

一、工作简况，包括任务来源与项目编号、标准主要起草单位、协作单位、主要起草人、起草过程

（一）任务来源、项目编号、参与协作单位

任务来源：

项目编号：

本标准的起草单位：

（二）主要起草人和相关起草过程

1. 主要起草人：

2. 起草过程：

2023年6月，中国营养学会法规标准委员会批准《食物蛋白质质量评价技术规范》等团体标准项目立项，标准起草小组正式启动团标工作，成立标准工作小组，系统检索不同中英文数据库中现有食物的蛋白质消化率数据和必需氨基酸消化率数据库；2023年10月13日标准起草小组核心成员通过线上会议，对标准拟制定内容进行了讨论；2023年12月20日召开标准起草小组全体成员会议，对部分技术要求内容进行了讨论，在此基础上，起草小组汇编完成了标准的草案和编制说明的征求意见稿。2024年4月11日召开标准进展会议，对标准草案进行了汇报，就该稿件提出了进一步修改意见，并开展征求企业意见。会上专家组和起草组人员，相关企业代表进行了充分沟通、探讨，并达成共识。会将修改后的文稿进行了专家意见征求。2024年6月21日将专家征求意见进行汇总。2024年6月28日标准起草小组核心成员通过线上会议，针对是否采纳专家征求意见进行了充分探讨。会后依据采纳的专家征求意见对标准草案进行了补充修改并形成报批稿。

二、与我国有关法律法规和其它标准的关系

与本标准相关的主要法律法规、规章、条例等主要包括《食品安全法》及其实施条例，以及《食品安全国家标准 婴儿配方食品》（GB 10765）、《食品安全国家标准 特殊医学用途配方食品通则》（GB 29922）等营养与特殊膳食用食品安全国家标准，和《食品安全国家标准 预包装特殊膳食用食品标签》（GB 13432）。本标准制定过程参考上述相关法律法规的要求进行，并与相关食品安全国家标准、行业标准

相协调一致。本标准主要规定了蛋白质的质量评价要求。《食品安全国家标准 婴儿配方食品》(GB 10765)、《食品安全国家标准 特殊医学用途配方食品通则》(GB 29922)等营养与特殊膳食用食品标准主要规定了蛋白质含量,以及部分产品标准规定了蛋白质的质量要求。具体如下:

《食品安全国家标准 婴儿配方食品》系列标准中规定了婴幼儿配方食品的蛋白质含量和质量,其中《婴儿配方食品》(GB 10765)蛋白质含量方面,规定乳基婴儿配方食品蛋白质含量应达到 0.43-0.72g/100kJ,豆基婴儿配方食品蛋白质含量应达到 0.53-0.72g/100kJ;蛋白质质量方面,规定乳基婴儿配方食品中乳清蛋白含量应>60%(可按原料添加量计算)。《食品安全国家标准 较大婴儿配方食品》(GB 10766)蛋白质含量方面,规定乳基婴儿配方食品蛋白质含量应达到 0.43-0.84g/100kJ,豆基婴儿配方食品蛋白质含量应达到 0.53-0.84g/100kJ;蛋白质质量方面,规定乳基婴儿配方食品中乳清蛋白含量应>40%(可按原料添加量计算)。《婴儿配方食品》和《较大婴儿配方食品》均规定可参考标准附录中必需与半必需氨基酸的含量添加 L 型单体氨基酸来改善婴儿配方食品的蛋白质质量或提高其营养价值,共规定了半胱氨酸、组氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、色氨酸、酪氨酸、缬氨酸等 11 种推荐的婴儿配方食品中必需与半必需氨基酸含量值,以及 17 种氨基酸的化合物可供选择。《食品安全国家标准 特殊医学用途婴儿配方食品》(GB 25596)关于蛋白质质量方面,无乳糖配方或低乳糖配方规定配方中蛋白质应由乳蛋白提供;乳蛋白部分水解配方规定乳蛋白经加工分解成小分子乳蛋白、肽段和氨基酸;以及乳蛋白深度水解配方或氨基酸配方规定了配方中不含食物蛋白;以及所使用的氨基酸来源要求。

《食品安全国家标准 特殊医学用途配方食品通则》(GB 29922)包括三个大类产品中蛋白质相关的技术要求:一是全营养配方食品方面,规定蛋白质含量,1~10 岁人群配方中所含蛋白质的含量应不低于 0.5g/100kJ (2g/100kcal),10 岁以上人群配方中所含蛋白质的含量应不低于 0.7g/100kJ (3g/100kcal),均规定优质蛋白质所占比例不少于 50%;二是特定全营养配方食品方面,除了每一类特定全营养配方食品(共 13 类)都规定了蛋白质含量要求外,标准问答中还规定了蛋白质质量要求,如“恶性肿瘤(恶病质状态)病人用全营养配方食品”中规定可选择添加营养素的要求,包括精氨酸、谷氨酰胺、亮氨酸等氨基酸;“炎性肠病病人用全营养配方食品”规定配方应使用易消化吸收的蛋白质来源,可以选用整蛋白、食物蛋白质水解物、肽类和/或氨基酸作为蛋白质的来源;“食物蛋白过敏病人用全营养配方食

品”规定此类食品的配方为食物蛋白深度水解配方或氨基酸配方，即采用一定的工艺将引起过敏反应的食物蛋白水解成短肽和游离氨基酸，或者直接采用单体氨基酸代替蛋白质。三是非全营养配方食品方面，部分组件产品对蛋白质的质量进行相应规定，如蛋白质（氨基酸）组件，规定由蛋白质和（或）氨基酸构成。蛋白质来源可选择一种或多种氨基酸、蛋白质水解物、肽类或优质的整蛋白。GB 29922 中还规定了 21 种氨基酸及其 35 种氨基酸的化合物可供选择调节氨基酸的组成。标准问答还对特殊医学用途配方食品中要求的“优质蛋白质”进行了解释，即优质蛋白质，也叫完全蛋白质，是指蛋白质中所含的必需氨基酸种类齐全、数量充足、比例适当，如动物来源的蛋白质（如乳类、蛋类、肉类等）和大豆蛋白等都属于优质蛋白质；

《食品安全国家标准 运动营养食品通则》(GB 24154)规定了“补充蛋白质类”产品中优质蛋白质所占比例应不低于 50%。并规定了“运动后恢复类”产品中建议添加谷氨酰胺、L-亮氨酸、L-异亮氨酸、L-缬氨酸等氨基酸种类及其含量的要求。

《食品安全国家标准 预包装特殊膳食用食品标签》(GB 13432)适用于预包装特殊膳食用食品的标签（含营养标签）的标示要求，包括蛋白质的含量和质量的标示要求，蛋白质的质量标示要求方面，如当相关产品由水解蛋白质或氨基酸提供时，“蛋白质”项可用“蛋白质”、“蛋白质（等同物）”或“氨基酸总量”任意一种方式来标示。

《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》(GB 5009.124)规定了食品中酸水解氨基酸的测定方法要求,包括天冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、脯氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、组氨酸、赖氨酸和精氨酸共 16 种氨基酸，为蛋白质的评价提供检验方法支持。

三、国外相关法律、法规和标准情况的说明

评价食物蛋白质营养价值主要从“量”和“质”两个方面。其中食物蛋白质含量是评价食物蛋白质质量的基础。食品法典委员会和韩国提出的食品蛋白质含量声称的标准类似，如果一种食品每 100 克提供的蛋白质 $\geq 10\%$ 的营养素参考值（NRV），或每 100 毫升提供 $\geq 5\%$ 的 NRV，或每 100 千卡提供 $\geq 5\%$ 的 NRV，则被视为“蛋白质来源”；声称“蛋白质高”或者“富含蛋白质”至少是“蛋白质来源”含量声称中蛋白质含量的两倍^[1,2]。食品法典委员会和韩国的蛋白质 NRV 分别为 50 克和 55 克。欧洲、澳大利亚和新西兰等国家法规和标准中也是根据蛋白质含量进行标示，如采用每份食品蛋白质含量、每份食品蛋白质所占能量比和/或每单位能量的蛋白质含量进行食

物蛋白质含量的声称^[3,4]。在欧洲，如果食品中蛋白质提供能量百分比达到或超过 12%和 20%，则分别声称该食品是“蛋白质来源”和“蛋白质高来源”（high source）。在澳大利亚和新西兰，每份食物中含 5 克及以上蛋白质则可声称“一般蛋白质”（general protein），而每份食物中含 10 克及以上蛋白质则声称该食物是“蛋白质良好来源”（good source）。

食物蛋白质“质”的评价方法包括非生物学和生物学评价法。生物学评价法主要评价指标有蛋白质消化率、生物价（BV）、蛋白质净利用率（NPU）、蛋白质功效比值（PER）、蛋白质消化率校正的氨基酸评分（PDCAAS）和可消化必需氨基酸评分（DIAAS）等。联合国粮食与农业组织（FAO）/世界卫生组织（WHO）先后在 1989 年和 2013 年提出了 PDCAAS 和 DIAAS 两种蛋白质质量评价指标^[5,6]。1993 年根据 FAO 和美国食品和药物管理局（FDA）的建议，食品行业中采用 PDCAAS 作为食品蛋白质质量评价的首选指标，该指标也得到了国际食品法典委员会的推荐。蛋白质含量的测定和声称法规在各个国家发展较为完善，部分国家蛋白质质量评价已被纳入监管，特别是在美国和加拿大。

其中 PER 最早是由美国官方分析化学师协会（AOAC）推荐的标准方法，1919 年后在国际上被广泛采用^[7]。PER 是用处于生长阶段中的幼年动物（一般用刚断奶的雄性大白鼠），在实验期内，其体重增加（g）和摄入蛋白质的量（g）的比值来反映蛋白质营养价值的指标。PER 的数值越高表明食物蛋白质的质量越好。加拿大根据食品中蛋白质 PER 的数值确定食品蛋白质等级（protein rating）^[8]。蛋白质等级是通过将相关食物的每日合理摄入量（Reasonable Daily Intake, RDI）中的蛋白质含量乘以 PER 值来确定。蛋白质等级 ≥ 20 的食物被认为是蛋白质的“良好来源”（good source），而蛋白质等级 ≥ 40 的食物被认为是蛋白质的“优质来源”（excellent source）。

采用 PER 评价蛋白质质量的优点是所测蛋白质主要用于提供生长发育的需要，所以该指标被广泛的用于婴幼儿食品中蛋白质质量的评价。在美国，PER 被用作婴幼儿食品中蛋白质质量评价的官方推荐方法^[9]。该方法的缺点：（1）PER 通过大鼠测得，忽视了大鼠与人体对含硫氨基酸的需求差异，大鼠对含硫氨基酸的需求远高于人类，因此容易低估以含硫氨基酸为限制性氨基酸的食物蛋白质质量（例如豆类、花生和大豆）。（2）大鼠需要饲养 28 天，在实验组大鼠摄入量低于对照时，PER 值会被低估。（3）PER 数值不能累加，目前加拿大已有 47 种食物的 PER 值，对于其他没有 PER 值的食物或者食物中含有多种不同原料来源的蛋白质，都需要单独开

展 PER 的测试^[8,10]。由于 PER 的局限性，加拿大有专家建议可采用 PDCAAS 推导校正后 PER 数值，即 $PER_{PDCAAS}=PDCAAS \times 2.5$ ，尽管这个公式没有被验证^[10]。

PDCAAS 是采用待测蛋白质的第一限制性氨基酸评分乘以待测蛋白质真消化率获得的，数值的上限为 1，PDCAAS 数值越大表明蛋白质质量越高^[5]。待测食物蛋白质真消化率是以大鼠为动物模型测定。这种方法可以取代 PER 对除了孕妇和婴儿以外所有人群的食物蛋白质进行评价。

在美国，PDCAAS 被用来评价食物的蛋白质质量，同时也用于制定 1 岁以上儿童食物的蛋白质含量声称^[9]。美国最常用的营养素参考值为 DV 值（Daily Value），等同于国内的 NRV 值。对于 ≥ 4 岁以上儿童到成人，美国的蛋白质含量声明是基于食品中校正后蛋白质含量除以 DV 值（50 克）的百分比。校正蛋白质含量等于某种食物按照其习惯消费参考量（RACC, reference amount customarily consumed）中蛋白质含量与该食物的 PDCAAS 的乘积。如果食品中校正后蛋白质含量占 DV 值的百分比（%DV） $\geq 10\%$ （5 克）和 $\geq 20\%$ （10 克），则分别认为是“良好”和“优质”的蛋白质来源。1 至 3 岁儿童的蛋白质每日 DV 值为 13 克。对于 1 岁以下婴儿的食品可采用 PER 进行蛋白质质量的评价和蛋白质声称。

2013 年 FAO 膳食蛋白质质量评估的专家咨询会认为蛋白质消化率和氨基酸消化率存在较大的差别，建议采用 DIAAS 替代 PDCAAS 来评价蛋白质质量^[6]。必需氨基酸消化率应来自人体回肠氨基酸真消化率，在人体资料不易获取的情况下，可采用以生长期的猪为研究对象获得的回肠氨基酸真消化率，其次采用生长期的大鼠为研究对象。

蛋白质的消化率主要在小肠完成，大肠由于肠道菌群的氮代谢影响粪便氮含量进而影响粪便蛋白质消化率测定，因此采用回肠氨基酸真消化率能更真实地反映蛋白质消化率；此外与 PDCAAS 相比，单一蛋白质来源的食物蛋白质 DIAAS 数值未被截断，可以超过 100，能够区分高质量蛋白质^[6]。2013 年 FAO 提出根据 DIAAS 值可将蛋白质划分为不同等级，DIAAS ≥ 100 为优质蛋白质，DIAAS 在 75~99 之间为高质量蛋白质，DIAAS < 75 为低质量蛋白质^[6]。蛋白质质量声称中 DIAAS 的阈值为 75。虽然目前 DIAAS 的数据较少，但鉴于 DIAAS 比 PDCAAS 的准确性更高，对疾病状态下人群以及运动员等制定有针对性的饮食时，DIAAS 可作为蛋白质质量评价标准。在 2016 年食品法典委员会的一份报告（即食食疗食品的指南草案：CX/NF SDU 16/38/9）中指出可采用 PDCAAS/DIAAS 评估其即食治疗性食品蛋白质质量^[11]。

随着 DIAAS 数据库的建立和完善，DIAAS 将逐渐取代 PDCAAS 和 PER 作为各国法规以及国际标准中首选的蛋白质质量评价方法，但目前仍缺少足够的数据支持。因此，在考虑推广使用 DIAAS 进行食物蛋白质质量评价并纳入监管和政策框架之前，需要进行全面的评估。

目前加拿大和美国是采用基于蛋白质质量评价的蛋白质含量声明。在欧洲、澳大利亚和新西兰以及韩国的监管框架中，每份特定食物中蛋白质的绝对含量被用于蛋白质含量声明。但目前，欧盟正在积极推动蛋白质质量的评估及标示法规，部分企业已先行推出内部工具进行产品的评估和消费者教育。

食物蛋白质质量的评价对司法监管框架和公共卫生有着广泛的影响。从食品工业的角度来看，在加拿大和美国，食物的蛋白质来源依赖于对蛋白质数量和质量的评价。由于监管框架的发展涉及到营养科学领域的进展，因此，在采用 PDCAAS 或 DIAAS 作为支持蛋白质质量声明的框架之前，审慎的做法是对更新的食物相关法规和政策进行评估，以预测可能的投入回报。尽管困难重重，为了更好地辨别蛋白质的优劣，指导公众健康饮食，促进新型蛋白质资源的开发和地球可持续发展，有必要对蛋白质质量评价方法进行优化，从而获得一个方便可靠、国际认可并且能够全球适用的评价方法。

四、标准的制修订与起草原则

- 1 参考国际相关标准，结合国内情况，确定本标准；
- 2 根据我国根据我国食品企业对蛋白质产品中蛋白质质量评价的需求，制定本标准；
- 3 提高标准适用性。

五、确定各项技术内容（如技术指标、参数、公式、实验方法、检验规则等）的依据

（一）2023 年和 2024 年本标准的制定工作

2023 年成立该团体标准制定的工作组，讨论形成标准草案和编制说明征求意见稿；2024 年工作组、专家组及相关企业代表就草案和征求意见稿充分沟通、探讨，并在广泛征求专家意见后，依据采纳的专家征求意见对标准草案进行补充修改形成报批稿。

（1）确定术语

(2) 制定 PDCAAS 评价方法包括:

第一种: 单一蛋白质来源食物;

第二种: 混合蛋白质来源食物。

(3) 制定 DIAAS 评价方法包括:

第一种: 单一蛋白质来源食物;

第二种: 混合蛋白质来源食物。

(4) 附录: 为更好地理解单一蛋白质来源和混合蛋白质来源食物 PDCAAS 和 DIAAS 的计算, 以附录形式列举两种评分的计算举例。

(二) 主要制定内容及依据

1. 术语

1.1 蛋白质 (protein)

以氨基酸为基本单位, 通过肽键连接起来的一类含氮大分子有机化合物, 是人体必需的一类宏量营养素。

[参考公共卫生与预防医学营养学科名词]

1.2 氨基酸 (amino acid)

同时含有一个或多个氨基和羧基的有机化合物。组成蛋白质的基本结构单位。

[参考公共卫生与预防医学营养学科名词]

1.3 必需氨基酸 (essential amino acid, EAA)

人体内不能合成或合成速度不能满足机体需要, 必须从食物中直接获得的氨基酸。人体的 9 种必需氨基酸包括赖氨酸、色氨酸、苯丙氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、缬氨酸和组氨酸。

[参考公共卫生与预防医学营养学科名词]

1.4 食物蛋白质质量 (food protein quality)

食物蛋白质被消化吸收后, 满足人体对必需氨基酸生理需要量的程度。

1.5 蛋白质消化率 (protein digestibility)

在消化道内被吸收的蛋白质占摄入蛋白质的百分比。是反映食物蛋白质在消化道内被分解和吸收程度的一项指标。包括蛋白质真消化率和蛋白质表观消化率。

[参考《2023 版中国居民膳食营养素参考摄入量》、术语在线-食品科学技术名词]

1.6 蛋白质真消化率 (true protein digestibility)

在考虑粪代谢氮时，消化道内被吸收的蛋白质占摄入蛋白质的百分比。计算公式如下：

$$\text{蛋白质真消化率 (\%)} = \frac{\text{摄入氮} - (\text{粪氮} - \text{粪代谢氮})}{\text{摄入氮}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

摄入氮——食物中的氮含量；

粪氮——粪便中的氮含量；

粪代谢氮——完全不摄入蛋白质时，粪中的含氮量。

[参考术语在线-食品科学技术名词]

1.7 氨基酸评分 (amino acid score, AAS)

将被测食物蛋白质的必需氨基酸组成与理想的氨基酸评分模式进行比较，计算每种必需氨基酸的分值。以最低值作为被测食物蛋白质的 AAS 值。计算公式如下：

$$\text{AAS} = \frac{\text{每克被测食物蛋白质中某种必需氨基酸含量 (mg)}}{\text{理想的氨基酸评分模式中每克蛋白质中该必需氨基酸含量 (mg)}} \quad (2)$$

[参考第 8 版《营养与食品卫生学》]

1.8 蛋白质消化率校正的氨基酸评分 (protein digestibility corrected amino acid score, PDCAAS)

食物蛋白质的氨基酸评分 (AAS) 与其蛋白质真消化率的乘积。计算公式如下：

$$\text{PDCAAS} = \text{AAS} \times \text{蛋白质真消化率 (\%)} \quad (3)$$

[参考术语在线-食品科学技术名词]

1.9 回肠氨基酸真消化率 (true ileal amino acid digestibility)

在考虑肠道内源性氨基酸时,回肠末端被消化吸收的氨基酸占摄入氨基酸的百分比。计算公式如下:

$$\text{回肠氨基酸真消化率 (\%)} = \frac{\text{摄入氨基酸} - (\text{回肠氨基酸排泄量} - \text{肠道内源性氨基酸})}{\text{摄入氨基酸}} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

摄入氨基酸——食物中的氨基酸含量;

回肠氨基酸排泄量——回肠末端食糜的氨基酸含量;

肠道内源性氨基酸——完全不摄入蛋白质时,回肠末端食糜的氨基酸含量。

[参考蛋白质真消化率定义]。

1.10 可消化必需氨基酸评分 (digestible indispensable amino acid score, DIAAS)

每克被测食物蛋白质中可消化的必需氨基酸含量与理想的氨基酸评分模式进行比较,计算每种必需氨基酸的分值。以最低值作为被测食物蛋白质的 DIAAS 值。计算公式如下:

$$\text{DIAAS} = \frac{\text{每克被测食物蛋白质中某种可消化的必需氨基酸含量 (mg)}}{\text{理想的氨基酸评分模式中每克蛋白质中该必需氨基酸含量 (mg)}} \times 100 \quad (5)$$

式中:

可消化的必需氨基酸含量——被测食物中必需氨基酸含量与其回肠氨基酸真消化率的乘积。

[参考《中国营养科学全书(第2版)》]

2. 构建数据库

2.1 构建食物蛋白质真消化率数据库

食物蛋白质真消化率是蛋白质 PDCAAS 评价的基础。由于蛋白质在食物中存在形式、结构各不相同,食物中含有不利于蛋白质吸收的其他因素的影响等,不同的食物,同一种食物的不同加工方式,其蛋白质真消化率都有差异,如动物性食物中蛋白质真消化率一般高于植物性食物。现根据需求查阅现有数据库和文献检索,已建立 597 条食物(包括同一种食物,不同的加工方式)的蛋白质真消化率数据库。

Genesis R&D Food Manual 数据库共记录了 223 条食物（包括同一种食物，不同的加工方式）蛋白质消化率数据；

检索数据库：Pubmed、Web Of Science、Embase、中国知网、万方和中国生物医学文献数据库，检索时间从建库至 2023 年 12 月 3 日。

| 数据库 | 筛选文献（篇） | 提取食物蛋白质消化率数据（条） | 检索式 |
|----------------|---------|-----------------|--|
| Pubmed | 38 | 60 | 504 篇：(food[Title/Abstract]) AND ("protein digestibility"[Title/Abstract]) |
| | | | 113 篇：((food protein[Title/Abstract]) OR (dietary protein[Title/Abstract])) AND ("protein digestibility"[Title/Abstract]) |
| Web Of Science | 20 | 53 | 652 篇：((AB=("food protein")) OR AB=("food")) AND AB=("protein digestibility") |
| 中国知网 | 15 | 21 | 271 篇：(主题="protein digestibility") AND (主题=food protein) OR (主题=dietary peotein) |
| 中国生物医学文献&万方 | 19 | 59 | 关键词:蛋白质消化率(中国生物医学文献数据库 5 篇, 万方限定核心期刊共 257 篇) |
| Embase | 58 | 181 | 797 篇: Find articles with these terms: protein digestibility and quality Title, abstract or author-specified keywords: "protein digestibility" |
| 汇总 | 150 | 374 | —— |

2.2 构建食物蛋白质中回肠氨基酸真消化率数据库

蛋白质的回肠氨基酸真消化率是蛋白质 DIAAS 评价的基础。由于消化道和外分泌腺分泌大量氨基酸和其他含氮化合物进入肠腔并且只有部分物质被消化和吸收，回肠食糜中的非日粮成分校正表现消化率系数至真消化率系数，能更准确的描述饮食中的蛋白质消化率。氨基酸消化率应来自人体回肠氨基酸真消化率，在人体资料不易获得的情况下，可采取以生长期的猪为模型动物获得的回肠氨基酸真消化率，其次采用生长期大鼠为模型动物。现根据需求查阅现有数据库和文献检索，已建立 239 种食物的回肠氨基酸真消化率数据库，检索时间从建库至

2024年3月7日。

检索数据库：Pubmed、Web Of Science、Embase、中国知网、万方和中国生物医学文献数据库。

3. 一般技术要求

3.1 蛋白质含量的测定：

原则上采用国家标准，无国家标准可参考行业标准或权威方法。例如，蛋白质和氮含量的测定可采用《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》（GB 5009.5-2016）。

3.2 氨基酸含量的测定：

原则上采用国家标准，无国家标准可参考行业标准或权威方法。例如，食品中氨基酸的测定采用《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》（GB 5009.124-2016），该标准适用于食物中酸水解氨基酸的测定,包括天冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、脯氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、组氨酸、赖氨酸和精氨酸共16种氨基酸；食品中色氨酸的测定采用《食品安全国家标准 食品中色氨酸的测定》（GB 5009.294-2023）；食品中半胱氨酸和蛋氨酸的测定采用《团体标准 食品中含硫氨基酸的测定》（T/GDAQ 00006-2022）。

4. 制定 PDCAAS 评价方法

4.1 PDCAAS 评价指标的背景：

自1981年起，FAO和WHO等普遍认为蛋白质功效比值（PER）应当被更精确和恰当的方法替代，虽然相对净蛋白比率法（relative net protein ratio method, RNPR）也被认为是对PER的改进，但一个基于食物蛋白质含量与人体所需氨基酸之间比值的评分系统被认为是最适合评价蛋白质质量的方法^[5]。

在1982~1989年期间，植物蛋白法典委员会（Codex Committee on Vegetable Proteins, CCVP）成立了旨在确定最有前景的食品蛋白质质量评价方法的研究工作组，进行了大量的工作，分析过去用PER及未校正的AAS评价蛋白质品质质量存在问题。1985年，FAO/WHO/UNU确定了人体膳食必需氨基酸的需求值，报告了婴儿、学龄前儿童、学龄儿童和成年人的氨基酸评分模式，并提议将成人蛋白质摄入的安全水平提高，因此分母变大后求得的模式值（每克蛋白质中的

IAA 需求量) 远比 1973 年要低^[5]; 并且由于拟议的蛋白质质量评价方法具有超出 CCVP 特定范围的广泛影响, CCVP 认识到应当在科学界扩大研究力量, 来解决氨基酸定量、蛋白质消化率和氨基酸生物利用率测量以及在人体中的相关性等问题^[5]。1989 年, 在 CCVP 第五届会议上, 讨论了有关 17 种蛋白质产品的氨基酸图谱、蛋白质和氨基酸消化率(通过体外和大鼠模型)、氨基酸可用性(通过化学方法和大鼠、大肠杆菌和产酶链球菌生长方法), 以及在快速生长的断奶大鼠中测得的 PER、净蛋白质比率(NPR)、相对净蛋白比率(RNPR)、净蛋白质利用率(NPU)和生物价值(BV); 考虑到过往几年的研究成果, 提出可以通过比较蛋白质的氨基酸组成与人类氨基酸需求来评价蛋白质质量(即使用大鼠平衡法测定的蛋白质真消化率(TD), 对 AAS 进行校正), 这种蛋白质消化率校正的氨基酸评分(PDCAAS)被认为是衡量食品蛋白质质量的最合适方法^[12]。在 CCVP 的建议下, FAO/WHO 在 1989 年末组织专家协商会议, 审查 PDCAAS 方法在评估人类营养中蛋白质质量方面的实用性, 并在 1991 年通过和正式公布 PDCAAS 方法^[5]。考虑到不同国家膳食结构及蛋白质质量的差异, WHO/FAO/UNU 建议采用 PDCAAS 评估不同国家膳食蛋白质质量, 并提出在计算 PDCAAS 时, AAS 的评分参考模式应采用不同年龄人群必需氨基酸的平均需要量^[5]。1993 年, 美国食品与药品管理局、联合国粮农组织及世界卫生组织开始将 PDCAAS 作为首选的蛋白质质量评价标准, 该指标也得到了国际食品法典委员会的推荐。

PDCAAS 的优点在于其简单、科学合理, 可以用于常规食物蛋白质质量的评价, 并提供补充蛋白质和蛋白质互补可能性的信息, 应用于营养标签以便于用户计算混合食物的记分, 还能指导蛋白质的工业生产, 改进蛋白质的生产工艺与方法, 促进高质量蛋白的生产^[5]。

PDCAAS 方法的提出相比之前的方法有很大的突破。PDCAAS 不再直接以标准蛋白(鸡蛋蛋白、酪蛋白)作为参考, 而是重视人体真正的氨基酸需求, 并分为了不同的评分模式。相较于 AAS 考虑了蛋白质在人体的代谢情况, 并通过蛋白质真消化率对 AAS 进行了校正^[5]。另外, PDCAAS 在测定过程中使用标准化的氨基酸分析方法减少了实验室之间的差异, 规定氮-蛋白质的转换因子为 6.25, 不采用其他转换因子, 补充了不同食品的氨基酸分析结果, 建议制定可靠的国家食品氨基酸组成表以供参考等, 这在很大程度上促进了蛋白质质量评价方法的发展^[5]。

但 PDCAAS 在使用过程中存在如下局限性 (1) PDCAAS 是基于蛋白质真消化率而不是个体回肠氨基酸真消化率, 因此不能反映个体氨基酸的消化率和可消化氨基酸含量; (2) 由于大肠微生物对蛋白质的合成作用, 会在某种程度上高估蛋白质真消化率, 因此 PDCAAS 值会被高估; (3) PDCAAS 最大值是 1, 因此不能区分一些高质量的蛋白质; (4) 由于大鼠维持和生长方面对氨基酸的需求模式都与人不同, 用大鼠模型测定蛋白质真消化率存在弊端^[5]。

尽管 PDCAAS 法存在着一些不足之处, 但 PDCAAS 法量化了必需氨基酸供应符合人体需求的情况, 可行性高, 不仅考虑到氨基酸的组成和含量, 还考虑到蛋白质的消化率, 从被提出直到现在的三十多年里都是应用最广的蛋白质质量评价方法。

4.2 氨基酸评分模式

要评价一种食物蛋白质量的优劣, 除了测定其中的氨基酸组分外, 各种氨基酸的比例尤其是必需氨基酸的比例十分重要。这就需要有一个标准的氨基酸的含量或比例来做为参考, 这就是氨基酸评分模式 (amino acid scoring pattern)。

氨基酸评分模式的发展经历了很长一段时间。1946 年 Block 和 Mitchell 首先建议将鸡蛋中的氨基酸组成作为标准, 用来评价蛋白质的质量。FAO 于 1957 年首次采用, 并在 1965 年进行了修改。但是由于鸡蛋中必需氨基酸含量相对较高, 导致许多食物的氨基酸评分值偏低。1973 年 FAO/WHO 联合专家委员会在 1965 年的基础上结合氮平衡实验、同位素测定等技术, 并考虑其它一系列因素, 提出了以人体氨基酸需要量为基础的氨基酸评分模式。尽管 1974 年和 1980 年美国 NAS-NRC 也声明其公布的标准基于人类的氨基酸需要量, 但实际上这一模式来源于鸡蛋和牛奶蛋白质。

FAO/WHO 联合专家委员会在 1973 年建议的氨基酸评分模式被各个国家广泛采用, 但随着应用的增加和方法的进展, 也显示了其部分局限性, 由于该模式是各个不同的年龄组用同一个模式, 而没有考虑到学龄儿童对必需氨基酸的需要量要高于成年人这一事实, 结果是低估了一些食物的蛋白质质量。1985 年 FAO/WHO/UNU 专家组报告了不同年龄组的不同氨基酸评分模式, 并分别建议了婴儿、学龄前儿童、学龄儿童和成人的氨基酸模式 (表 1), 这提示了一种食物的蛋白质质量可因消费者的年龄段不同而不同。

表 1 人体氨基酸评分模式 (mg/g 蛋白) (1985 年)

| 必需氨基酸 | 婴幼儿均值（范围） ^a | 2~5岁学龄前儿童 ^b | 10~12岁学龄儿童 ^b | 成人 ^b |
|----------|------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------|
| 组氨酸 | 26(18~36) | 19 | 19 | 16 |
| 异亮氨酸 | 46(41~53) | 28 | 28 | 13 |
| 亮氨酸 | 93(83~107) | 66 | 44 | 19 |
| 赖氨酸 | 66(53~76) | 58 | 44 | 16 |
| 蛋氨酸+胱氨酸 | 42(29~60) | 25 | 22 | 17 |
| 苯丙氨酸+酪氨酸 | 72(68~118) | 63 | 22 | 19 |
| 苏氨酸 | 43(40~45) | 34 | 28 | 9 |
| 色氨酸 | 17(16~17) | 11 | 9 | 5 |
| 缬氨酸 | 55(44~77) | 35 | 25 | 13 |
| 总和 | | | | |
| 包括组氨酸 | 460(408~588) | 339 | 241 | 127 |
| 不包括组氨酸 | 434(390~552) | 320 | 222 | 111 |

a. 人乳中的氨基酸组成；

b. 氨基酸需要量/kg体重是根据参考蛋白质安全摄入量/kg体重而来，2~5岁儿童蛋白质安全摄入量为1.10g/kg体重，10~12岁儿童为0.99g/kg体重，成人0.75g/kg体重。

来源：Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. Energy and protein requirements. World Health Organ Tech Rep Ser. 1985(724): 1-206.

由上表可以看出，由于使用人群的不一样，同一种食物的氨基酸评分因食用者年龄组的不同，可以有不同的评分，专家组认为学龄前儿童的评分模式可以运用于除婴儿之外的所有年龄组，但有可能低估蛋白质质量从而高估蛋白质需要量。

2007年WHO/FAO/UNU专家委员会修订了不同年龄组的氨基酸评分模式，该评分模式是根据各年龄组氨基酸需要量与蛋白质需要量的比值得出，但2007年的报告中数据有误，2013年FAO报告进行了更正，详见表2。

表2 PDCAAS评分中理想的氨基酸评分模式（mg/g蛋白质）^[6]

| 必需氨基酸 | 0.5岁 | 1~2岁 | 3~10岁 | 11~14岁 | 15~18岁 | >18岁 |
|-------|------|------|-------|--------|--------|------|
| 组氨酸 | 20 | 18 | 16 | 16 | 16 | 15 |
| 异亮氨酸 | 32 | 31 | 30 | 30 | 30 | 30 |

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/225031314143011310>