi, Prof. Dr. Eduardo Purgatto, Prof. Dr. João Paulo Fabi, Profa. Tit. Silvia Cozzolino, Profa. Dra. Maria Ângela Machado e à Pós-graduanda Dra. Fernanda Peroni pelas discussões levantadas nas minhas bancas de ingresso e qualificação, contribuindo para o engrandecimento do projeto em desenvolvimento.

À Profa. Assoc. Lígia Bicudo por abrir as portas do seu laboratório, viabilizando a realização das análises de fibra alimentar.

Aos técnicos, Lúcia Helena Justino, Elias Araújo e, principalmente, à Aline de Oliveira Santos, pelo aprendizado analítico e apoio técnico.

Às minhas “irmãs” de laboratório, Eliana, Fabiana, Samira, Juliana, Kristy, Anna Paula, Iara e Maria, pela co-orientação, pelos ensinamentos, pela ajuda, pelo companheirismo e, principalmente, por estarem sempre presentes.

Aos funcionários da Faculdade de Ciências Farmacêuticas (USP), Cléo, Edilson, Mônica e Roberta, pelo auxílio nos momentos necessários.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Pessoal e Superior (CAPES) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade de São Paulo pelo auxílio financeiro e pela oportunidade.

RESUMO

TOBARUELA, E.C. **Avaliação do conteúdo de carboidratos de frutas cultivadas em diferentes regiões do Brasil**. 2016. 84 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

O Brasil possui uma grande diversidade de frutas, sendo este um fator importante para a alimentação da população em função destas serem fonte de carboidratos, fibra alimentar (FA) e micronutrientes. As frutas podem sofrer variações em sua composição química pela região de cultivo, em função das várias peculiaridades de clima e solo do país. Embora diversos métodos estejam disponíveis para a quantificação de FA, o método AOAC 2011.25 possibilita sua quantificação considerando a definição proposta pelo *Codex Alimentarius*. Os carboidratos são usualmente estimados por diferença, prática que deve ser substituída por sua análise química, proporcionando dados mais próximos aos reais e disponibilizando informações de compostos específicos. O presente trabalho teve como objetivo comparar o conteúdo de FA de frutas pelos métodos AOAC 2011.25 e AOAC 991.43, e avaliar o perfil de carboidratos de quatro frutas cultivadas em diferentes regiões do território brasileiro. A aplicação do método AOAC 2011.25 envolveu uma etapa prévia de avaliação do método nas condições estabelecidas no laboratório. Seguindo critérios de seleção do plano de amostragem, amostras de ameixas (*Prunus salicina* Lindl.), atemoias (*Annona x atemoya* Mabb.), jacas (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) e cocos maduros (*Cocos nucifera* L.) foram adquiridas (3 lotes/amostra) na Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) e, após atingirem estágio de maturação ideal para consumo, foram analisadas quanto ao perfil de carboidratos. O conteúdo de FA foi analisado pelos métodos AOAC 2011.25 e AOAC 991.43. O método AOAC 2011.25 foi avaliado em relação a diferentes matrizes alimentares e padrões de carboidratos quanto a precisão, exatidão e linearidade, apresentando adequada performance no laboratório. O conteúdo de FA das ameixas, atemoias e jacas, obtido pelo método AOAC 2011.25 foi superior ao obtido pelo método AOAC 991.43, devido à presença de frutanos, enquanto que para cocos não houve diferença significativa. O perfil de carboidratos apresentou diferenças significativas que sinalizaram a influência da procedência da amostra na variabilidade dos resultados. A utilização do método AOAC 2011.25 proporcionou valores de FA maiores que os obtidos com metodologia tradicional, sendo recomendada para frutas com considerável conteúdo de frutanos em função da obtenção de valores mais próximos aos reais. A composição química das frutas avaliadas variou em função de sua região de cultivo, resultado que reforça a necessidade de se considerar a procedência da amostra na avaliação desse tipo de alimento.

Palavras-chave: Frutas brasileiras. Composição de alimentos. Carboidratos. Fibra alimentar. AOAC 2011.25.

ABSTRACT

TOBARUELA, E.C. **Evaluation of carbohydrate content of fruits cultivated in different regions of Brazil.** 2016. 84 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

Brazil has a wide diversity of fruits, and this is an important factor in population feeding since it is a source of carbohydrates, dietary fiber (DF) and micronutrients. Fruits can undergo variations in its chemical composition by region of cultivation, due to several climate and soil peculiarities in the country. Although a number of methods are available for the quantification of DF, AOAC 2011.25 method allows its quantification considering the definition proposed by Codex Alimentarius. Usually, carbohydrates are estimated by difference, a practice that should be replaced by chemical analysis, which provide data closer to real, and making available information on specific compounds. This study aimed to compare the DF content of fruits by AOAC 2011.25 and 991.43 methods, and to evaluate the carbohydrate profile of four fruits cultivated in different regions in the Brazilian territory. The application of AOAC 2011.25 method involved a previous step of assessment of the method on the conditions established in the laboratory. Following the screening criteria on the sampling plan, samples of plums (*Prunus salicina* Lindl.), atemoyas (*Annona x atemoya* Mabb.), jackfruits (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) and mature coconuts (*Cocos nucifera* L.) were purchased (3 lots/sample) at Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), and after reaching the ideal maturity stage for consumption, they were analyzed for carbohydrate profile. The DF content was analyzed by AOAC 2011.25 and 991.43 methods. AOAC 2011.25 method was evaluated for different food matrices and carbohydrate standards for precision, accuracy and linearity, showing an appropriate performance in the laboratory. The DF content of the plums, atemoyas and jackfruits, obtained by AOAC 2011.25 method, was higher than the one obtained by AOAC 991.43 method due to the presence of fructans, while for coconuts there was no significant difference. The carbohydrate profile showed significant differences that indicated the influence of the sample source on the variability of the results. The use of AOAC 2011.25 method provided DF values higher than those obtained with the traditional methodology, and it is recommended for fruits with considerable fructan content since it achieves closer to real values. The chemical composition of the evaluated fruits ranged based on its cultivation region, result that reinforces the need to consider the origin of the sample in the evaluation of this kind of food.

Key-words: Brazilian fruits. Food composition. Carbohydrates. Dietary fiber. AOAC 2011.25.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGCC	Ácidos graxos de cadeia curta
AOAC	<i>Association of Official Analytical Chemists</i>
AD	Amido disponível
ALD	Amido lentamente digerido
AR	Amido resistente
AR1	Amido resistente tipo 1
AR2	Amido resistente tipo 2
AR3	Amido resistente tipo 3
AR4	Amido resistente tipo 4
ARD	Amido rapidamente diferido
AT	Amido total
BI	Base integral
BS	Base seca
CCNFSDU	<i>Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses</i>
CEAGESP	Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CV	Coeficiente de variação
DCNT	Doenças crônicas não transmissíveis
DP	Desvio padrão
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
FA	Fibra alimentar
FAAPM	Fibra alimentar de alto peso molecular
FABPM	Fibra alimentar de baixo peso molecular
FAI	Fibra alimentar insolúvel
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FAS	Fibra alimentar solúvel
FASAPM	Fibra alimentar solúvel de alto peso molecular
FASBPM	Fibra alimentar solúvel de baixo peso molecular
FAT	Fibra alimentar total
FOS	Fruto-oligossacarídeos
GP	Grau de polimerização

HPLC	<i>High performance liquid chromatography</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
OMS	Organização Mundial de Saúde
OND	Oligossacarídeos não digeríveis
PAD	<i>Pulsed amperometric detector</i>
PAHBAH	Ácido p-hidroxibenzóico hidrazida
PCA	<i>Principal Components Analysis</i>
PM	Peso molecular
POF	Pesquisa de Orçamentos Familiares
PROHORT	Programa de Modernização do Mercado Hortigranjeiro
RID	<i>Refractive index detector</i>
TBCA	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
TGI	Trato gastrintestinal
TR	Tempo de retenção
WHO	<i>World Health Organization</i>

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Fibra alimentar: histórico de definições e métodos analíticos relacionados. Adaptado de DeVries et al. (1999).....	31
Figura 2	Esquema gráfico relacionando métodos oficiais para quantificação de fibra alimentar e frações. Adaptado de Westenbrink et al. (2013).....	34
Capítulo 1		
Figura 1	Conteúdo de fibra alimentar insolúvel (FAI) e solúvel de alto (FASAPM) e baixo peso molecular (FASBPM), g/100 g, de ameixa (<i>Prunus salicina</i> Lindl), atemoia (<i>Annona x atemoya</i> Mabb.), jaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.) e coco maduro (<i>Cocos nucifera</i> L.), em base seca, analisados pelos métodos AOAC 2011.25 e AOAC 991.43. FAAPM: fibra alimentar de alto peso molecular. Letras diferentes na mesma fração significam diferença significativa entre os métodos de análise ($p < 0,01$).....	51
Figura 2	Correlação entre o conteúdo de frutanos e o de FA solúvel quantificado pelo método AOAC 2011.25 (A), e correlação entre o conteúdo de FA solúvel de alto peso molecular (FASAPM) pelo método AOAC 2011.25 e o de FA solúvel pelo AOAC 991.43 (B)...	53
Capítulo 2		
Figura S1	Plano de amostragem para seleção das frutas a serem analisadas. (A) Fluxograma dos critérios sequenciais; (B) Separação das frutas em quartis segundo conteúdo de fibra alimentar (g/100 g) e ordenação de acordo com a quantidade adquirida pela população brasileira (POF 2008-2009); (C) Ameixa; (D) Atemoia; (E) Jaca; (F) Coco maduro.....	60
Figura 1	Identificação geográfica das regiões de procedência das amostras de ameixas, atemoias, jacas e cocos maduros. Adaptado de Google Maps Engine Lite® 2016.....	62
Figura 2	Análise de Componentes Principais (PCA) mostrando a variabilidade entre as regiões de cultivo em relação às suas características geográficas e meteorológicas: (A) ameixas; (B) atemoias; (C) jacas; (D) cocos maduros.....	66
Figura 3	Análise de Componentes Principais (PCA) evidenciando as diferenças entre as regiões de cultivo em relação ao perfil de carboidratos das frutas: (A) ameixa; (B) atemoia; (C) jaca; (D) coco maduro.....	74

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1	Classificação de carboidratos, segundo FAO (1998) e Livesey (2003).....	26
Quadro 2	Métodos analíticos preconizados para análise de carboidratos.....	33

Capítulo 1

Tabela 1	Estrutura química, peso molecular (PM), tempo de retenção (TR), precisão, exatidão e linearidade dos padrões de carboidratos analisados em HPLC-RID.....	48
Tabela 2	Conteúdo de fibra alimentar (g/100 g), base seca, precisão (%) e exatidão (%) da análise de banana madura e banana madura adicionada de padrões secundários.....	49
Tabela 3	Valores obtidos e esperados do conteúdo de fibra alimentar (g/100 g), base seca, de repolho e farelo de aveia.....	49
Tabela 4	Conteúdo de fibra alimentar (métodos AOAC 2011.25 e AOAC 991.43), amido resistente e frutanos (g/100 g), base seca, de ameixa (<i>Prunus salicina</i> Lindl), atemoia (<i>Annona x atemoya</i> Mabb.), jaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.) e coco maduro (<i>Cocos nucifera</i> L.).....	51

Capítulo 2

Tabela 1	Dados geopolíticos e meteorológicos das regiões de procedência de ameixas, atemoias, jacas e cocos maduros coletados.....	62
Tabela 2	Composição centesimal (g/100 g) e valor energético (kJ/100 g), base integral, de ameixas (<i>Prunus salicina</i> Lindl.), atemoias (<i>Annona x atemoya</i> Mabb.), jacas (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.) e cocos maduros (<i>Cocos nucifera</i> L.).....	67
Tabela 3	Conteúdo de carboidratos (g/100 g), base seca, e umidade de ameixas (<i>Prunus salicina</i> Lindl. cv. Reubennel) e atemoias (<i>Annona x atemoya</i> Mabb. cv. Thompson) provenientes de diferentes regiões de cultivo.....	69
Tabela 4	Conteúdo de carboidratos (g/100 g), base seca, e umidade de jacas (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam. var. Mole) e cocos maduros (<i>Cocos nucifera</i> L. var. Anã) provenientes de diferentes regiões de cultivo.....	71

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	23
1.1	FRUTAS BRASILEIRAS.....	24
1.2	CARBOIDRATOS.....	25
	1.2.1 Açúcares solúveis.....	27
	1.2.2 Amido.....	27
	1.2.3 Frutanos.....	29
1.3	FIBRA ALIMENTAR.....	29
1.4	MÉTODOS ANALÍTICOS PARA DETERMINAÇÃO DE CARBOIDRATOS E FIBRA ALIMENTAR.....	31
2	JUSTIFICATIVA.....	35
3	OBJETIVOS.....	37
4	DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS.....	39

CAPÍTULO 1 - FIBRA ALIMENTAR EM FRUTAS: APLICAÇÃO DO MÉTODO AOAC 2011.25.....		41
RESUMO.....		41
1.	Introdução.....	42
2.	Material e métodos.....	44
2.1.	<i>Amostras.....</i>	44
2.2.	<i>Preparo das amostras.....</i>	44
2.3.	<i>Kits enzimáticos, padrões e reagentes.....</i>	45
2.4.	<i>Métodos.....</i>	45
	<i>2.4.1. Amido resistente.....</i>	45
	<i>2.4.2. Frutanos.....</i>	46
	<i>2.4.3. Fibra alimentar.....</i>	46
2.5.	<i>Parâmetros de avaliação da qualidade do conteúdo de FA pelo método AOAC 2011.25.....</i>	47
2.6.	<i>Análise estatística.....</i>	47
3.	Resultados e discussão.....	47
3.1.	<i>Avaliação da adequação do conteúdo de FA pelo método AOAC 2011.25 nas condições estabelecidas no laboratório.....</i>	47

3.2. Comparação entre resultados obtidos pelos métodos AOAC 2011.25 e AOAC 991.43.....	50
4. Conclusões.....	54
Agradecimentos.....	54
Referências bibliográficas.....	54
CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DA REGIÃO DE CULTIVO DE FRUTAS SOBRE O PERFIL DE CARBOIDRATOS.....	57
RESUMO.....	57
1. Introdução.....	58
2. Material e métodos.....	59
2.1. Plano de amostragem.....	59
2.2. Amostras.....	61
2.3. Preparo das amostras.....	63
2.4. Composição centesimal.....	63
2.5. Carboidratos.....	63
2.5.1 Carboidratos totais e disponíveis.....	64
2.6. Valor energético.....	64
2.7. Análise estatística.....	65
3. Resultados e discussão.....	65
3.1. Composição centesimal.....	67
3.2. Perfil de carboidratos.....	68
3.2.1. Ameixa (<i>Prunus salicina</i> Lindl cv. reubennel).....	68
3.2.2. Atemoia (<i>Annona x atemoya</i> Mabb. cv. thompson).....	70
3.2.3. Jaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam. var. mole).....	70
3.2.4. Coco maduro (<i>Cocos nucifera</i> L. var. anã).....	72
3.3. Influência da região de cultivo no perfil de carboidratos.....	73
4. Conclusões.....	76
Agradecimentos.....	76
Referências bibliográficas.....	76
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

1 INTRODUÇÃO

A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA) objetiva disponibilizar informação de qualidade sobre a composição química dos alimentos consumidos pela população brasileira. Para tanto, faz-se necessário que: (1) a TBCA esteja em harmonia com os principais avanços relacionados à composição química de alimentos, utilizando métodos padronizados, confiáveis e atuais (Menezes et al., 2009); (2) sejam priorizados dados referentes aos alimentos consumidos com maior frequência no Brasil, segundo dados de consumo da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2008-2009 (IBGE, 2011).

Além disso, a preocupação com a conservação e o uso sustentável da biodiversidade para alimentação e agricultura reforça a necessidade da realização de estudos que a levem em consideração. Nesse contexto, o estudo da composição química dos alimentos torna-se ainda mais importante, uma vez que representa um elo entre a nutrição e a biodiversidade (Toledo; Burlingame, 2006).

Segundo a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO; 2013), a disponibilização de dados de composição química com detalhamento sobre variedade, cultivar ou raça ampara o consumo dos alimentos que compõem a biodiversidade e pode desempenhar papel fundamental na luta contra a fome. Os valores nutricionais de cultivares de uma mesma espécie podem ser levados em consideração no momento do cultivo e dados detalhados de composição química permitem que as estimativas e as avaliações quanto à adequação ou inadequação da ingestão de nutrientes sejam mais apropriadas (Burlingame et al., 2011).

Em âmbito nacional, o Guia Alimentar para a População Brasileira (Brasil, 2014), destaca a importância dos alimentos *in natura* para a alimentação da população, reforçando a necessidade da produção de dados que auxiliem no alcance das metas de aumento do consumo destes alimentos, especialmente considerando sua ampla variedade e disponibilidade nas diferentes regiões geográficas.

Dessa forma, a produção de dados de composição deve ser incentivada, tendo em vista a grande biodiversidade das frutas cultivadas no Brasil e a importância destes alimentos *in natura* para a alimentação da população.

1.1 FRUTAS BRASILEIRAS

Frutas são importantes componentes de uma alimentação saudável e, devido às suas características nutricionais, seu consumo adequado pode contribuir com a redução do risco de desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), tais como, obesidade, hipercolesterolemia, hipertensão arterial e doenças cardiovasculares (Boeing et al., 2012; WHO, 2013).

O consumo insuficiente de frutas foi considerado um dos importantes fatores de contribuição para a carga de DCNT em todo o mundo (WHO, 2013). A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que, mundialmente, aproximadamente 1,7 milhões de mortes/ano (2,8%) estejam relacionadas com um baixo consumo de frutas e vegetais.

Segundo a OMS (2013), políticas alimentares, nutricionais e agrícolas que incentivem o consumo de frutas e vegetais devem ser tratadas como prioridade entre as diretrizes de promoção à alimentação saudável. O plano de ação global da OMS para diminuição do risco e controle de DCNT (2013-2020) propõe o desenvolvimento de políticas públicas que incentivem o aumento da disponibilidade, do acesso e do consumo de frutas e vegetais (WHO, 2013).

Estima-se que no Brasil exista pelo menos 827 frutas diferentes disponíveis para consumo (Lorenzi et al., 2006), sendo que 63 frutas são citadas pela POF 2008-2009 (IBGE, 2011) como as mais consumidas pela população brasileira e, destas, apenas 42 possuem dados de composição química disponíveis na TBCA (USP, 1998).

Além disso, as frutas, bem como outros alimentos *in natura*, podem sofrer variações em função de fatores ambientais relacionados às suas regiões de cultivo. Estudos mostram que tais fatores podem influenciar tanto a aparência (Kays, 1999) quanto a composição química deste tipo de alimento (Yang et al., 2015; Vilanova et al., 2015). Os estudos avaliam, em sua maioria, vitaminas, minerais e compostos bioativos, entretanto, frutas também apresentam elevado conteúdo de fibra alimentar (FA) e carboidratos, compostos majoritários da sua composição (Van Duyn & Pivonka, 2000).

Tendo em vista as várias peculiaridades de clima e solo do território brasileiro e a escassez de estudos de composição química que levem em consideração tais

fatores, estes devem ser incentivados, principalmente em relação ao perfil de carboidratos deste tipo de alimento.

1.2 CARBOIDRATOS

Amplamente disponíveis e de baixo custo, os carboidratos são a base da dieta da população. Os carboidratos, para serem utilizados pelo organismo humano, devem ser hidrolisados por enzimas endógenas específicas até seus monossacarídeos constituintes estarem disponíveis para a absorção pelas células epiteliais do trato gastrintestinal (TGI) (Southgate, 1995). Porém, há compostos que não são hidrolisados e absorvidos no TGI, mas que podem ser fermentados, parcial ou totalmente, pela microbiota intestinal, tendo como principal produto os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) (Dan et al., 2015).

Os carboidratos são moléculas importantes para a saúde humana, uma vez que os disponíveis são a principal fonte de energia para o organismo, enquanto que os carboidratos não disponíveis, além de fornecerem energia (8 kJ/g), podem apresentar benefícios locais e sistêmicos, tais como: aumento da saciedade; redução do nível de colesterol sanguíneo e redução do risco do desenvolvimento de DCNT (Latulippe et al., 2013).

Quanto ao aspecto químico, o termo carboidrato sugere uma composição empírica geral, $C_n(H_2O)_m$; entretanto, a maioria dos carboidratos, independentemente de serem poli-hidroxialdeídos ou poli-hidroxicetonas, não apresenta esta forma elementar, sendo formados por polímeros de monossacarídeos simples ou modificados. Por este motivo, o grau de polimerização (GP) do carboidrato é um dos principais critérios utilizados para sua classificação (Damodaran et al., 2010).

Em 1998, a FAO publicou seu modelo para classificação de carboidratos segundo GP, classificando tais nutrientes em três grandes grupos: açúcares (GP 1-2); oligossacarídeos (GP 3-9) e polissacarídeos (GP>9). Tratando-se de uma classificação química, Livesey (2003) propôs modificações na classificação proposta pela FAO, reagrupando carboidratos de GP 1 e 2 em diferentes grupos e subgrupos (Quadro 1), sendo esta classificação a atualmente mais adequada.

Um dos principais desafios ao tentar-se classificar carboidratos é a dificuldade em conciliar aspectos químicos e efeitos fisiológicos. Qualquer classificação baseada estritamente na estrutura química dificulta o estabelecimento da relação entre carboidratos e efeitos fisiológicos, uma vez que cada um dos grupos de carboidratos está relacionado com mais de um efeito fisiológico e o oposto também é observado (FAO, 1998).

Quadro 1 – Classificação de carboidratos, segundo FAO (1998) e Livesey (2003)

FAO (1998)			Carboidratos (exemplos)	Livesey (2003)		
GP	Grupos	Subgrupos		Subgrupos	Grupos	GP
1-2	Açúcares	Monossacarídeos	Glicose	Açúcares	Monossacarídeos	1
			Frutose			
			Galactose			
		Polióis	Xilitol	Polióis		
			Manitol			
			Sorbitol			
		Dissacarídeos	Sacarose	Açúcares	Dissacarídeos	2
			Maltose			
			Lactose			
		Polióis	Maltitol	Polióis		
Isomalte						
Lactitol						
3-9	Oligossacarídeos	Malto-oligossacarídeos	Maltodextrinas	Malto-oligossacarídeos	Oligossacarídeos	3-9
		Outros oligossacarídeos	Rafinose	Outros oligossacarídeos		
			Fruto-oligossacarídeos			
>9	Polissacarídeos	Amido	Amilose	Amido	Polissacarídeos	>9
			Amilopectina			
		Polissacarídeos não amido	Celulose	Polissacarídeos não amido		
			Hemicelulose			
			Pectinas			
			Poliglicitol	Polióis		
Polidextroses hidrogenadas						

GP: grau de polimerização. Adaptado de Livesey (2003).

Tendo em vista esta dicotomia, foram desenvolvidos novos termos e conceitos, capazes de abranger grupos e subgrupos de carboidratos que possuem efeitos fisiológicos similares (Asp, 1995; Englyst; Hudson, 1996), tais como os

conceitos de carboidratos disponíveis, carboidratos não disponíveis, FA e amido resistente (AR), descritos a seguir.

O conceito de carboidratos disponíveis e não disponíveis foi proposto inicialmente por McCance e Lawrence (1929) após identificarem que nem todos os carboidratos podem ser hidrolisados e absorvidos. Este conceito revelou-se importante, pois evidenciou o fato de que alguns carboidratos não podem ser hidrolisados e absorvidos no intestino delgado, podendo ser fermentados pela microbiota ao atingirem o intestino grosso e fornecendo energia indiretamente para o organismo humano (McCance; Lawrence, 1929; FAO, 1998).

1.2.1 Açúcares solúveis

Representados por monossacarídeos e dissacarídeos, os açúcares solúveis são importantes por constituírem a reserva de energia prontamente disponível para utilização, o que se deve à sua solubilidade em água e à fácil absorção no TGI (Cummings; Stephen, 2007).

Os monossacarídeos são as unidades mais simples dos carboidratos, sendo produzidos a partir da hidrólise de outros carboidratos, além de serem abundantes na natureza. A D-glicose, monossacarídeo existente em maior quantidade na natureza, é uma aldose encontrada na forma livre e único carboidrato constituinte dos polissacarídeos amido, celulose e glicogênio. A D-frutose, principal membro do grupo das cetoses, também é encontrada em grande quantidade na natureza, sendo a única do grupo encontrada livre em alimentos naturais (Damodaran et al., 2010).

Entre os dissacarídeos, a sacarose é um açúcar não redutor composto por uma unidade de D-glicose e uma de D-frutose ligadas por uma ligação α -(1→2), sintetizada apenas por plantas e outros organismos fotossintéticos. Lactose, maltose e trealose são outros dissacarídeos abundantes em alimentos, porém, diferentes da sacarose, esses são açúcares redutores, ou seja, seus grupamentos aldeídicos e cetônicos encontram-se livres em suas estruturas (Damodaran et al., 2010).

1.2.2 Amido

O amido é composto por moléculas de amilose e amilopectina, cadeias polissacarídicas de D-glicose, sendo sua composição (proporção entre estas

moléculas) a principal responsável por suas propriedades físicas e fisiológicas (Liu et al., 2009).

Fundamentalmente, a amilose é uma macromolécula linear constituída por moléculas de D-glicose unidas por ligações α -(1→4), contudo, muitas moléculas de amilose contêm um pequeno número de ramificações conectadas por ligações α -(1→6). Por outro lado, a amilopectina apresenta 4 a 5% de ramificações ligadas à cadeia linear de D-glicose unidas por ligações α -(1→4) e, devido à sua estrutura química, é uma molécula de fácil cristalização, estando relacionada à formação dos grânulos de amido (Damodaran et al., 2010).

Com base em sua digestibilidade, Englyst et al. (1992) propuseram classificar o amido de acordo com a velocidade e extensão de hidrólise *in vitro*, como: amido rapidamente digerido (ARD), amido lentamente digerido (ALD) e AR. Os subtipos ARD e ALD são aqueles hidrolisados por enzimas humanas no intestino delgado a D-glicose para posterior absorção, enquanto que o AR é toda a fração de amido que escapa à ação das enzimas digestivas.

O termo AR considera basicamente quatro tipos de amido, podendo estes coexistir no mesmo alimento: AR1 – amido fisicamente inacessível na matriz do alimento, devido às paredes celulares rígidas e às proteínas; AR2 – amido com alta concentração de amilose, presente, por exemplo, na batata crua e na banana verde; AR3 - amido retrogradado, ou seja, com cadeias de amido recristalizadas após gelatinização sem secagem posterior imediata; AR4 – amido quimicamente modificado, resistente devido às interações existentes entre seus compostos (Englyst et al., 1992).

Devido à sua propriedade de resistir à digestão humana, podendo ser fermentado no intestino grosso pela microbiota presente, o AR é incluído na definição de FA, uma vez que se comporta de maneira similar. Englyst e Macfarlane (1986) descrevem que a principal diferença entre o AR e os demais compostos da FA é o tipo de ligação química presente entre as moléculas de D-glicose. A ligação do tipo α , existente no amido, pode ser hidrolisada pela α -amilase presente no TGI, enquanto que as ligações tipo β , presentes nos demais compostos, não podem ser hidrolisadas por enzimas humanas.

1.2.3 Frutanos

Assim como o AR, frutanos são carboidratos de reserva natural com propriedades de FA (Roberfroid, 1999). Fisiologicamente, os frutanos assemelham-se aos outros compostos da FA, porém, sua inclusão na definição proposta pelo *Codex Alimentarius* é facultativa pelo fato dos fruto-oligossacarídeos (FOS) apresentarem GP entre 3 e 9 (Raninen et al., 2011).

Os frutanos (tipo inulina e tipo levano) são carboidratos formados por monômeros de D-frutose, ligados em cadeia linear ou ramificada, podendo ou não apresentar uma molécula terminal de D-glicose, resíduo do seu processo de formação (Delzenne; Roberfroid, 1994).

Os frutanos são constituídos por moléculas de D-frutose unidas por ligações do tipo β -(2 \rightarrow 1), em frutanos do tipo inulina, ou β -(2 \rightarrow 6), em frutanos do tipo levano, sendo diferenciados pelo seu GP. Frutanos tipo inulina apresentam GP de 3 a 70 (Roberfroid, 1999), enquanto que levanos apresentam GP muito superior, podendo apresentar cadeias ramificadas compostas por até 100.000 unidades de D-frutose (Roberfroid; Delzenne, 1998). FOS são produzidos a partir da hidrólise enzimática parcial da inulina e possuem GP <10 (Roberfroid, 1999).

Devido à ligação β -(2 \rightarrow 1) ou β -(2 \rightarrow 6), os frutanos são resistentes à hidrólise por enzimas digestivas humanas, específicas para ligações tipo α , permanecendo no TGI, onde são fermentados pela microbiota presente, particularmente no cólon (Roberfroid et al., 1998).

1.3 FIBRA ALIMENTAR

FA é composta por uma mistura complexa e heterogênea de compostos que apresentam em comum a característica de não serem hidrolisados e absorvidos no TGI superior, estarem disponíveis para a fermentação no TGI inferior e apresentarem benefícios à saúde quando consumidos regularmente (Latulippe et al., 2013).

O termo FA foi utilizado pela primeira vez por Hipsley (1953) para descrever os constituintes não digeríveis da parede celular das plantas, incluindo celulose,

hemicelulose e lignina, em uma tentativa de descrever a fibra bruta; desde então, diversas organizações internacionais propuseram definições para a FA (DeVries et al., 1999). A Figura 1 mostra o histórico de definições e métodos analíticos relacionados à FA.

Em 2008 e 2009 a comissão do *Codex Alimentarius* realizou, respectivamente, a 30ª e 31ª reunião do *Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses* (CCNFSDU) (Codex Alimentarius, 2008; 2009), onde foi estabelecido um novo conceito de FA e os métodos analíticos preconizados para a quantificação da FA em sua totalidade (métodos gerais) e de componentes individuais separadamente (métodos específicos). A definição de FA foi descrita como:

Fibra alimentar é constituída de polímeros de carboidratos com dez ou mais unidades monoméricas, que não são hidrolisados pelas enzimas endógenas no intestino delgado e que podem pertencer a três categorias:

- Polímeros de carboidratos comestíveis que ocorrem naturalmente nos alimentos na forma como são consumidos;
- Polímeros de carboidratos obtidos de material cru por meio físico, químico ou enzimático e que tenham comprovado efeito fisiológico benéfico sobre a saúde humana, de acordo com evidências científicas propostas e aceitas por autoridades competentes;
- Polímeros de carboidratos sintéticos que tenham comprovado efeito fisiológico benéfico sobre a saúde humana, de acordo com evidências científicas propostas e aceitas por autoridades competentes.

Cabendo a cada país a decisão sobre a inclusão dos oligossacarídeos não digeríveis (OND; GP 3-9) na fração FA. Menezes et al. (2013) consideraram que os carboidratos com GP 3-9 deveriam ser incluídos na definição preconizada pelo *Codex Alimentarius*, uma vez que não há embasamento científico, metodológico e fisiológico que justifique a diferenciação entre carboidratos não disponíveis com GP <10 e GP ≥10.

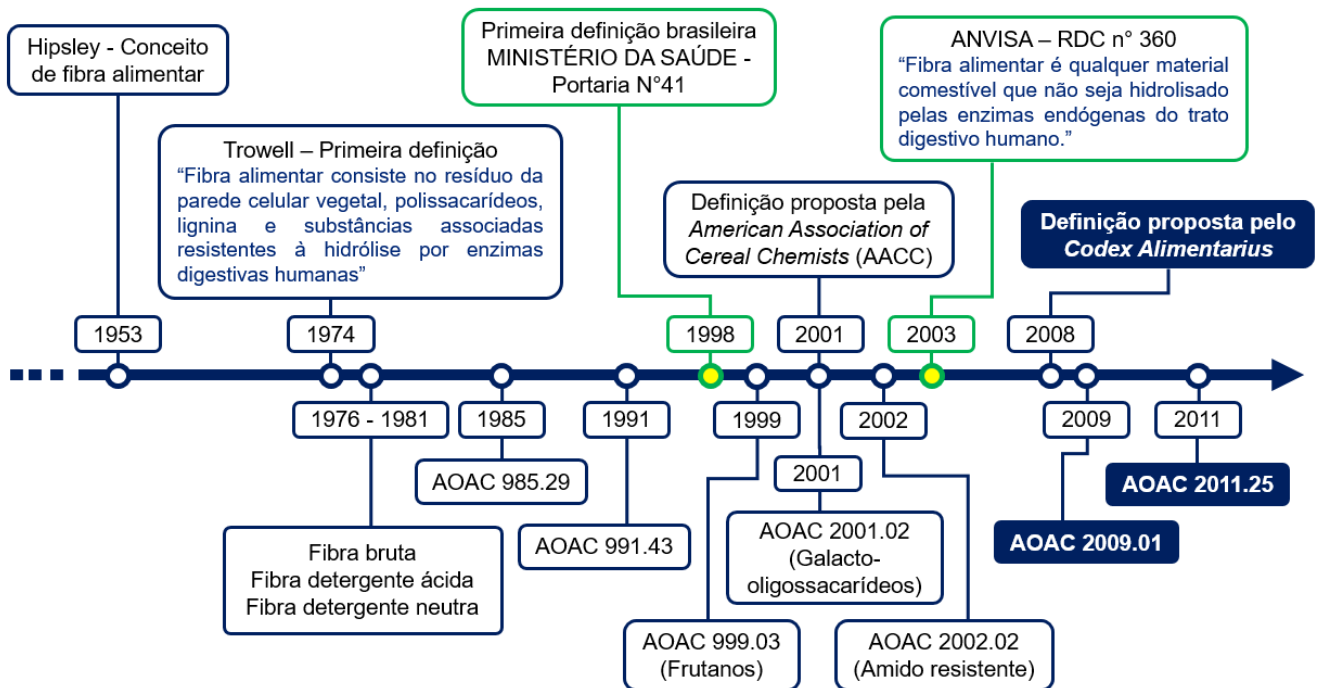


Figura 1 – Fibra alimentar: histórico de definições e métodos analíticos relacionados. Adaptado de DeVries et al. (1999).

Entre os benefícios do consumo regular de FA, os mais importantes estão relacionados à redução do risco de desenvolvimento de diversas DCNT, tais como, doenças cardiovasculares, acidente vascular cerebral, hipertensão arterial, diabetes mellitus tipo 2, obesidade e distúrbios gastrintestinais (Latulippe et al., 2013).

1.4 MÉTODOS ANALÍTICOS PARA DETERMINAÇÃO DE CARBOIDRATOS E FIBRA ALIMENTAR

A análise química de carboidratos é uma prática possível, porém muitas vezes limitada, devido a alguns fatores: (1) A heterogeneidade de tais compostos faz com que os métodos aplicados sejam, em sua maioria, específicos para cada fração de carboidrato; (2) Muitos destes métodos exigem capacitação de mão de obra, adequação de estrutura física, além do elevado custo para aquisição e manutenção de equipamentos e reagentes; (3) A aplicação simultânea de diferentes métodos exige elevado conhecimento científico e analítico, uma vez que frações de carboidratos podem ser consideradas por mais de um método, podendo resultar na sobreposição de valores e, posteriormente, no cálculo de um valor energético que não representa o valor real.

Neste contexto, o conteúdo de carboidratos totais e disponíveis é tradicionalmente estimado através de um cálculo por diferença. Assim, o conteúdo de proteínas, lipídios, umidade, cinzas e FA (quando se deseja o valor de carboidratos disponíveis) é determinado, somado e através da subtração de 100 são conhecidos os valores de carboidratos totais e disponíveis (Greenfield; Southgate, 2003).

Por outro lado, devido à crescente valorização das propriedades químicas, bioquímicas e fisiológicas individuais de carboidratos e ao acúmulo de eventuais erros de análise dos outros macronutrientes, dados de carboidratos, anteriormente calculados por diferença, devem ser substituídos pela somatória dos valores obtidos na análise química direta de cada composto (Monro & Burlingame, 1996).

Segundo Menezes et al. (2004), a análise individual de carboidratos deve ser incentivada, uma vez que, além de proporcionar dados mais próximos aos reais, disponibiliza dados do perfil de carboidratos, informações importantes tendo em vista o crescente interesse na relação entre a qualidade do carboidrato e o efeito fisiológico decorrente do seu consumo.

Atualmente, os valores de carboidratos disponibilizados na TBCA, em sua maioria, são calculados por diferença, como ocorre na maior parte das tabelas de composição de alimentos. Paralelamente, para alguns alimentos fonte, os carboidratos vêm sendo quantificados por métodos específicos e/ou gerais (Quadro 2) e, neste caso, os valores de carboidratos totais e disponíveis são calculados por somatória.

Quanto à análise direta de carboidratos individuais, a literatura científica descreve vários métodos. Para açúcares solúveis, os métodos de base teórica cromatográfica são os mais indicados, pois, mesmo com desvantagens do ponto de vista econômico e operacional, apresentam maior aplicabilidade e segurança (Greenfield; Southgate, 2003). Um dos métodos adotados na TBCA para análise química de açúcares solúveis foi descrito por Cordenunsi et al. (2008) e analisa por HPLC-PAD os açúcares extraídos previamente com etanol 80%.

O amido total (AT) e o AR presente nos alimentos são quantificados por métodos enzimico-espectrofotométricos, pelo método proposto por Cordenunsi e Lajolo (1995) e pelo método AOAC 2002.02 (McCleary et al., 2002), respectivamente. Os valores obtidos de AT e AR são utilizados no cálculo do conteúdo de amido disponível (AD) por diferença ($AD = AT - AR$).

Quadro 2 – Métodos analíticos preconizados para análise de carboidratos

Analito	Método	Princípio analítico	Referência
Açúcares solúveis	Cordenunsi et al. (2008)	Cromatográfico (HPLC)	Cordenunsi et al. (2008)
Amido total (AT)	Cordenunsi e Lajolo (1995)	Enzímico-espectrofotométrico	Cordenunsi e Lajolo (1995)
Amido resistente (AR)	AOAC 2002.02	Enzímico-espectrofotométrico	McCleary et al. (2002)
Amido disponível (AD)	NA	Cálculo por diferença (AD = AT – AR)	NA
Frutanos	AOAC 999.03	Enzímico-espectrofotométrico	McCleary e Blakeney (1999)
Fibra alimentar	AOAC 991.43	Enzímico-gravimétrico	Lee et al. (1992) modificado por McCleary e Rossiter (2004)
	AOAC 2009.01	Enzímico-gravimétrico e cromatográfico (HPLC)	McCleary et al. (2010)
	AOAC 2011.25	Enzímico-gravimétrico e cromatográfico (HPLC)	McCleary (2014)

NA: Não se aplica.

Quanto à determinação do conteúdo de FA, durante décadas, métodos analíticos foram desenvolvidos tendo como base as definições propostas por Hipsley (1953) e Trowell et al. (1976), por exemplo, os métodos AOAC 985.29 (Prosky et al., 1985) e AOAC 991.43 (Lee et al., 1992). Estes métodos permanecem sendo os métodos de escolha para análise deste analito, pois embora quantifiquem apenas AR3 junto a FA de alto peso molecular e não quantifiquem a fração de baixo peso molecular, tratam-se de métodos consolidados, relativamente baratos e de alta aplicabilidade (Hollmann et al., 2013) (Figura 2).

Com o tempo, foi verificado que compostos antes não considerados componentes da FA também apresentavam efeito fisiológico de FA e métodos específicos para sua quantificação passaram a ser desenvolvidos, por exemplo, para AR, polidextrose, OND, maltodextrinas resistentes e outros.

Atualmente, quando é necessário analisar constituintes não determinados pelos métodos tradicionais de análise de FA, são utilizados métodos oficiais específicos desenvolvidos para quantificar os diferentes compostos da FA separadamente, por exemplo, os métodos AOAC 2002.02, para AR, e AOAC 999.03, método enzímico-espectrofotométrico desenvolvido por McCleary e Blakeney (1999) para quantificação de frutanos em frutas e derivados.

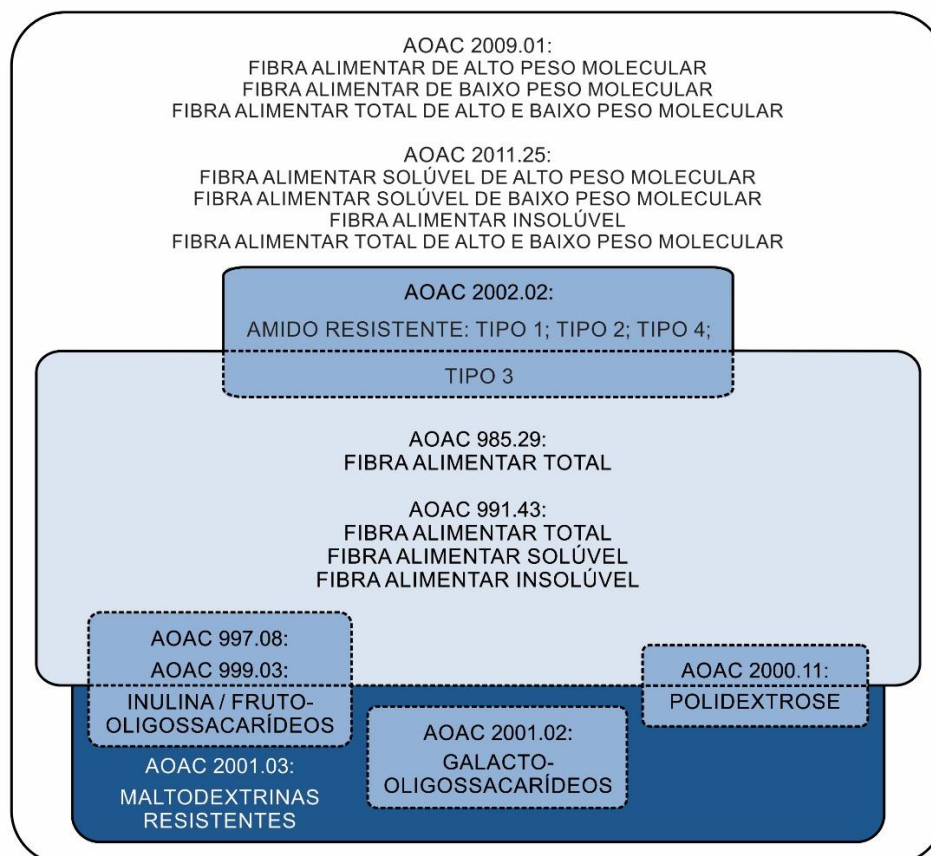


Figura 2 – Esquema gráfico relacionando métodos oficiais para quantificação de fibra alimentar e frações. Adaptado de Westenbrink et al. (2013).

Entretanto, os métodos AOAC 2009.01 e AOAC 2011.25, desenvolvidos por McCleary et al. (2010; 2012), possibilitam a quantificação da FA segundo a definição proposta pelo *Codex Alimentarius* (Codex Alimentarius, 2008) e quantificam as frações solúveis e insolúveis, de alto e baixo peso molecular da FA, incluindo AR e OND. Esses métodos combinam os atributos dos métodos AOAC 985.29 (Prosky et al., 1985), AOAC 991.43 (Lee et al., 1992), AOAC 2001.03 (Gordon; Okuma, 2002) e AOAC 2002.02 (McCleary et al., 2002).

A aplicação destes métodos facilita a determinação da FA, proporcionando valores mais próximos aos reais, sendo uma prática importante, principalmente quando consideramos a utilização dos dados em, por exemplo, rotulagem nutricional.

Desse modo, embora a determinação do conteúdo de carboidratos totais e disponíveis a partir da análise química de seus compostos específicos seja limitada por aspectos econômicos e operacionais, esta prática é considerada o procedimento ideal, devendo ser incentivada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- ✓ O conteúdo de fibra alimentar de ameixas, atemoias e jacas determinado pelo método AOAC 2011.25 foi superior ao observado com o método tradicional (AOAC 991.43) em função da inclusão dos frutanos presentes nas amostras. O conteúdo de fibra alimentar do coco maduro, quantificado pelos dois métodos, não apresentou diferença significativa, tendo em vista o reduzido conteúdo de amido resistente e frutanos;
- ✓ O perfil de carboidratos e os demais macronutrientes das frutas analisadas variaram em função da região de cultivo, sinalizando a influência da origem das amostras na variabilidade dos resultados e evidenciando a necessidade de se considerar a procedência de cada fruta na avaliação de sua composição química.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asp NGL. Classification and methodology of food carbohydrates as related to nutritional effects. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1995;61(4):930S-7S.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Guia alimentar para a população brasileira. 2a ed. Brasília: Ministério da Saúde; 2014.156p.

Boeing H, Bechthold A, Bub A, et al. Critical review: vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases. *European Journal of Nutrition*. 2012;51:637-63.

Burlingame B, Charrondiere UR, Dernini S, et al. Food biodiversity and sustainable diets: Implications of applications for food production and processing. In: Arcand Y, Boye GI (Eds.), *Green Technologies in Food Production and Processing*. Springer. 2011.

Codex Alimentarius (2008). Report of the 30th Session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses, Cape Town, South Africa, 3–7 November, 2008. ALINORM 09/32/26.

Codex Alimentarius (2009). Report of the 31st Session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses, Düsseldorf, Germany, 2–6 November, 2009. ALINORM 10/33/26.

Cordenunsi BR, Lajolo, FM. Starch Breakdown during Banana Ripening: Sucrose Synthase and Sucrose Phosphate Synthase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1995;43:347-51.

Cordenunsi BR, Shiga TM, Lajolo FM. Non-starch polysaccharide composition of two cultivars of banana (*Musa acuminata* L. cvs Mysore and Nanicão). *Carbohydrate Polymers*. 2008;71:26-31.

Cummings JH, Stephen AM. Carbohydrate terminology and classification. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2007;61(1):S5-18.

Dan MCT, Cardenette GHL, Sardá FAH, et al. Colonic Fermentation of Unavailable Carbohydrates from Unripe Banana and its Influence over Glycemic Control. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2015;70(3):297-303.

Damodaran S, Parkin KL, Fennema OR. *Química de Alimentos de Fennema*. 4a ed. Porto Alegre: Artmed; 2010. 900p.

Delzenne NM, Roberfroid MR. Physiological effects of non-digestible oligosaccharides. *Food Science and Technology*. 1994;27:1-6.

DeVries JW, Prosky L, Li B, Cho S. A Historical Perspective on Defining Dietary Fiber. *Cereal Foods World*. 1999 May;44(5):367-9.

Englyst HN, Hudson GJ. The classification and measurement of dietary carbohydrates. *Food Chemistry*. 1996;57(1):15-21.

Englyst HN, Kingman SM, Cummings JH. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition*. 1992;46:S33-50.

Englyst HN, Macfarlane GT. Breakdown of resistant and readily digestible starch by human gut bacteria. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1986;37(7):699-706.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Biodiversity for a world without hunger. 2013 [cited 2014 Aug 21]. Available from: <http://www.fao.org/biodiversity/>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Carbohydrates in human nutrition. Report of an FAO/WHO Expert Consultation on Carbohydrates. Rome: FAO; 1998. 140p.

Gordon DT, Okuma K. Determination of total dietary fiber in selected foods containing resistant maltodextrin by enzymatic-gravimetric method and liquid chromatography: collaborative study. *Journal of AOAC International*. 2002;85(2):435-44.

Greenfield H, Southgate DAT. Food composition data: production, management and use. 2nd. ed. Rome: Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO); 2003. 288p.

Hipsley EH. Dietary "fibre" and pregnancy toxemia. *British Medical Journal*. 1953;2(4833):420-2.

Hollmann J, Themeier H, Neese U, Lindhauer MG. Dietary fibre fractions in cereal foods measured by a new integrated AOAC method. *Food Chemistry*. 2013;140(3):586-9.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Tabelas de Composição Nutricional dos Alimentos Consumidos no Brasil. 2011 [citado 04 nov. 2015]. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009_composicao_nutricional/pofcomposicao.pdf

Kays SJ. Preharvest factors affecting appearance. *Postharvest Biology and Technology*. 1999;15(3):233-47.

Latulippe ME, Meheust A, Augustin L, et al. ILSI Brazil International Workshop on Functional Foods: a narrative review of the scientific evidence in the area of carbohydrates, microbiome, and health. *Food and Nutrition Research*. 2013;57:1-18.

Lee SC, Prosky L, Devries JW. Determination of total, soluble and insoluble dietary fiber in foods. Enzymatic-gravimetric method, Mes-TRIS Buffer: collaborative study. *Journal of AOAC International*. 1992;75(3):395-416.

Liu H, Xie F, Yu L, Chen L, Li L. Thermal processing of starch-based polymers. *Progress in Polymer Science*. 2009;34(12):1348-68.

Livesey G. Health potential of polyols as sugar replacers, with emphasis on low glycaemic properties. *Nutrition Research Reviews*. 2003;16:163-91.

Lorenzi H, Bacher LB, Lacerda MTC, Sartori SF. Brazilian fruits and cultivated exotics (for consuming in natura). São Paulo: Instituto Plantarum; 2006. 640p.

McCance RA, Lawrence RD. The carbohydrate content of foods. London: Her Majesty's Stationery Office; 1929. Medical Research Council Special Report Series 135.

McCleary BV, Blakeney AB. Measurement of inulin and oligofructan. *Cereal Food World*. 1999;44:398-406.

McCleary BV, DeVries JW, Rader JI, et al. Determination of Insoluble, Soluble, and Total Dietary Fiber (CODEX Definition) by Enzymatic-Gravimetric Method and Liquid Chromatography: Collaborative Study. *Journal of AOAC International*. 2012;95(3):824-44.

McCleary BV, DeVries JW, Rader JI, et al. Determination of Total Dietary Fiber (CODEX Definition) by Enzymatic-Gravimetric Method and Liquid Chromatography: Collaborative Study. *Journal of AOAC International*. 2010;93(1):221-33.

McCleary BV, McNally M, Rossiter P. Measurement of resistant starch by enzymatic digestion in starch selected plant materials: collaborative study. *Journal of AOAC International*. 2002;85(5):1103-11.

Menezes EW, Giuntini EB, Dan MCT, Lajolo FM. New information on carbohydrates in the Brazilian Food Composition Database. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2009;22:446-52.

Menezes EW, Giuntini EB, Dan MCT, Sardá FAH, Lajolo FM. Codex dietary fibre definition – Justification for inclusion of carbohydrates from 3 to 9 degrees of polymerization. *Food Chem*. 2013;140(3):581-5.

Menezes EW, Grande F, Giuntini EB, Lopes TV, Dan MC, Prado SB, et al. Impact of dietary fiber energy on the calculation of food total energy value in the Brazilian Food Composition Database. *Food Chem*. 2016;193:128-33.

Menezes EW, Melo AT, Lima GH, Lajolo FM. Measurement of carbohydrate components and their impact on energy value of foods. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2004 Mar;17:331-8.

Monro J, Burlingame B. Carbohydrates and related food components: INFOODS tagnames, meanings, and uses. *Journal of Food Composition and Analysis*. 1996;9:100–18.

Raninen K, Lappi J, Mykkanen H, Poutanen K. Dietary fiber type reflects physiological functionality: comparison of grain fiber, inulin, and povidextrose. *Nutrition Reviews*. 2011;69(1):9-21.

Roberfroid MB, Delzenne NM. Dietary fructans. *Annual Review of Nutrition*. 1998;18:117-43.

Roberfroid MB, Van Loo JAE, Gibson GR. The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. *Journal of Nutrition*. 1998;128(1):11–9.

Roberfroid MB. Caloric Value of Inulin and Oligofructose. *Journal of Nutrition*. 1999;129(7):1436S-7S.

Southgate DAT. Digestion and metabolism of sugars. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1995;62:203S-11S.

Toledo A, Burlingame B. Biodiversity and nutrition: a common path toward global food security and sustainable development. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006;19(6-7):477–83.

Trowell HC, Southgate DAT, Wolever TMS, et al. Letter: Dietary fibre redefined. *Lancet*. 1976;1(7966):1967-76.

Universidade de São Paulo (FCF). Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental/BRASILFOODS (1998). Tabela Brasileira de Composição de Alimentos-USP [citado 10 out. 2015]. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tabela>.

Van Duyn MA, Pivonka E. Overview of the health benefits of fruit and vegetable consumption for the dietetics professional: selected literature. *Journal of the American Dietetic Association*. 2000;100(12):1511-21.

Vilanova M, Rodríguez I, Canosa P, et al. Variability in chemical composition of *Vitis vinifera* cv Mencía from different geographic areas and vintages in Ribeira Sacra (NW Spain). *Food Chemistry*. 2015;169:187-96.

Westenbrink S, Brunt K, Van der Kamp JWVD. Dietary fibre: Challenges in production and use of food composition data. *Food Chemistry*. 2013;140(3):562-7.

World Health Organization (WHO). Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases (2013-2020). Geneva, Switzerland: WHO; 2013. 103p.

Yang F, Liu Q, Pan S, Xu C, Xiong YL. Chemical composition and quality traits of Chinese chestnuts (*Castanea mollissima*) produced in different ecological regions. *Food Bioscience*. 2015;11:33-42.