

应用营养

食品中膳食纤维测定方法的要点与应用

王竹^{1,2}, 邢青斌^{1,2}, 崔亚娟³, 张雪松^{1,2}, 刘玉峰³, 王国栋^{1,2}

(1. 中国疾病预防控制中心营养与健康所, 北京 100050; 2. 国家卫生健康委员会公共营养与健康重点实验室, 北京 100050; 3. 北京市营养源研究所有限公司, 北京 100069)

摘要: 膳食纤维的定义包含了物质结构、生理作用和生物学效应等多重含义, 故对食品中膳食纤维含量水平的精准评估需要科学的认知与严谨的测量手段。我国新版《食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定》(GB 5009. 88—2023) 已经正式实施, 和上一版方法相比, 不仅增加了试样酶解条件, 也在酶重量法基础上增加了高效液相色谱检测技术, 使膳食纤维的测定结果不仅可以包括不溶性膳食纤维、可被 78% 乙醇沉淀的可溶性膳食纤维, 也使测定不能被 78% 乙醇沉淀的可溶性膳食纤维成为可能, 检测范围有所扩大。为了方便理解和应用, 在综合国内外研究进展的基础上, 本文围绕膳食纤维定义的发展和测定方法的进展, 对测定方法原理、流程路径和结果表达进行了详细的解释, 对方法的适用范围、与其他国家标准应用的衔接性进行了分析。

关键词: 膳食纤维; 定义; 测定方法; 结果表达

中图分类号: R155 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2024)10-1191-08

DOI: 10.13590/j.cjfh.2024.10.014

Determination of dietary fiber in foods: key points and useWANG Zhu^{1,2}, XING Qingbin^{1,2}, CUI Yajuan³, ZHANG Xuesong^{1,2}, LIU Yufeng³, WANG Guodong^{1,2}

(1. National Institute for Nutrition and Food Safety, China Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China; 2. Key Laboratory of Public Nutrition and Health of the National Health Commission, Beijing 100050, China; 3. Beijing Institute of Nutrition Resources Co., Ltd, Beijing 100069, China)

Abstract: The definition of dietary fiber (DF) includes multiple meanings involving material structure, physiological and biological effects. So, to accurately evaluate DF level in foods, it's necessary to grasp scientific concepts and rigorous measurement techniques. Now, the new version of the National Food Safety Standard Determination of Dietary Fiber in Foods (GB 5009. 88—2023) has been implemented in China. Compared to pre-version, high-performance liquid chromatography technique is added in enzymatic-gravimetric methods, making it possible to include insoluble and soluble dietary fiber, even that cannot be precipitated by 78% ethanol, in total dietary fiber results, and the detection scope is expanded. For better understanding the method to use, this article summarizes the relation of determination methods to definition development, interprets in details about the principles, determination pathway and steps, and result expression. Simultaneously, the application scope of the method and its connection with other national standards has also been discussed.

Key words: Dietary fiber; definition; determination method; results expression

膳食纤维(Dietary fiber, DF)是植物性食物中重要的组成成分, 其对健康的影响——尤其是对肠道健康、血糖血脂调控等方面的作用越来越多地被加以肯定。受传统膳食的影响, 我国居民膳食纤维的平均摄入水平为 17.6 g/d, 并主要来源于蔬菜和谷物^[1]。随着动物性食物消费量增多, 膳食纤维的摄入水平呈现下降趋势, 因此适当增加富含膳食纤维的食物消费已经是普遍共识, 目前很多食品通过添加膳食纤维组

分帮助调整性状、提升营养质量。和其他食物成分不同, 膳食纤维的定义包含了物质结构、生理作用和生物学效应等多重含义, 因此对这类物质含量水平的精准评估不仅需要严谨的技术操作程序, 更要求研究人员应对膳食纤维的概念、膳食纤维包括哪些组分、现有检测技术与科学概念之间存在哪些差距, 以及如何做好不同标准的衔接等问题要有清晰的认知。日前, 我国新版《食品安全国家标准食品中膳

收稿日期: 2024-04-03

基金项目: 国家重点研发项目(2022YFF0710303); 国家财政项目(102393220020070000013)

作者简介: 王竹 女 研究员 研究方向为食物营养评价 E-mail: wangzhu@ninh.chinacdc.cn

食纤维的测定》(GB 5009.88—2023)刚刚颁布实施,本文希望借此契机就相关内容进行分析说明。

1 膳食纤维的科学概念

1.1 共性特点

膳食纤维的概念从提出之始一直不断发展,1972年Trowell给出的定义中认为DF是来自于植物细胞壁不被人体消化酶水解的结构性物质。到目前为止尽管在一些细节上还存在分歧,但是国际组织与各国已经对膳食纤维的共性特征形成了共识,即DF是不被人体小肠消化吸收、对人体有健康效益的、聚合度(DP) ≥ 3 的碳水化合物聚合物^[2-3]。碳水化合物的聚合度也可以用糖单体的个数(MU)表示,国际食品法典委员会(CAC)2009年对DF的定义是将MU界定在 ≥ 10 ,但也允许各国自行确定是否列入MU 3~9的碳水化合物^[4-5];我国在GB/Z 21922—2008《食品营养成分基本术语》采纳的是DP ≥ 3 。

1.2 膳食纤维来源与组成

膳食纤维的来源与组成是构成其定义的重要内容,主要包括了来自谷物、薯类、水果、蔬菜、豆类等植物性食物中天然内源性的可食用纤维物质,如纤维素、半纤维素、果胶等非淀粉多糖(NSP),也包括了DP为3~9的低聚糖,以及DP > 10 的抗性淀粉,一些存在于植物细胞壁并与多糖紧密连接的相关物质(主要为木质素)也被涵盖其中。随着食品科学和营养科学的发展,通过物理/化学/酶法技术提取分离或修饰的不消化碳水化合物聚合物、或通过合成获得的不消化碳水化合物聚合物也得到应用,但只有科学证据并被权威专业机构认可为具有有益人体健康作用的组分才可被纳入DF组分,为此一些国家根据其促进肠道蠕动、降低血糖、降低血脂等方面评估给出了相应的名单列表^[6-7]。按照我国食品安全国家标准,列入食品营养强化剂的组分可以在预包装食品营养标签上进行标示。

1.3 膳食纤维的分类

由于结构复杂其理化性质各不相同,衍生出不同的膳食纤维分类方法,其中比较常用的是根据其溶解性分为可溶性膳食纤维(SDF)和不溶性膳食纤维(IDF),比如水果、大豆中的低聚糖多为SDF,谷物、茎叶蔬菜中IDF较高。另外,根据是否可被结肠菌群发酵也可分为可发酵膳食纤维和不可发酵膳食纤维。

2 膳食纤维检测技术的发展

在酶重量法实施以前,通常是采用酸性洗涤剂法、中性洗涤剂法或碱性洗涤剂法去除可降解物后

以称重的方法进行定量的“粗纤维”,1985年后按照Trowell提出的膳食纤维概念,逐渐建立起酶重量法测定DF的方法^[8-9],并成为美国化学家协会标准方法(AOAC 985.29,991.43)。酶重量法采用的是热稳定 α -淀粉酶在高温下(95 $^{\circ}\text{C}$ ~100 $^{\circ}\text{C}$)对试样进行处理,能快速将淀粉、糊精、 α -1,4:1,6-葡聚糖进行降解,并通过淀粉葡萄糖苷酶(Amylglucosidase, AMG)进一步将降解产物(如麦芽糖)水解为单糖;未降解部分通过78%乙醇沉淀可以分离出大分子质量的纤维组分(HMWDF)^[10]。酶重量法实施后不久抗性淀粉(RS)的概念被提出^[11-12],其健康效应也得到确认,随后更多的不消化碳水化合物得到应用,为此有关DF的检测技术不断加以拓展,除了在酶重量法的基础上增加了高效液相色谱检测技术外(AOAC 2001.03),更是直接将抗性淀粉的酶解条件——试样经 α -淀粉酶和淀粉葡萄糖苷酶在37 $^{\circ}\text{C}$ 下水解16h引入了DF的测定(AOAC 2009.01,2011.25)。为了更接近人体小肠内食物的消化速度,通过成倍加大酶用量、缩短酶解时间,形成了快速的酶重量-液相色谱法(AOAC 2017.16,2022.01),这一方法有助于防止由于水解液糖浓度较高、保温时间较长导致的细菌污染。酶重量-液相色谱法的检测结果几乎覆盖了目前所有的DF组分,在多个实验室反复验证的条件下^[13-14],方法之间的联系与差别也得到了总结^[15-17]。

3 膳食纤维测定程序与要点分析

GB 5009.88—2023在综合了AOAC不同方法的适用性以及检测成本的基础上对测试条件进行了整合,总的来看分为试样前处理、试样酶解、DF分类检测三大步骤(图1)。

3.1 试样前处理

为了获得均匀的待测试样,需要匀质化处理(如粉碎、匀浆),视试样的状态也可适当增加辅助处理步骤。脱脂处理适用于脂肪含量较高的食品,这主要是由于被脂肪包裹淀粉的消化速度会受到影响,比如油条的消化慢于饼干、面包;而且太高的脂肪含量会造成与沉淀物的交联继而影响到后续的残渣处理。像液体、半固体等水分含量较高的试样,可能会由于存在沉淀物、悬浮物混合不均的现象,尤其当DF含量较低时,适当的脱水可以有助于浓缩和均质化处理,也避免由于水分含量过高影响到乙醇添加量的准确估算。糖含量过高导致黏稠度较大的试样也需要一定脱糖处理,但如果要利用液相色谱仪检测小分子SDF时脱糖会带来一定损失。

3.2 酶解处理

试样的酶解处理——尤其淀粉酶解,是区分碳

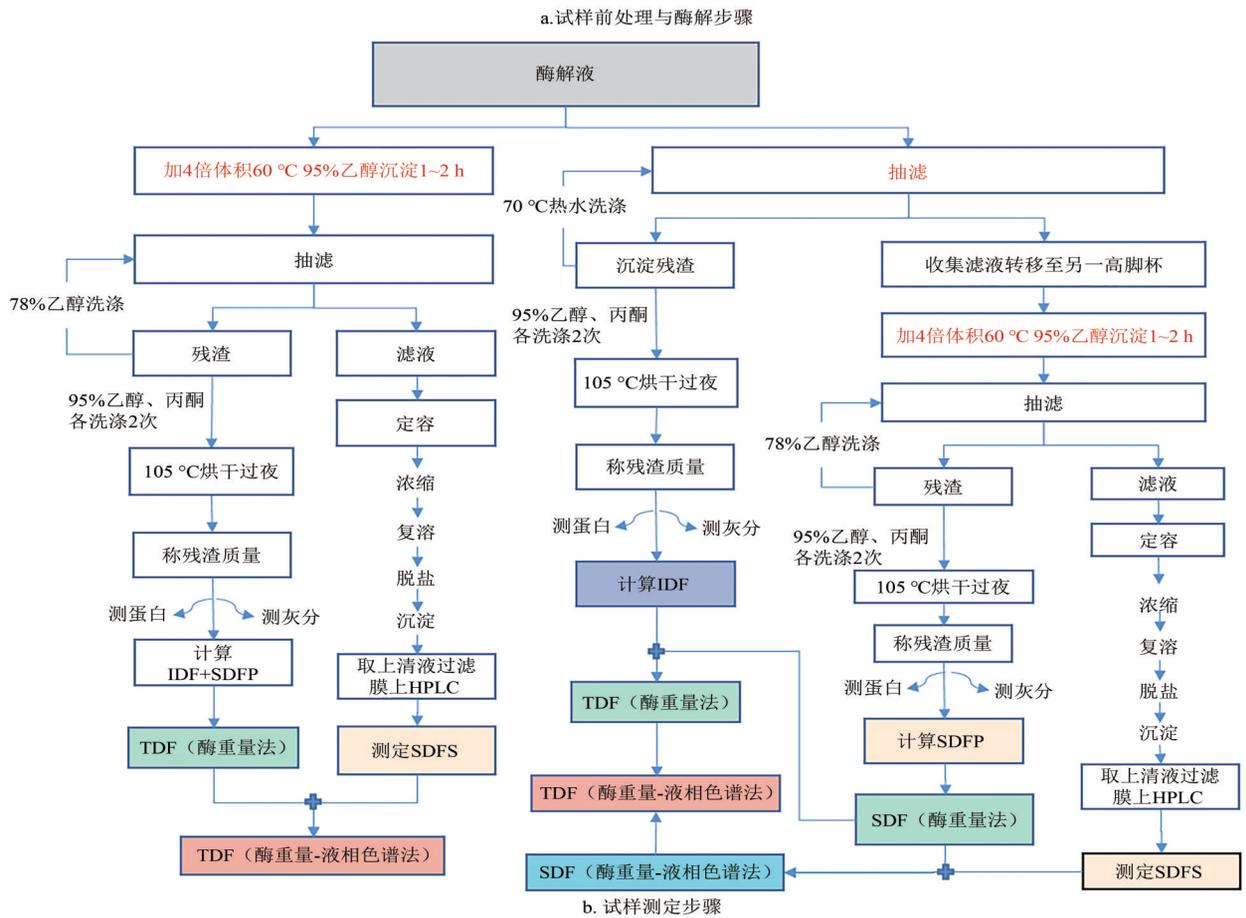
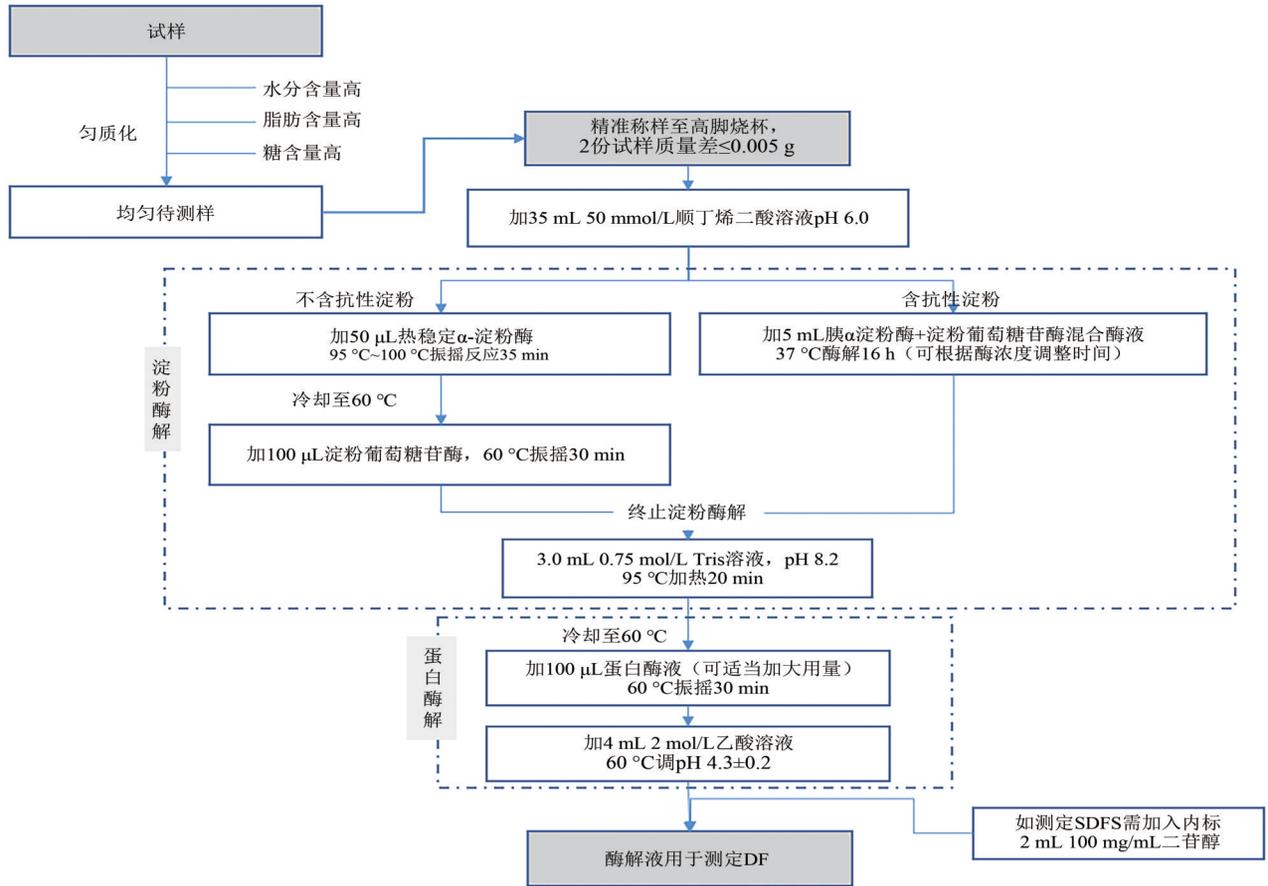


图1 膳食纤维测定步骤及操作流程

Figure 1 Operation processing and detective steps of dietary fiber

水化合物可消化性的关键环节,因此酶的选择、用量、酶解温度和时间控制是决定测定结果的关键,必须严格控制。

在测定方法给出的酶用量固定的前提下,试样称样量不宜过大,应确保控制在酶解能力范围内。AOAC的几种方法对于试样称样量都采用1g,即假设试样全部来自可消化碳水化合物时酶用量是充足的。在实际操作中,由于不同试样物化状态和DF含量水平不同,称样量可允许适当调整,但要注意的是GB 5009.88—2023给出的称样量范围并不意味着是适用于所有试样的极值范围。

GB 5009.88—2023给出了2种淀粉酶解条件:一种是沿承了上一版国标方法的高温酶解条件(对应AOAC 985.29,991.43,2001.03),可有助于试样的分散与淀粉的快速降解,但高温会对抗性淀粉产生一定破坏;另一种是模拟人体体温的常温酶解条件(对应AOAC 2009.01,2011.25),即试样在37℃下经过 α -淀粉酶(2KU)和淀粉葡萄糖苷酶(0.14KU)水解16h,超过这一时间点仍未消化的碳水化合物聚合物即为膳食纤维——包括抗性淀粉,完整的生谷粒、生马铃薯/香蕉/杂豆、高直链玉米淀粉、回生淀粉等均会含有一定数量的抗性淀粉^[18]。为了缩短常温酶解时间,GB 5009.88—2023用注解方式说明可成倍加大酶用量(对应AOAC 2017.16,2022.01),但要注意酶试剂成本也会相应增加。在开始下一步蛋白酶解前一定要通过调整pH=8.2和95℃加热处理终止淀粉酶和/或淀粉葡萄糖苷酶的酶解反应,以避免碳水化合物在蛋白酶解过程中持续消化造成的结果偏差。试样前处理和酶解步骤见图1a。

3.3 膳食纤维的测定

3.3.1 明确测定目标

GB 5009.88—2023规定的测定目标包括总膳食纤维(TDF)、IDF和SDF。TDF意为IDF和SDF之和,可以单独测定也可根据IDF和SDF的检测结果加和而成;IDF的测定相对简单,SDF的测定则需要乙醇的帮助。乙醇通过降低水溶液的介电常数可以促进溶于水的多糖脱水而产生沉淀,其沉淀效果与多糖的分子质量大小和乙醇浓度有关,乙醇浓度低时可先沉淀出分子质量较大的多糖,随着乙醇浓度升高分子质量相对小些的多糖也会有所析出,另外温度也是影响多糖沉淀的一个重要因素。经过反复实验,目前国际上有关DF测定的方法中大多按照试样液与乙醇体积比1:4的比例进行多糖沉淀,且沉淀温度和时长相对固定。AOAC 991.43和上版GB 5009.88—2016中由这部分醇不溶性沉淀测得的组分作为SDF,低估了可溶于78%乙醇的

低聚糖和小分子质量的多糖,新版国标加入了高效液相色谱技术,使对这些小分子组分的检测成为可能。为了帮助说明和理解被测组分之间的区别,在无法以分子结构或具体分子质量进行定性的前提下,根据是否可被78%乙醇沉淀衍生出两个说明性名词,即SDFP和SDFS。需要注意的是,SDFP和SDFS是膳食纤维测定的过程性目标,而非标准方法的直接测定目标,故不能独立使用。

3.3.2 选择测定路径

食品中DF的测定步骤看起来繁琐,但按照测定目标的索骥路线会相对明了。如图1b所示,以测定TDF为目标,可以直接将乙醇加入酶解液进行沉淀分离,沉淀部分按照通用步骤进行残渣处理,得到的检测结果即为酶重量法测定的TDF,包含IDF和SDFP。对于大部分植物性食品来说,如谷物、茎叶蔬菜等,这一结果已经足以反映DF的主要来源,当前很多国家食物成分数据库中TDF含量即为此法获得的数据。为了更细致地包含小分子组分,如大豆、果浆中的低聚糖,可以继续分析SDFS,结果相加后得到酶重量-液相色谱法测定的TDF。以测定IDF和/或SDF为目标,可以先将酶解液抽滤分离出水不溶性和水溶性部分,不溶性部分按照通用步骤进行残渣处理得到IDF结果;可溶性部分继续经过乙醇沉淀分离,分别测定SDFP和/或SDFS,IDF和SDF之和即为TDF。

无论是TDF检测,还是IDF和SDFP检测,都需要通用的残渣处理步骤,即经必要的洗涤后残渣要烘干去除水分后称取质量,再进一步扣除残渣中蛋白质和灰分含量。为此,从称样开始就要以两份质量近乎相同(相差 ≤ 0.005 g)的试样为一组进行实验,经过相同操作后一份残渣用于蛋白质测定,另一份用于灰分测定,以便结果计算。

3.3.3 把握SDFS测定的关键

可溶性部分上机前需要进行必要的离子交换起到脱盐和去除可溶性蛋白的作用^[13],SDFS测定的关键是如何合理界定定性分离及如何准确定量分析。

正如前面反复强调的,DF不是结构单一的物质,SDFS尽管分子量相对较小,但也包括了低聚糖和部分多糖,这就需要选择亲水性较强的色谱柱实现对 $DP \geq 3$ 的SDFS与单双糖的有效分离。以串联TSKgel G2500PWXL(7.8 mm I. D. \times 30 cm \times 2,7 μ m)凝胶柱为色谱柱、水为流动相,在柱温80℃、流速为0.5 mL/min的条件下,显示了较好的分离优势^[16]。表1是在此条件下完成的不同糖组分保留时间,可见分子量越小且极性越强的糖保留时间越长。麦芽三糖和蔗糖三糖是离双糖最近的三糖,麦芽三糖

在酶解过程中可被 AMG 降解,蔗果三糖是分子量最小的低聚果糖,加上标准品容易获得,选择它作为与双糖的分界是适宜的。乳糖和异麦芽糖是保留时间最短的双糖,其次是麦芽糖,对于天然植物性原料来源的食品和其他非乳食品而言,乳糖和异麦芽糖含量很低或无,因此以蔗果三糖和 D-麦芽糖作为定性分界,既可以保证基线有效分离,在适用性上也是合理的。对于乳粉等含有乳糖或异麦芽糖的试样,可以考虑在标准溶液中加入乳糖或异麦芽糖,根据其其与蔗果三糖的交叉分界点作为定性分离的判断,但更好的办法是在试样液上机前增加半乳糖苷酶(β -galactosidase, EC 3.2.1.23)或低聚-1,6-葡萄糖苷酶(oligo-a-1,6-glucosidase, EC 3.2.1.10)的酶解步骤,使其降解为单糖,实现与三糖的分离^[15]。

表1 不同糖组分的保留时间/min

组分	名称	保留时间
SDFS 组分	水苏糖	30.317
	异麦芽三糖	30.930
	潘糖	31.401
	棉子糖	31.417
	蔗果三糖	31.743
可消化三糖	麦芽三糖	31.870
	异麦芽糖	32.447
	乳糖	32.637
	麦芽糖醇	32.770
	D-麦芽糖	33.093
糖及糖醇	蔗糖	33.343
	山梨醇	34.503
	甘露醇	34.600
	D-葡萄糖	34.657
	木糖醇	35.237
	果糖	35.503
	木糖	36.240
	赤藓糖醇	36.267

SDFS 的定量分析之所以可以选择葡萄糖作为外标,是基于等浓度下不同糖组分的色谱响应一致的前提假设。经过测试可以观测到,以单位浓度下葡萄糖色谱峰面积为 1,水苏糖、棉子糖、低聚果糖、葡聚糖、低聚异麦芽糖等与葡萄糖的比值浮动在 0.951~1.010 之间,说明采用葡萄糖作为外标定量是可行的。为了消除试样处理及检测过程中导致的 SDFS 损失,需要另外采用内标物对结果进行校正,因此需要确认葡萄糖与内标物的响应因子。丙三醇(甘油)、二甘醇与糖结构相似、较为稳定、能与目标化合物有效分离且保留时间相近,是比较理想的候选内标物。目前 AOAC 等方法主要采用丙三醇作为内标物,但考虑到丙三醇可作为食品添加剂使用,因此 GB 5009.88—2023 选择了二甘醇作为内标物。在 DF 测定的全过程中,无论是残渣处理还是 SDFS 检测,都必须扣除酶空白和试剂空白的

影响,以确保定量分析的准确性。

3.4 结果的表达

从测定方法的原理和操作流程看,GB 5009.88—2023 根据试样的不可消化性、水或醇可溶性建立了 TDF、IDF、SDF 的测定方法;考虑到检测的必要性和检测成本,检测结果中可以包括或不包括 SDFS 部分,在结果表述时应明确说明其与检测方法的对应关系,即在 TDF 和 SDF 后注明检测方法为酶重量法或酶重量-液相色谱法。理论上:

$$\text{SDF(酶重量法)}=\text{SDFP}$$

$$\text{TDF(酶重量法)}=(\text{IDF}+\text{SDFP})=\text{IDF}+\text{SDF(酶重量法)}$$

$$\text{SDF(酶重量-液相色谱法)}=\text{SDFP}+\text{SDFS}$$

$$\begin{aligned} \text{TDF(酶重量-液相色谱法)} &= \text{TDF(酶重量法)} \\ &+ \text{SDFS} \\ &= \text{IDF} + \text{SDFP} + \text{SDFS} \end{aligned}$$

4 测定方法的适用范围及局限性

具体到方法的应用要综合考虑其适用的食品范围、结果中所能涵盖的组分、检测结果与定义科学表述之间的符合度,以及检测方法的经济成本等内容。

GB 5009.88—2023 首先适用于所有植物性食品及其制品,符合膳食纤维为植物源性的定义。由于来自植物细胞壁的大分子质量非淀粉多糖是 DF 的主要来源,因此如果没有特殊要求,可以采用酶重量法测定 TDF、IDF 和 SDF;酶重量-液相色谱法由于可以关注到更小分子质量 SDF,因此其测定结果更接近真实含量。对于添加了膳食纤维组分的食品则需要根据食品基质、添加组分物化性质和添加方法作具体分析。

4.1 由植物性原料带入 DF

市场上有很多由动植物原料制作的混合食品或添加了蔬菜干粉、果粒的食品等,这些试样只要在预处理时作好均质化处理以及脂肪等干扰物质的去除,可以采用酶重量法或酶重量-液相色谱法测定 DF。

4.2 添加组分与 DF 定义的符合性

根据《食品安全国家标准 食品营养强化剂使用标准》(GB 14880—2012)或原卫生部公告,低聚半乳糖、菊苣来源的低聚果糖和多聚果糖、聚葡萄糖、甜菜来源的棉子糖、酵母 β -葡聚糖可作为营养添加剂用于配方食品或婴幼儿谷类辅助食品;除此之外,也有一些低聚糖或多糖可作为食品原料或食品添加剂用于肉制品、蛋奶制品、糖果蜜饯、饮料等食品的生产。对于添加了果胶、海藻酸盐等大分子质量非淀粉多糖的试样可采用酶重量法测定。对于添加了含有或部分含有 SDFS 组分试样 HPLC 提供

了很大的帮助,从表2可以看出酶重量-液相色谱法可以适用更多组分的测定,但也需要注意的是:添加组分是否完全符合DF定义、不同分子质量的组分是否可被全部检出。比如,像棉子糖这样较为纯粹的三糖,或者是聚葡萄糖、 β -葡聚糖等一般DP>10的可溶性多糖,不会存在与双糖分离不清并难以定量的问题;但是低聚果糖、低聚半乳糖等由于是含有双糖的混合物,会一定程度存在测定结果与添

加量有出入的问题,这就需要重新考量添加物质的纯度问题。低聚果糖是由菊苣提取的2个以上果糖(F_n)或葡萄糖与2个以上果糖(GF_n)聚合成的混合物,蔗果三糖(GF_2)是本方法与双糖切割的定性物质,果果双糖(F_2)因是双糖不符合本方法的定义不会予以计量;同样,低聚半乳糖是由2个以上半乳糖、或葡萄糖与2个以上半乳糖结合而成的混合物,也会存在类似问题。

表2 膳食纤维测定方法(GB 5009.88—2023)的适用性

Table 2 Application of detection of dietary fiber (GB 5009.88—2023)

测定方法 ^a	可包含组分 ^b									适用样品
	木质素	非淀粉多糖 ^c	抗性淀粉	多聚果糖	低聚果糖	低聚半乳糖	聚葡萄糖	抗性麦芽糊精	棉子糖	
HT/EG	✓	✓	☑	☑	—	—	☑	☑	☑	植物性食品
CT/EG	✓	✓	✓	☑	—	—	☑	☑	☑	
HT/EG-HPLC	✓	✓	☑	✓	✓	✓	✓	✓	✓	植物性食品、添加了DF组分的食品
CT/EG-HPLC	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

注:a:表中分别用HT、CT表示高温或常温酶解条件;用EG、EG-HPLC表示酶重量法或酶重量-液相色谱法。b:✓表示包含;☑表示部分包含;—表示不包含。c:非淀粉多糖包括纤维素、半纤维素、果胶、 β -葡聚糖、海藻酸盐等

4.3 局限性

尽管GB 5009.88—2023适用于植物性食品及其制品以及添加了膳食纤维组分的食品,但也会存在一定局限性。比较大的难点是乳糖与添加的小分子组分相互干扰,比如乳粉中添加低聚果糖和/或低聚半乳糖,尽管乳糖在上机前可以通过乳糖酶进行适当降解,但是添加组分中含有的双糖仍会带来定性分离的难度。另外,DF组分包埋技术也可能一定程度地影响前处理的分散性和酶解效率;一些含有小分子肽或氨基酸的液体产品,也要特别注意离子对色谱分离效果的影响等,这些问题还需要更多的研究加以解决。

5 测定方法的应用及注意事项

由于DF的健康作用引起人们的关注度日益增强,准确地测定食品中膳食纤维的含量显得十分重要。

5.1 GB 5009.88—2023与其他标准的联系与区别

除了GB 5009.88—2023外我国还有其他与纤维测定有关的国标方法,比如GB 5413.6—2010《食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中不溶性膳食纤维的测定》和GB/T 9822—2008《粮油检验 谷物不溶性膳食纤维的测定》,均是采用中性洗涤法测定的不溶性膳食纤维(Neutral detergent fiber, NDF),是通常称作“粗纤维”的主要方法,其结果主要来自植物细胞壁的纤维素、半纤维素、木质、角质等,并难以扣除二氧化硅、不溶性灰分的干扰,我国食物成分数据库中仍有很多数据为粗纤维数据。从概念和测定方法的发展上可以看出TDF>IDF>

NDF,谷物NDF与IDF间存在一定相关性,但在其他类别则差异较大。GB/T 22224—2008的第二法本质上是参考AOAC 2001.03制定的以酶重量法-液相色谱法测定食品中TDF的方法,其方法原理和操作程序与GB 5009.88—2023基本一致,但在液相色谱分析上由于采用丙三醇为内标,且用麦芽糊精定性(非三糖标物),因此方法仅适用于含有抗性麦芽糊精但未添加丙三醇的食品测定,由于GB 5009.88—2023是强制性国家标准可用于仲裁检验。另外我国也已发布了一些食品中膳食纤维组分的测定方法,如低聚半乳糖(GB 5009.289—2023)、果聚糖(GB 5009.255—2016)、聚葡萄糖(GB 5009.245—2016)、棉子糖(GB 5009.258—2016)等,这些方法通过特殊的酶解条件或色谱条件可以有针对性地定量分析,特异性较强,当希望了解食品中特定组分的含量水平时可以采用相应的分析方法,但对于添加了这些组分的食品仅希望了解TDF、IDF或SDF总体状况则需采用GB 5009.88—2023的方法。

5.2 DF测定方法与标签标示的关系

将DF的测定结果以适当的方式标示在营养标签上也是大家关注且值得讨论的问题。根据《食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则》(GB 28050—2011)及其问答,预包装食品标签上对于膳食纤维含量水平的标示可以采用多种方法,如“膳食纤维”“膳食纤维(以不溶性膳食纤维计)”“膳食纤维(以可溶性膳食纤维计)”“膳食纤维(以单体成分计)”,另外在标示“膳食纤维”的同时列出GB 14880或原卫生部公告的单体含量也是被允许的。

DF标签标示值的获得,可以采用国标方法,或

者在没有国标方法情况下选用 AOAC 推荐的方法或公认的其他方法进行检测;利用原料的营养成分含量数据或者利用可信赖的食物成分数据库,根据原料配方计算获得。目前 GB 5009.88—2023 与 AOAC 诸多方法进行了有效的衔接,因此可以作为膳食纤维、不溶性膳食纤维、可溶性膳食纤维含量标示的检测依据;如果以单体成分标示的则需要注意,是否符合膳食纤维定义、是否允许的营养素添

加剂、是否有独立的检测方法;当期望采用食物成分数据库计算获得标示值时,除了考虑方法学的因素外,还应注意食品原料与数据库的匹配性、生产流程的可控性等。表 3 列出了标签标示项目和测定目标及相关的对应关系。从 DF 测定值到标示值需要一定的风险评估,企业要确保实际含量在标签标示值的 80% 以上,监管部门则要考虑由于抽样和测量不确定度带来的风险。

表 3 营养标签膳食纤维标示与测定目标及相关方法的对应关系

Table 3 Correspondence between nutrition label, dietary fiber labeling, measurement objectives, and related methods

标示项目	测定目标	测定方法
膳食纤维	TDF	GB 5009.88
膳食纤维(以不溶性膳食纤维计)	IDF	GB 5009.88
膳食纤维(以可溶性膳食纤维计)	SDF	GB 5009.88
膳食纤维(以单体成分计)	1 种或多种单体成分	相应成分国标方法或其他公认方法
膳食纤维	TDF	GB 5009.88
单体成分	单体成分	相应成分国标方法或其他公认方法

食品中膳食纤维的测定方法充满了挑战,本文整体分析了膳食纤维的科学定义与测定方法的联系与区别、测定方法的核心步骤以及如何根据待测目标确定检测路径、适用性和局限性,以及方法在应用过程中与其他标准的联系。总的来看,新版食品中膳食纤维测定方法的修订增加了适用范围更广的酶解条件,补充了对小分子质量 SDF 的测定步骤,使 TDF、IDF、SDF 的测定结果更加接近实际含量;但在具体的使用过程中由于定义、物质结构、试样基质等因素的影响,不可避免地存在 SDFS 定量检测的局限性。因此,严格操作流程,尤其是淀粉酶解条件、乙醇沉淀的浓度与温度、色谱条件的确立是保证 DF 准确定量使之表达更符合科学概念的关键。

参考文献

- [1] 王惠君,张兵,杜文雯等. 1989—2006 年中国九省(区)居民膳食纤维摄入状况及其变化趋势[J]. 中华预防医学杂志, 2011. 45(4): 318-322.
- WANG H J, ZHANG B, DU W Wet al. Trends of the dietary fiber intake among Chinese aged 18-45 in nine provinces (autonomous region) from 1989 to 2006 [J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2011. 45(4): 318-322.
- [2] STEPHEN A M, CHAMP M M, CLORAN S J, et al. Dietary fibre in Europe: current state of knowledge on definitions, sources, recommendations, intakes and relationships to health[J]. Nutrition Research Reviews, 2017. 30(2): 149-190.
- [3] Institute of Medicine (2005). Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids[M]. Washington DC: National Academies Press.
- [4] WHO/FAO (2009). Report of the 30th Session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses, No. ALINORM 02/32/26. http://www.codexalimentarius.org/input/download/report/710/al32_26e.pdf (accessed October 2015).

- [5] Joint FAO/WHO Food Standards Programme CODEX Alimentarius Commission. Guidelines on Nutrition Labeling CAC/GL 2-1985 as Last Amended 2010[R]. Rome: FAO, 2010.
- [6] 中国营养学会营养与保健食品分会,中国营养学会益生菌益生元与健康分会. 膳食纤维定义与来源科学共识(2021)[J]. 营养学报, 2022. 44(1): 1-5.
- Nutrition and Healthy Food Committee in Chinese Nutrition Society, Committee of Probiotics-Prebiotics and Health in Chinese Nutrition Society. Scientific consensus on the definition and source of diet fiber[J]. Acta Nutrimenta Sinica. 2022. 44(1): 1-5.
- [7] U. S Department of health and human service, food and drug administration, center for food safety and applied nutrition[S]. <https://www.regulations.gov/document?D-FDA-2012-N-1210-0875>.
- [8] PROSKY L, ASP N G, FURDA I, et al. Determination of total dietary fiber in foods and food products: collaborative study[J]. Journal - Association of Official Analytical Chemists. 1985, 68(4): 677-679.
- [9] PROSKY L, ASP N G, SCHWEIZER T F, et al. Determination of soluble dietary fiber in foods and food products: collaborative study [J]. Journal of AOAC International, 1994, 77(3): 690-694.
- [10] MERTENS D R. Challenges in measuring insoluble dietary fiber [J]. Journal of animal science. 2003. 81(12): 3233-3249.
- [11] ENGLYST H N, CUMMINGS J H. Non-starch polysaccharides (dietary fiber) and resistant starch[J]. Advances in Experimental Medicine and Biology, 1990, 270: 205-225.
- [12] ENGLYST K N, ENGLYST H N. Carbohydrate bioavailability [J]. British Journal of Nutrition, 2005, 94(1): 1-11.
- [13] MCCLEARY B V, DEVRIES J W, RADER J I, et al, Determination of total dietary fiber (CODEX definition) by enzymatic-gravimetric method and liquid chromatography: collaborative study [J]. Journal of AOAC International, 2010, 93(1): 221-233.
- [14] MCCLEARY B V, DEVRIES J W, RADER J I, et al. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber (CODEX definition) by enzymatic-gravimetric method and liquid chromatography: collaborative study [J]. Journal of AOAC

- International, 2012, 95(3): 824-844.
- [15] MCCLEARY B V, MCLOUGHLIN C. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods using a rapid integrated procedure of enzymatic-gravimetric-liquid chromatography: First Action 2022.01[J]. Journal of AOAC International, 2022, 106(1): 127-145.
- [16] McCleary BV. Measurement of dietary fiber: which AOAC Official Method of AnalysisSM to use [J]. Journal of AOAC INTERNATIONAL. 2023, 106(4): 917-930.
- [17] ZIELINSKI G, ROZEMA B. Review of fiber methods and applicability to fortified foods and supplements: choosing the correct method and interpreting results [J]. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2013, 405(13): 4359-4372.
- [18] 王竹, 李建文, 杨晓莉等. 食物中抗性淀粉的含量分析[J]. 中国粮油学报, 2007. 22(6): 82-85, 108.
- WANG Z, LI J W, YANG X L, et al. Analysis of resistant starch in foods [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2007, 22(6): 82-85, 108.

《中国食品卫生杂志》投稿须知

《中国食品卫生杂志》是中华预防医学会、中国卫生信息与健康医疗大数据学会共同主办的国家级食品卫生学术期刊,为中文核心期刊、中国科技核心期刊。《中国食品卫生杂志》的办刊方针是普及与提高并重。设专家述评、论著、研究报告、实验技术与方法、监督管理、调查研究、风险监测、风险评估、食品安全标准、食物中毒、综述等栏目。《中国食品卫生杂志》既报道食品安全领域的重大科研成果,也交流产生、发现于实际工作的研究结论;既涉足实验室,又深入监督管理现场;全方位报道国内外食品安全的政策、理论、实践、动态。

1 投稿的基本要求

文稿应具有创新性、科学性、实用性,文字精练,数据准确,逻辑性强。文章一般不超过5000字,如遇特殊情况请与编辑部联系。投稿时邮寄单位推荐信,介绍该文的作者、单位,文章的真实性,是否一稿两投,是否属于机密,是否受各类基金资助。如为基金资助项目,应附带资助的合同文本封面和课题参加者名单页复印件或获奖证书复印件。

2 文稿中应注意的问题

投稿前最好先阅读本刊,以便对本刊有基本的了解。尤其要注意以下问题。

- 2.1 作者和单位的中英文名字、所在地、邮编分别列于中英文题目之下,单位的英文名称应是系统内认可的、符合规范的。
- 2.2 个人署名作者在2人(含2人)以上以及集体作者,应指定一位通信作者(corresponding author)。第一作者及通信作者应有简短的中文自传:姓名、性别、学位、职称、主攻研究方向,放在文稿第一页的左下方。副高职称以上的作者应有亲笔签名。
- 2.3 受资助的情况(资助单位、项目名称、合同号)用中英文分别列于文稿左下方。
- 2.4 所有稿件都应有中英文摘要。一般科技论文的摘要包括:目的、方法、结果、结论。作者应能使读者通过阅读摘要就能掌握该文的主要内容或数据。为便于国际读者检索并了解文章的基本信息,英文摘要应比中文摘要更详细。
- 2.5 每篇文章应标注中英文关键词各3~8个。
- 2.6 缩略语、简称、代号除了相邻专业的读者清楚的以外,在首次出现处必须写出全称并注明以下所用的简称。如新术语尚无合适的中文术语译名可使用原文或译名后加括号注明原文。
- 2.7 用于表示科学计量和具有统计意义的数字要使用阿拉伯数字。
- 2.8 研究对象为人时,须注明试验组、对照组受试者的来源、选择标准及一般情况等。研究对象为试验动物时需注明动物的名称、种系、等级、数量、来源、性别、年龄、体重、饲养条件和健康状况等。动物试验和人体试验均需伦理审查文件。
- 2.9 药品、试剂使用化学名,并注明主要试剂的剂量、单位、纯度、批号、生产单位和日期。
- 2.10 主要仪器、设备应注明名称、型号、生产单位、精密度或误差范围。
- 2.11 图、文字和表格的内容不要重复,图、表应有自明性,即不看正文就能理解图意、表意。
- 2.12 所引的参考文献仅限于作者亲自阅读过的。未公开发表或在非正式出版物上发表的著作如确有必要引用,可用圆括号插入正文或在当页地脚加注释说明。原文作者若不超过3人应将作者姓名依次列出,中间用“,”隔开,3位以上作者则列出前3位,逗号后加“等”。参考文献格式如下:

期刊文章:[序号] 主要责任者(外文人名首字母缩写,缩写名后不加缩写点). 文献题名[文献类型标志]. 刊名, 年,卷(期): 起页-止页.

举例 [1] 汪国华,马进,季适东,等. 急性出血坏死性胰腺炎的手术治疗[J]. 中级医刊,1995,30(8):22-25.

[2] BERRY R J, LI Z, ERICKSON J D, et al. Preventing neural tube defects with folic acid in China[J]. N Engl J Med, 1999, 314: 1485-1490.