

基于心理物理学的食品硬度参比样建立研究

赵 镭, 解 楠, 汪厚银, 支瑞聪, 史波林

(中国标准化研究院食品与农业标准化研究所, 北京 102200)

摘 要: 硬度是食品重要的质地特性, 参比样是统一对感官特性及其强度认识和评价的基础。目前国际以及我国国家标准中质地特性参比样的建立主要基于西方饮食习惯, 不少产品在国内难以获得且不为人们所熟悉, 因此建立适合我国国情的食品质地特性参比样十分必要。本研究以构建食品硬度参比样为例, 建立统计分析与质地剖面分析(texture profile analysis, TPA)相结合的参比样快速筛选方法, 通过对样品硬度仪器测量值的聚类分析、主成分分析和方差分析, 对符合参比样原则要求(如典型性、代表性、稳定性等)的样品进行筛选, 同时选用10人定量描述分析小组, 采用15 cm线性标度对筛选出的样品进行感官评价。最终从16类100多种硬度备选参比样中确定出9个硬度参比样, 分别是白玉北豆腐、蜡笔小新果味果冻、金锣鱼肉火腿肠、恒慧鸡蛋干、北京一鸣马蹄罐头、惠宜香脆花生、中粮大杏仁、瑞士糖和北京二商单晶冰糖, 其硬度的感官标度值分别为: 1.0、2.4、4.3、5.6、7.4、9.8、10.8、12.2、14.0。硬度的感官标度值的自然对数与仪器测量值的自然对数之间存在线性关系: $y = 0.46x - 2.424$ ($R^2 = 0.977$), 符合心理物理学定律。食品硬度参比样的建立不仅为我国食品硬度感官评价提供了一把统一的“尺子”, 也为其他感官特性参比样的建立提供了研究思路和技术方法。

关键词: 硬度; 质地; 参比样; 感官分析; 心理物理学

Establishment of Food Hardness References Based on Psychophysical Law

ZHAO Lei, XIE Nan, WANG Houyin, ZHI Ruicong, SHI Bolin

(Food and Agriculture Standardization Institute, China National Institute of Standardization, Beijing 102200, China)

Abstract: Hardness is one of the most important food texture attributes. Reference sample for sensory evaluation is the foundation for understanding the specific sensory attribute and evaluating its intensity. At present, the reference samples for food texture sensory evaluation in international standard and Chinese standard are mainly based on the Western diet. Most of them are difficult to obtain and also unfamiliar to Chinese. Therefore, it is necessary to establish Chinese reference samples for food texture to satisfy Chinese conditions. A rapid method for screening reference sample was developed in this paper through a case study of establishing hardness references. The method is based on statistical analysis of the sample hardness data from texture analyzer (TPA) testing. Cluster analysis, principal component analysis and analysis of variance were used to choose the samples which meet the general requirements for sensory attribute references, such as typical, representative and stable requirements. A descriptive analysis panel consisting of 10 assessors was selected to evaluate the sensory intensity of harness by using 15 cm linear scale. Totally 9 reference samples for food hardness intensity were finally selected out of 16 categories consisting of more than 100 food products including Baiyu tofu, Labixiaoxin jelly, Jinluo sausage, Henghui egg curd, Beijing Yiming canned chufa, Huiyi crisp peanut, almond produced by China Oil and Foodstuffs Corporation (COFCO), Sugus, and crystal sugar from Ershang Group with hardness intensity of 1.0, 2.4, 4.3, 5.6, 7.4, 9.8, 10.8, 12.2 and 14.0, respectively. Moreover, there existed a linear relationship between the natural logarithm of sensory intensity value and physical hardness data from TPA testing ($y = 0.46x - 2.424$, $R^2 = 0.977$), which was consistent with the psychophysical power law. The established hardness reference samples not only provide a unified “ruler” for sensory evaluation of food hardness in China, but also provide a guide to establish reference samples for other sensory attributes.

Key words: hardness; texture; reference sample; sensory analysis; psychophysical law

中图分类号: TS207.7

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2015)21-0041-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201521009

收稿日期: 2015-01-08

基金项目: 中国标准化研究院院长基金项目(562014Y-3348; 562013Y-3079); 质检公益性行业科研专项(201110211)

作者简介: 赵镭(1968—), 女, 副研究员, 博士, 研究方向为感官分析技术与标准化。E-mail: zhaolei@cnis.gov.cn

食品质地属性是来源于食品结构的一组物理特性,这些特性主要通过触觉来感知,与食品的变形、分解和在力作用下的流动有关,可以由质量、时间和距离的作用来客观地衡量^[1]。为了对食品质地特性进行半定量分析,1962年,著名的感官分析专家Szczeniak教授^[2]分别确定了硬性、黏性、碎裂性、咀嚼性、胶黏性和黏附性等食品质地特性参比样。之后,哥伦比亚、阿根廷等国家根据本国国情,选用了一些本土食品对该参比样进行了不同程度的替换调整^[3-5]。1993年,沈月新等^[6]也选用当时中国国内市场的食品产品较为系统地建立了一套我国的食品质地参比样。1994年,国际标准化组织农产食品技术委员会感官分析技术分委员会(ISO/TC 34/SC 12)颁布了ISO 11036:1994《感官分析 方法学 质地剖面检验》^[7]国际标准。该标准主要基于Szczeniak提出的质地参比样,给出了9点硬度标度、8点黏聚性标度、8点黏度标度、5点弹性标度、7点碎裂性标度、7点咀嚼性标度、5点胶黏性标度和5点黏附性标度参比样品。1997年,我国对该标准进行了等同采用,颁布了GB/T 16860—1997《感官分析方法 质地剖面检验》^[8],引进了国际标准中的食品质地参比样。分析上述参比样,不难发现,国外质地特性的参比样主要是基于西方人的感觉和日常饮食习惯,建立的实物参比基本上是国外食品,不仅在国内市场难以找到,而且即便找到,由于不常食用,国人对其也不熟悉。而国内于1993年建立的参比样虽然选材来自于本土食品,但所选取的食品区域局限性较强,不够普遍。此外,随着我国食品工业的发展、国人消费习惯的改变、食品企业自身的变化,许多产品已经停产,不少品牌已退出市场。因此,从中国人的饮食习惯、国内市场食品产品现状,以及中西方生理、语言、文化等众多方面的差异出发,重新研究建立我国食品质地特性参比样体系十分必要。

心理物理学定律表明,心理量(即响应response)和物理量(即刺激stimuli)存在着一定的联系。在中等刺激强度的变化范围内,随着刺激强度以几何级数增加时,刺激引起的心理量则以算术级数增加;在强刺激条件下,刺激量与心理量之间则是幂函数关系^[9]。

本实验基于心理物理学定律,以硬度特性为代表,系统研究食品质地特性参比样的筛选方法、参比特性仪器测量与感官评价之间的相关性等内容,旨在建立针对我国主要食品产品类型和人们消费习惯,同时又符合心理物理学定律的硬度特性食品参比样,对我国系统建立感官特性参比样体系,提高感官评价的规范化和科学化具有重要的研究和实践意义。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

材料详见2.1节表1中的样品,均购自当地超市。

TA-XT Plus物性分析仪 英国Stable Micro System公司。

1.2 方法

1.2.1 样品的选择

依据国家标准GB/T 29604—2013《感官分析 建立感官特性参比样的一般导则》^[10]提出的普遍性、代表性、稳定性、统一性、可替代性、溯源性等参比样应满足的基本要求,选择了凝胶状、组织状、多孔状等不同组织状态的16类、100余种食品。

1.2.2 测试/评价样品的制备

对于可切分的样品,统一将样品制成1 cm×1 cm×1 cm(长×宽×高)的正方体。对于不可切分的样品,选用其最小食用单位,如半粒花生、一粒杏仁或一块冰糖等。样品均在室温环境下进行制备,温度20~25℃、相对湿度50%~60%,每个样品制备时间控制在15 min内,制好的样品放在密封容器中待测。

1.2.3 样品硬度的仪器测量

测定模式与类型:质地剖面分析(texture profile analysis, TPA);测前速率:1.0 mm/s;测试速率:1.0 mm/s;测后速率:1.0 mm/s;压缩比:70%;两次压缩间隔:5.0 s;负载类型:Auto-5 g;探头:P/50;采样率:200 pps。测试平均次数:10次。测定环境温度20~25℃、相对湿度50%~60%,每个样品测定时间控制在30 min内。

TPA测量模式是通过将样品进行两次压缩来模拟人的口腔咀嚼运动,通过软件处理输出质构测试曲线。以探头感受到的力与探头的行进时间构成其特征曲线,样品的物理硬度即为特征曲线上第一次压缩样品时出现的最大峰值^[11-12]。

1.2.4 样品硬度的感官评价

依据GB/T 16291.1—2012《感官分析 选拔、培训与管理评价员一般导则 第1部分:优选评价员》^[13],通过招募、选拔、培训、考核建立一支由10位评价员组成的质地描述性分析小组。感官评价过程在符合标准的感官分析实验室内进行^[14],评价环境温度20~25℃、相对湿度50%~60%,每轮感官评价时间控制在3 h内,使用标准方法^[15-16]对样品的硬度进行评价。

1.2.5 硬度感官标度值与仪器测量值之间的相关性分析

心理物理学研究表明感觉响应强度的自然对数值与物理刺激强度的自然对数值呈线性关系^[9]:

$$S = kI^n \quad (1)$$

式中： S 为感觉响应强度（本研究中即为感官标度值）； k 为常数； I 为物理刺激强度（本研究中即为仪器测量值）。

将式（1）转换为自然对数关系式：

$$\ln S = \ln k + n \ln I \quad (2)$$

以仪器测量值（物理量，物理刺激强度）的自然对数为自变量，感官标度值（感觉量，感觉响应强度）的自然对数为因变量作图，可以分析二者相关性。

1.3 数据统计分析

采用SPSS 16.0软件对仪器测量的结果进行方差分析（analysis of variance, ANOVA）、聚类分析、主成分分析等统计分析。

2 结果与分析

2.1 样品硬度的质构仪测定结果与参比样初筛

表 1 样品硬度的质构仪测定结果与聚类分析		
Table 1 TPA results of hardness and cluster analysis		
聚类类别	硬度仪器测量值范围/g	样品
1	34.71~1 133.05	君乐宝酪爵庄园欧式酸奶酪、伊利帕瑞缇欧式酸奶凝酪、蒙牛锦芝特涂抹奶酪、曼可顿黄金面包、宾堡经典原味切片、曼可顿经典白面包、白玉北豆腐、白玉韧豆腐、达利园蛋糕蛋奶香味、致中和龟苓膏、徐福记布酪果冻葡萄味、马大姐果C派对（果冻）、曼可顿阳光蛋糕、伊利奶酪、康师傅妙美、乐芝士粒酪香原味、北京一鸣酸黄瓜罐头、御食园豌豆黄（桂圆味）
2	1 556.72~3 031.62	盼盼迷你小面包、蜡笔小新果味果冻、福君山山楂糕、快乐农心鲜虾条、丹夫华夫饼原味、御食园山楂糕、稻香村桃酥、马氏吐司蛋糕片、上好佳鲜虾条、北京一鸣清水山药罐头、哈尔滨红肠、吉利素饼
3	3 322.41~4 959.40	王中王火腿肠、旺仔小馒头、雨润铁蛋蛋（蛋清）、徐福记麦巧威化、双汇三文治香肠、双汇维也纳风味香肠、上好佳棉花糖（橙子味）、双汇鸡肉肠、百味林清脆梅、立洲猫味棉花糖、金府王阳光大地米糕、金锣鱼肉火腿肠
4	5 727.13~7 344.43	恒慧鸡蛋干、禾野泡椒笋尖、优之品提棉棉花糖、御食园甘栗仁、金锣台式小烤肠、徐福记黑芝麻酥心糖、熊博士橡皮糖（综合果味）
5	7 659.92~13 488.62	富春龙野山笋、双汇鱼肉火腿肠、悠伴酸杏脯、广合软曲、美客多糖水梨球罐头、旺仔QQ糖、熊博士橡皮糖（橘子味）、百果林青豌豆、米老头蛋黄煎饼、米多其烤馍片、旺旺仙贝、果园老农葡萄干、马大姐玉米味软糖、惠宜红葡萄干、卤家庄铁板鱿鱼（山椒味）、香香嘴豆干、金广源绿豆糕、北京一鸣马蹄罐头
6	16 744.25~29 641.60	焦糖（caramel）、福娃糙米卷（蛋黄味）、徐福记瓦格薄酥、果园老农口水花生、惠宜香脆花生、烤面包片、雅客橡皮糖、果园老农美国大榛子、枫林盐焗花生仁、马大姐金条巧克力、好丽友薯愿香烤原味、马大姐苹果味软糖、fruit chew、爱特蓝莓酸奶软糖、母亲牌牛肉棒原味、徐福记圆饼巧克力
7	38 235.96~50 411.48	迷你趣多多、徐福记小丸煎饼、阿尔卑斯夹心太妃糖、中粮大杏仁、果园老农美国大杏仁
8	55 737.14~58 038.88	瑞士糖、姜汁脆饼、大白兔奶糖
9	70 000以上	北京二商单晶冰糖

依据随机取样原则，用质构仪对每种样品的硬度进行了10次平行测定，采用K-均值聚类方法，对备选样品的硬度仪器测量值进行快速聚类。参照ISO参比样的分类情况，将聚类类别数设定为9，收敛标准为0。统计量包括初始聚类中心、方差分析表以及每个样品的聚类信息。聚类结果中，有两类仅包含一个样品，所属类别的代表性欠佳。因此将样品进行调整，调整后聚类类别数为7类。通过聚类结果可知，第1类和第2类中包含的样品状态种类繁多，可再次聚类以细化参比样类别。对初始

类别1（硬度仪器测量值范围：34.71~3 031.62 g）和初始类别2（硬度仪器测量值范围：3 322.41~7 344.43 g）分别进行两种类别聚类，得到备选参比样品的9类聚类结果（表1）。

对9组硬度特性在不同强度范围的备选参比样品分别进行主成分分析，其中由于类别9中只包含一种样品（北京二商单晶冰糖），因此分别对前8类进行分析。以类别1的样品为例，作主成分分析示意图（图1），图中越靠近硬度特性虚线向量的样品，表明其硬度特性的代表性越明显。据此可筛选出硬度特性主成分较大的样品（表2），共计13种。

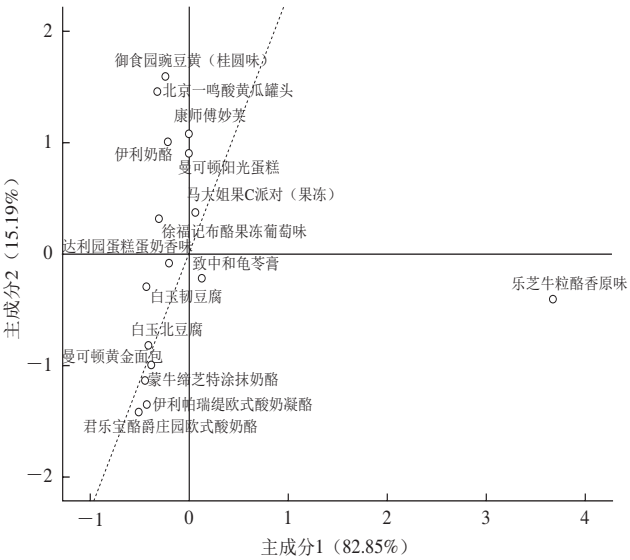


图 1 样品主成分分析示意图
Fig.1 Principal component analysis of samples

表 2 备选样品硬度的仪器测量值及RSD值 (n=10)			
Table 2 Average value and RSD of TPA hardness strength (n = 10)			
样品	硬度仪器测量均值/g	标准偏差	RSD/%
白玉北豆腐	238.20	39.52	16.60
曼可顿黄金面包	185.72	33.10	17.80
蒙牛蒂芝特涂抹奶酪	130.56	59.36	45.50
蜡笔小新果味果冻	1 609.70	231.99	14.40
金锣鱼肉火腿肠	4 951.46	235.46	4.80
恒慧鸡蛋干	4 959.40	907.70	18.30
北京一鸣马蹄罐头	10 729.30	1 404.60	13.10
惠宜香脆花生	21 388.51	3 494.00	16.40
果园老农口水花生	20 949.26	5 407.91	25.80
果园老农美国大榛子	22 951.46	4 521.05	19.70
徐福记小丸煎饼	38 431.10	8 130.94	21.20
中粮大杏仁	44 488.53	12 844.48	18.20
瑞士糖	55 737.14	7 905.54	14.20

对13种硬度特性主成分较大的样品进一步进行稳定性考察。采用相对标准偏差（relative standard deviation, RSD）分析，剔除RSD>20%的样品（表2中粗体所示）。将RSD值在0%~20%范围内的样品与ISO标准中的

参比样进行比较,进一步剔除同等硬度特性强度下组织状态差异较大的样品,如曼可顿黄金面包和果园老农美国大榛子,将白玉北豆腐、蜡笔小新果味果冻、金锣鱼肉火腿肠、恒慧鸡蛋干、北京一鸣马蹄罐头、惠宜香脆花生、中粮大杏仁、瑞士糖、北京二商单晶冰糖作为筛选出的样品。

同时对除北京二商单晶冰糖外8类样品硬度的仪器测量值进行方差分析,判断筛选出的样品的硬度之间是否存在显著性差异。由表3可知, F 值为139.61,大于 $F_{\text{临界}}$ 值,表明所选的不同类别样品之间存在显著差异。

表3 8类样品硬度仪器测量值的方差分析结果

Table 3 Analysis of variance of instrumentally measured values of hardness

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
组间	2.96×10^{10}	7	4.23×10^9	139.61	0.00
组内	2.18×10^9	72	3.03×10^7		
总计	3.18×10^{10}	79			

注: $\alpha = 0.05$, $F_{0.05}(7,47) = 2.25$, $F_{0.05}(40,47) = 1.69$ 。

2.2 参比样的感官评价结果

表4 硬度感官标度值与仪器测量值汇总

Table 4 Sensory intensity and instrumentally measured values of hardness

硬度参比样	硬度感官标度值	硬度仪器测量值/g
白玉北豆腐	1.0	238.20
蜡笔小新果味果冻	2.4	1 609.70
金锣鱼肉火腿肠	4.3	4 951.46
恒慧鸡蛋干	5.6	4 959.40
北京一鸣马蹄罐头	7.4	10 729.30
惠宜香脆花生	9.8	21 388.51
中粮大杏仁	10.8	44 488.53
瑞士糖	12.2	55 737.14
北京二商单晶冰糖	14.0	70 000以上

注:硬度感官标度值一列的数据为感官评价结果的平均值;硬度仪器测量值一列来自表2。

对筛选出的参比样进行感官评价。首先采用排序法^[15]对参比样的硬度按照由弱到强进行排序。经过3轮排序实

验,统计每个样品3次排序结果的秩和,按照从小到大的顺序确定样品硬度感觉强度从弱到强的结果,考察样品硬度感官评价与仪器测量结果的顺序是否一致,再使用15 cm线性标度对样品进行感觉强度的量化,以3轮实验小组平均值作为样品硬度的感官标度值(表4)。

2.3 硬度感官标度值与仪器测量值之间的相关性

汇总样品硬度的感官标度值和仪器测量值(表4)。由于北京二商单晶冰糖的硬度仪器测量值超出了本实验所用质构仪及常用质构仪的最大量程,所以除此样品外,以硬度仪器测量值的自然对数($\ln I$)为自变量,硬度感官标度值的自然对数($\ln S$)为因变量作散点图,得到二者的回归方程和相关系数(图2)。

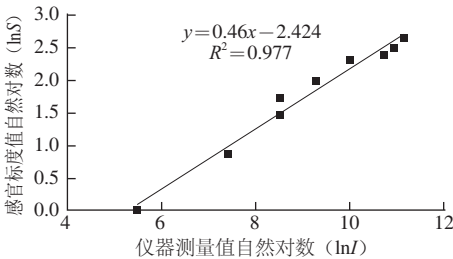


图2 硬度参比样感官标度值与仪器测量值之间的回归曲线

Fig.2 Regression curve between sensory evaluation and TPA testing values of hardness

由图2可知,采用线性回归模型建立的硬度参比样仪器测量值与感官标度值之间的相关系数 R^2 为0.977,说明两变量之间的相关性达到了显著水平,此模型可以表征二者的关系,得到的回归方程为: $y = 0.46x - 2.424$ 。说明样品硬度感觉量(感官标度值)的变化与其相关的物理量(硬度仪器测量值)之间符合心理物理学幂定律,在一定程度上说明选择的样品是合理的。最终建立的食品硬度参比样见表5。

表5 食品硬度感官评价参比样

Table 5 Reference samples for sensory evaluation of food hardness

顺序 标度	参比 样品	样品描述 (品种、品牌)	制备方法	感官评价方法	参考量值	
					硬度感官 标度值 ^a	硬度仪器 测量值/g
1	豆腐	白玉北豆腐	拆开包装,弃去汁液,制成1 cm ³ 正方体待测。20~25℃、相对湿度50%~60%,密封存放	将样品放在白齿或舌头上,评价咬穿样品所需的力	1.0	238.20±39.52
2	果冻	蜡笔小新果味果冻	拆开包装,弃去汁液,制成1 cm ³ 正方体待测。20~25℃、相对湿度50%~60%,密封存放	将样品放在白齿或舌头上,评价咬穿样品所需的力	2.4	1 609.70±231.99
3	火腿肠	金锣鱼肉火腿肠	拆开包装,弃去两头,制成1 cm ³ 正方体待测。20~25℃、相对湿度50%~60%,密封存放	用舌头将样品拨置白齿部位,评价上下牙齿穿透样品所施力的大小	4.3	4 951.46±235.46
4	鸡蛋干	恒慧鸡蛋干	拆开包装,取中心部位,制成1 cm ³ 正方体待测。20~25℃、相对湿度50%~60%,密封存放	用舌头将样品拨置白齿部位,评价上下牙齿穿透样品所施力的大小	5.6	4 959.40±907.70
5	马蹄	北京一鸣马蹄罐头	拆开包装,选择一块马蹄,取中心部位,制成1 cm ³ 正方体待测。20~25℃、相对湿度50%~60%,密封存放	用舌头将样品拨置白齿部位,评价上下牙齿穿透样品所施力的大小	7.4	10 729.30±1 404.60
6	花生	惠宜香脆花生	拆开包装,选择半瓣花生,长1.2 cm,宽长0.8 cm,厚0.5 cm大小的样品待测。平面向下,20~25℃、相对湿度50%~60%,密封存放	用舌头将样品拨置白齿部位,评价上下牙齿穿透样品所施力的大小	9.8	21 388.51±3 494.00
7	杏仁	中粮大杏仁	长1.2 cm,厚0.8 cm大小的一块样品待测。20~25℃、相对湿度50%~60%,密封存放	用舌头将样品拨置白齿部位,评价上下牙齿穿透样品所施力的大小	10.8	44 488.53±5 407.91
8	软糖	瑞士糖	成品,拆开包装后待测。20~25℃、相对湿度50%~60%,密封存放	用舌头将样品拨置白齿部位,评价上下牙齿穿透样品所施力的大小	12.2	55 737.14±12 844.48
9	冰糖	北京二商单晶冰糖	拆开包装,选择长1 cm,宽1 cm,厚0.8 cm大小的样品待测。20~25℃、相对湿度50%~60%,密封存放	用舌头将样品拨置白齿部位,评价上下牙齿穿透样品所施力的大小	14.0	70 000以上

注:顺序标度1→9为从低硬度→高硬度;a.硬度感官标度值为评价小组使用15 cm线性标度的平均值($n=3$)。b.硬度仪器测量值为质构仪测定值的平均值($n=10$)。

3 讨论

本研究以硬度特性为代表,将感官特性参比样物理量的仪器测定与感觉量的心理测量关联起来,基于心理物理学定律建立了食品硬度感官评价的参比样。与我国现行国家标准和ISO国际标准^[17]中的参比样相比,有以下不同:1)以果冻替代了鸡蛋白,规避了鸡蛋白制备时易受鸡蛋大小、煮制方式等多因素影响导致样品重复性较差的问题;2)以加工食品杏仁替代了生鲜食品胡萝卜,避免初级农产品因品种、产地、贮藏时间等影响难以再现的弊端;3)对花生、香肠、糖果等标准中的硬度参比样进行了同品种国内品牌产品的替代,以保证样品容易获得。此外,建立的参比样还给出了感官强度参考值和TPA测定参考值,以便使用者根据实际情况替换样品时,可首先根据TPA测定值的大小进行初筛。

综上所述,本研究提出的食品硬度参比样,不仅可以为我国食品硬度感官评价提供一把可参考的标尺,同时也为其他感官特性参比样的建立提供了一套系统的研究思路和技术方法,对提高我国感官评价的科学分析性水平有着重要的意义。

参考文献:

- [1] 吴洪华,姜松.食品质地及其TPA测试[J].食品研究与开发,2005,26(5):128-131.
- [2] SZCZESNIAK A S, BRANDT M A, FRIEDMAN H H. Development of standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and the sensory methods of texture evaluation [J]. Journal of Food Science, 1962, 28: 397-403.
- [3] BOURNE M C, SANDOVAL A M R, VILALOBOS M C, et al. Training a sensory texture profile panel and development of standard rating scales in Colombia[J]. Journal of Texture Studies, 1975, 6: 43-52.
- [4] HOUGH G, CONTARINI A, MUNÓZ A. Training a texture profile panel and onstructing standard rating scales in Argentina[J]. Journal of Texture Studies, 1994, 25: 45-57.
- [5] LOREDO A B G, GUERRERO S N. Correlation between instrumental and sensory ratings by evaluation of some texture reference scales[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2011, 46(9): 1977-1985.
- [6] 沈月新,江东华,曾能武.食品质地感官评定法[J].上海水产大学学报,1993,2(2):135-141.
- [7] ISO/TC 34/SC 12. ISO 11036:1994 Sensory Analysis-Methodology-Texture Profile[S]. Geneva, 1994.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 16860—1997 感官分析方法 质地剖面检验[S].北京:中国标准出版社,1997.
- [9] STEVENS S S. On the psychophysical law[J]. Psychological Review, 1957, 64(3): 153-181.
- [10] 中国标准化研究院,广西壮族自治区质量技术监督局,北京农学院,等. GB/T 29604—2013 感官分析 建立感官特性参比样的一般导则[S].北京:中国标准出版社,2013.
- [11] SZCZESNIAK A S. Classification of textural characteristics[J]. Journal of Food Science, 1963, 28: 385-389.
- [12] BOURNE M C. Food texture and viscosity: concept and measurement[M]. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 2002: 182-186.
- [13] 中国农业科学院质量标准与检测技术研究所,农业部蔬菜水果质量监督检验测试中心(广州). GB/T 16291.1—2012 感官分析 选拔、培训与管理评价员一般导则 第1部分:优选评价员[S].北京:中国标准出版社,2012.
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 13868—2009 感官分析 建立感官分析实验室的一般导则[S].北京:中国标准出版社,2009.
- [15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 12315—2008 感官分析 方法学 排序法[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 19547—2004 感官分析 方法学 量值估计法[S].北京:中国标准出版社,2004.
- [17] ISO/TC 34/SC 12. ISO 11036:2012 Sensory Analysis-Methodology-Texture Profile[S]. Geneva, 2012.