

感官词典建立方法及食品中应用研究进展

朱雨萱, 闻亚琴, 许晓青, 陈亦新, 苏庆宇, 刘雅冉, 王冬, 朱保庆

Research Progress of Sensory Lexicon Building Method and Applications in Food

ZHU Yuxuan, WEN Yaqin, XU Xiaoqing, CHEN Yixin, SU Qingyu, LIU Yaran, WANG Dong, and ZHU Baoqing

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2021020138>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

指纹图谱在食品分析中的应用研究进展

Advances in Application of Fingerprint Technology in Food Analysis

食品工业科技. 2021, 42(12): 413–421

多重因子分析技术在食品饮料行业感官分析中的应用

Application of Multiple Factor Analysis in Sensory Studies of Food and Beverage Industry

食品工业科技. 2021, 42(13): 427–434

糖醇在食品医药及农业领域的应用研究进展

Research Progress in the Application of Sugar Alcohol in Food Medicine and Agriculture

食品工业科技. 2019, 40(7): 337–340,345

数学模拟技术在食品微波加工过程中的应用研究进展

Application Research Progress of Numerical Simulation Technology in Food Microwave Processing

食品工业科技. 2018, 39(24): 350–356

超声辅助低共熔溶剂萃取法在活性成分提取与食品分析预处理中应用的研究进展

Research Progress on Extraction of Active Ingredients and Pretreatment of Food Analysis by Ultrasound-Assisted Deep Eutectic Solvent Method

食品工业科技. 2021, 42(7): 399–407

全氟化合物在食品中的污染情况及检测方法研究进展

Research Progress on Contamination and Determination Methods of Perfluorinated Compounds in Food

食品工业科技. 2019, 40(10): 314–319,333



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

朱雨萱, 问亚琴, 许晓青, 等. 感官词典建立方法及食品中应用研究进展 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(5): 396–407. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021020138

ZHU Yuxuan, WEN Yaqin, XU Xiaoqing, et al. Research Progress of Sensory Lexicon Building Method and Applications in Food[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(5): 396–407. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021020138

· 专题综述 ·

感官词典建立方法及食品中应用研究进展

朱雨萱¹, 问亚琴², 许晓青³, 陈亦新¹, 苏庆宇¹, 刘雅冉¹, 王 冬^{4,*}, 朱保庆^{1,*}

(1. 北京林业大学生物科学与技术学院, 北京 100083;

2. 北京电子科技职业学院生物工程学院, 北京 100176;

3. 雀巢研发(中国)有限公司, 北京 100015;

4. 北京一轻食品集团有限公司, 北京 102600)

摘要: 感官词典是标准化的词汇表, 用于帮助不同人群关于感官问题进行交流。本文综述了建立一个感官词典的流程, 主要包括四个步骤: 准备样品及培训人员、生成初始词汇、讨论初始词汇并给出定义和参考并验证词汇有效性, 分别对四个步骤的具体操作和要求进行阐述, 并对近十年来食品与饮品感官词典的开发进行总结。词典的开发促进了感官词汇的标准化, 也促进了感官学界、食品制造业与消费者之间的交流。在未来的发展中, 感官词典的建立方法可能通过同化学分析、数据挖掘技术如自然语言处理等技术结合起来而得到升级, 其应用领域也将趋向多元化。

关键词: 感官词典, 感官分析, 标准化, 食品, 饮品

中图分类号: TS207.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2022)05-0396-12

DOI: [10.13386/j.issn1002-0306.2021020138](https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2021020138)

本文网刊:



Research Progress of Sensory Lexicon Building Method and Applications in Food

ZHU Yuxuan¹, WEN Yaqin², XU Xiaoqing³, CHEN Yixin¹, SU Qingyu¹, LIU Yaran¹,
WANG Dong^{4,*}, ZHU Baoqing^{1,*}

(1. College of Biological Sciences and Biotechnology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. College of Bioengineering, Beijing Electronic Science and Technology Institute, Beijing 100176, China;

3. Nestlé R & D (China) Co., Ltd., Beijing 100015, China;

4. Beijing Yi Qing Food Group Co., Ltd., Beijing 102600, China)

Abstract: Sensory lexicon is a standardized vocabulary used to help different populations communicate about sensory issues. This paper reviews the process of building a sensory lexicon, which consists of four main steps: preparing samples and training personnel, generating an initial lexicon, discussing the initial lexicon and giving definitions and references, and verifying the validity of the lexicon. The specific operations and requirements of each of the four steps are described, and the development of a sensory lexicon for food and beverages over the past decade is summarized. The development of the lexicon has facilitated the standardization of sensory descriptors and the communication between the sensory community, the food manufacturing industry and consumers. In future developments, sensory lexicon building methods may be upgraded by combining them with chemical analysis, data mining techniques such as natural language processing, etc., and their application areas will tend to diversify.

收稿日期: 2021-02-22

基金项目: 北京林业大学 2020 年教育教学研究一般项目: 产学研用一体化食品感官教学实验改革与实践探索 (BJFU2020JY036); 国家自然基金项目 (31701669); 2020 年大学生创新创业项目 (G202010022093)。

作者简介: 朱雨萱 (1999-), 女, 本科, 研究方向: 食品感官分析, E-mail: zhuyuxuan@bjfu.edu.cn。

* 通信作者: 王冬 (1988-), 女, 博士, 工程师, 研究方向: 果蔬加工综合利用; 食品风味化学和感官分析, E-mail: wangdong@beibingyang.com。

朱保庆 (1982-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 食品感官分析、食品风味化学、食品生物技术, E-mail: zhubaoqing@bjfu.edu.cn。

Key words: sensory lexicon; sensory analysis; standardization; food; beverages

感官词典是客观描述食品感官特性的标准化词汇表。根据科学原则和标准程序制定的词典可以被不同的群体用来一致地描述食品^[1]。一个词典能否被作为工具使用取决于有没有经过校准和验证, 定义明确的词汇才能支持这种水平的感官研究。

对词典的需求产生于食品制造业的复杂需求。制造商可能需要在多个地区评估相同的产品, 需要衔接产业链的研发、制造和营销等各个环节, 并且需要在不同的受众之间进行清晰的沟通。因此, 感官科学家需要研究有效的工具来与非专业性的商业人群沟通, 感官词典应运而生。词典使产品开发人员和其他产品研究人员能够理解产品的属性, 这在产品开发、产品维护、质量控制和保质期研究中都有应用^[2]。

D. Little 在 20 世纪 40 年代开始发展风味描述法(Flavor Profile), CAUL 在 20 世纪 50 年代描述了这项研究^[3]。在风味描述法中, 由 4~8 名训练有素的小组成员组成的描述性小组以 7 分制来评估产品的风味、香气和回味强度。风味描述法的原理后来扩展到质地描述法(Texture Profile)法^[4], 该法被用于测量食品的质地、脂肪和水分特征。Spectrum Descriptive Analysis 方法^[5](SDA)提供了强度点更多的 15 点量表, 并提出创建感官强度参照物, 是风味描述法和质地描述法的进一步发展。该量表的特点是具有通用的参照物和精确的术语, 这有助于在不同产品和描述性小组中进行一致的评价。定量描述性分析法(Tragon Quantitative Descriptive Analysis; Tragon QDA)使用多个消费者小组(并未进行过多专业培训)进行描述性分析, 且没有对不同小组的术语进行标准化。因此, Tragon 方法的支持者可能会对小组成员所需的培训水平产生分歧, 他们认为并不需要对小组成员进行长时间的描述性分析培训^[6]。此外, 强度参考在 QDA 中并不像在 SDA 中那样被普遍使用, 但这两种方法都使用了定性参考。在随后的研究中, 又出现了其他的感官评价方法, 例如 Flash Profiling、Check All That Apply、Projective Mapping 和 Ultra-flash Profile 等。

美国测试与材料协会(ASTM; ASTM Stock #DS72 2011)将词典的发展总结为五个步骤^[7]: a. 基于特定类别中的大量产品建立“参考框架”(frame of reference); b. 开发和生成描述产品的术语; c. 使用描述词的参比样来阐明术语和定义; d. 使用实物参比样, 使小组成员更充分地理解术语; e. 为词典开发描述词的最终清单。开展这些步骤的前提是: a. 已经选择了合适的小组成员; b. 已经筛选出代表整个产品空间的产品; c. 测量每个属性的方法是合适的。适当地遵守这些原则可以创造出设计良好的词典, 不遵守这些原则会产生潜在的缺陷, 影响词典的有效性。

我国目前没有发布建立感官词典的相关标准,

但对建立感官分析实验室有详细的规定^[8], 其原则是: a. 保证感官评价在已知和最小干扰的可控条件下进行; b. 减少生理因素和心理因素对评价员判断的影响。国家对感官实验室人员、评价小组成员的能力与职责在 GB/T 23470.1-2009^[9] 和 GB/T 23470.2-2009^[10] 中也有相关要求。在 GB/T 10220-2012^[11] GB/T 10221-2012^[12] 中也有对感官分析方法学、感官术语的论述。

1 建立词典的流程

建立一个感官词典需要四个步骤(如图 1 所示): 样品及人员的准备、生成初始词汇、讨论初始词汇并给出定义及参考以及验证词汇的有效性, 下文对各个步骤进行详细介绍。

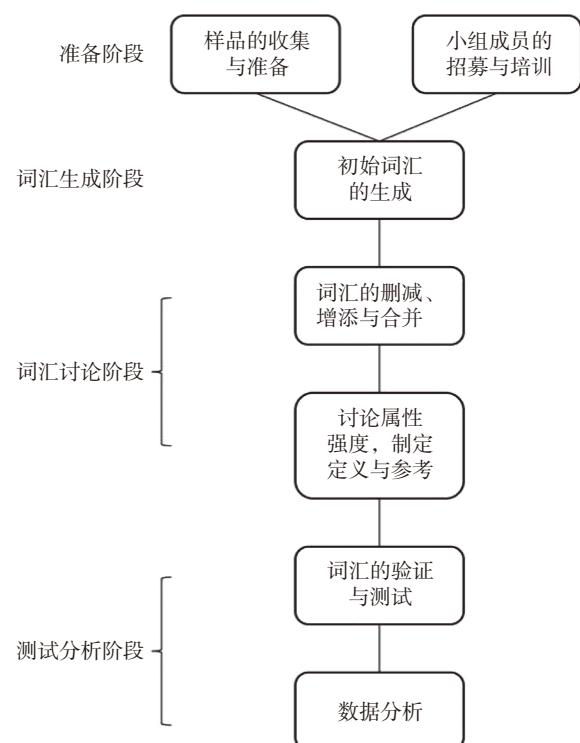


图 1 建立感官词典的基本流程
Fig.1 The basic process of building a sensory lexicon

1.1 样品及人员准备

1.1.1 样品的收集 样本集的规模取决于产品类别和研究目的。一般来说, 样本集应足够大, 以便公平地反映整个产品类别。样本集的适当规模取决于产品类别^[1]。有些特殊类别样品, 如酱油^[13]、碳酸饮料^[14]等, 产品规模很大, 对每一个品牌和类型进行抽样是不切实际和多余的, 需要从市场中挑选有代表性的样品进行分析。为新鲜水果或蔬菜词典选择产品时尽可能地选择广泛的栽培品种来词典。因为即使在同一植物类型中, 栽培品种之间的感官特性也可能有很大差异^[1]。CIVILLE 等^[15] 在为杏仁开发感官词典时采用了 20 个杏仁样品, 这些样品来自于三个种植区

域, 涵盖了七个主要的杏仁品种, 两个年份, 以便更好地了解杏仁在生长过程中发生的自然变化对感官特性产生的影响。为加工过的水果和蔬菜词典选择产品与为新鲜水果和蔬菜词典选择产品的过程有些不同, 所选的加工产品应该代表该加工水果或蔬菜的市场空间^[1]。KOPPEL 等^[2] 开发石榴汁感官词典时使用了 33 个石榴汁样品, 其中 27 个采购于美国(其中有些果汁产于其他国家), 1 个样品来自西班牙, 2 个样品来自爱沙尼亚, 3 个样品来自泰国。除了保证石榴汁样本的来源广泛之外, 生产工艺的多样性也被考虑在内: 其中 9 个样品含有天然香料, 9 个样品是浓缩的, 15 个样品是由浓缩物制成的。CHAMBERS 等^[16] 建立咖啡感官词典时, 选择了来自 14 个国家超过 100 个咖啡样品, 用来代表世界上有特点的咖啡。考虑到词典开发的时间与金钱成本, 有时也可以从大量样品中提前筛选出能够代表整个产品市场的部分样本进行词汇开发。通常情况下, 来自市场的产品可能包括多达 50 种。这些产品可以由小组长和几位小组成员进行筛选, 将样本集减少到 20~30 个左右, 以提交给小组进行术语生成^[1]。HAYAKAWA 等^[17] 在开发词汇之前先经过专家会议从 64 个法国面包样品中选出 24 个可以代表产品市场的样本, 用于进行生成描述词, 后选择了另外 14 个用于测试词汇, 其中包括了普通样本和极端样本, 确保所选样品的感官特性能够代表整个样本空间。

1.1.2 样品的准备和感官评定的程序与要求 感官品评样品的准备包括样品制备、样品编码和样品呈送。一致的样品制备和呈送能最大限度地减少评估过程中的潜在偏差。良好的实验方案需保证样品的外观和呈送温度保持标准化处理。样品的制备要求控制样品均一性、样品量、样品的温度和器皿。为了更直观地观察样品的外观、颜色等, 研究人员常将固体样品外形处理为相同大小、相同形状^[18], 液体样品通常用相同的透明容器盛装相同体积的样品^[19]。GODOY 等^[20] 在制备马黛茶样品时精确把控了样品的温度, 为了保持温度, 将样品于 177~204 °C 的环境下保温, 并在 60 °C 下品尝。在样品的展示环节, 为避免第一位置效应等带来的感官偏差, 样品的呈送顺序是随机的, 有些研究者会采用拉丁方设计^[21~22]。

品评也需要标准化程序, 这有利于控制进入鼻腔和口腔呈香物质和呈味物质的量。大多词典开发时都对品评小组的嗅闻、品尝流程有明确的要求, 如 CIVILLE 等^[15] 在杏仁样品评估时, 将切碎的杏仁填满塑料杯的 1/3, 盖上盖子 2 h 或更长时间, 让杏仁挥发物充满顶部空间。每个评估者都掀开盖子的一侧, 迅速地嗅出里面的东西, 先评价总香气强度, 再写出香气成分。评估味道时每个成员都把两个完整的杏仁放进嘴里咀嚼。

为了保持品评过程的一致性, 有必要制定一套明确的流程。样本的采购、准备、展示和品尝程序都

是标准化的, 这样其他研究人员就可以重现词典中的结果。

1.1.3 小组成员 很多词典在开发时并不需要很多成员, 10 人以下的小组居多^[23~25], 但对成员的感官评价经验有很高的要求, 如经过 120 h 的描述性感官训练, 并拥有 1000^[23] 或 2000 h^[26] 感官描述经验。某些词典要求小组成员对特定食物的感官评价具有大量经验, 如对法国面包的感官评价有超过 500 h 的经验^[17]; 在对赤霞珠葡萄酒进行词汇开发时要求小组成员为专业的品酒师或教学工作者, 因为他们有一次性品尝多种葡萄酒的经验^[27]。

如果没有一个经验丰富的品评小组, 需要从头开始建立一个小组。这方面工作包括成员的招募、筛选和培训等。例如 TSACHAKI 等^[28] 在开发茴香酒词汇之前招募了 11 名没有经验的人员进行了 10 次培训。小组成员的选择在所有描述性分析中都很重要, 尤其是在词典开发中。小组成员应该具有高度的感官敏感性、成熟的抽象思维能力(以便执行适当的词汇合并)和积极的态度。人员筛选可以通过问卷调查、敏感度测试、排名或评分测试和面试来实现。例如 PHAN 等^[29] 进行了小组成员的招募与筛选, 他们向两所学院的学生和教师分发了一份问卷。问卷询问了他们的饮食习惯、是否对鱼和海鲜产品过敏、是否吸烟、健康状况以及他们是否有能力参与该项目。37 名候选人(12 名教师和 25 名学生)获得了进入下一环节的资格。第一个环节包括基本味觉测试、甜度排序测试、颜色和气味描述两个排名测试。第二个环节包括对味觉、质地描述和口味匹配的排序测试。按八项测试的总分从第 1 名到第 37 名进行排名。对 11 名成员的选择标准是: 总分高, 任何测试都不为零, 气味和质地描述测试得分高。

通过筛选的小组成员还需要根据不同食物的要求进行特定的培训, 来保证他们能够发掘足够的感官特性并准确地描述它们。例如 MONTEIRO 等^[30] 针对粉红波特酒对成员进行了味觉、色觉、嗅觉训练。味觉训练分五个环节进行: 第一, 熟悉基本味道; 第二, 确定他们对甜味、酸味和苦味的觉察阈值, 最后, 在后三次会议上, 小组成员被要求按照味道强度对样品进行排序和分类。颜色训练提供了 11 种不同颜色的波特酒样品, 他们被要求将样品按颜色强度程度升序排列。嗅觉训练中, 为了更好地理解粉红波特酒的香气, 还在感官品尝中提供了酒香轮和与波特酒香气相关的天然产品加强香气识别和记忆。小组成员被要求闻到 10 种系列的香气并在心里对所确定的感官知觉进行分类, 记下相关的描述词。

在选择、筛选、培训评价员以及专家评价员方面, 我国在 GB/T 16291.1-2012^[31] 和 GB/T 16291.2-2010^[32] 中也有详细说明。

1.2 初始词汇的生成

在生成初始词汇阶段, 考虑到同种食物的相似

性, 有时并不需要样品空间中的全部样品, 只需要能够代表总体的部分样品即可。KOPPEL 等^[2]在此阶段只使用了 7 个石榴汁样品。在生成调味酱油的初始词典时, 研究人员和一名专家组成员评估了所有 25 个调味酱油样品, 并根据感官特征的相似性将样品分为 6 个不同的组。然后从每组中选择一个代表性的样品, 用于生成感官术语的初始列表^[33]。

大多数研究者选用的生成初始词汇的方法为: 让品评小组成员尽可能多地写下他们感知到的感官特性^[34], 以供后续讨论。另外, 也有研究者依托于已有的感官词典进行词汇的选择与扩充进行开发词汇, 例如: DONFRANCESCO 等^[35]为小组成员提供了各种描述性参考资料, 有些参考资料是由小组成员根据以前的工作和经验提出的。柠檬碳酸饮料的词汇开发阶段是依托于 KAPPES 等^[14]在 2006 年确定的词汇为出发点开发的。NEWMAN 等^[22]为了帮助

小组成员构建词汇, 提供了一个以前出版的乳粉感官词汇。

针对不同的研究目的, 研究者们也会采用不同的词汇开发方式。在方法上可以与 QDA^[18]、一致描述感觉法^[36]结合。还可以研究不同人群、不同文化在生成感官术语方面的差异^[37]。如图 2 所示, MONTEIRO 等^[38]探究了训练有素的专家小组与未经训练或训练较少的小组开发的词汇有何区别。研究表明, 受过训练的小组成员用精确的词汇来描述木槿茶的香气特征(如“让人想起干木槿花”, 有“浆果”、“葡萄干”、“干草”和“甜味”的味道), 而未受过训练的小组成员则更多地采用一般的表达方式(如塞内加尔的“浓郁的木槿味”; 欧洲的“花香”和“果香”)。之前也有研究比较了未经训练和训练过的小组成员产生的感官词汇, 发现训练过的和未经训练的小组成员描述和评估气味和味道的方式有类似的趋势。

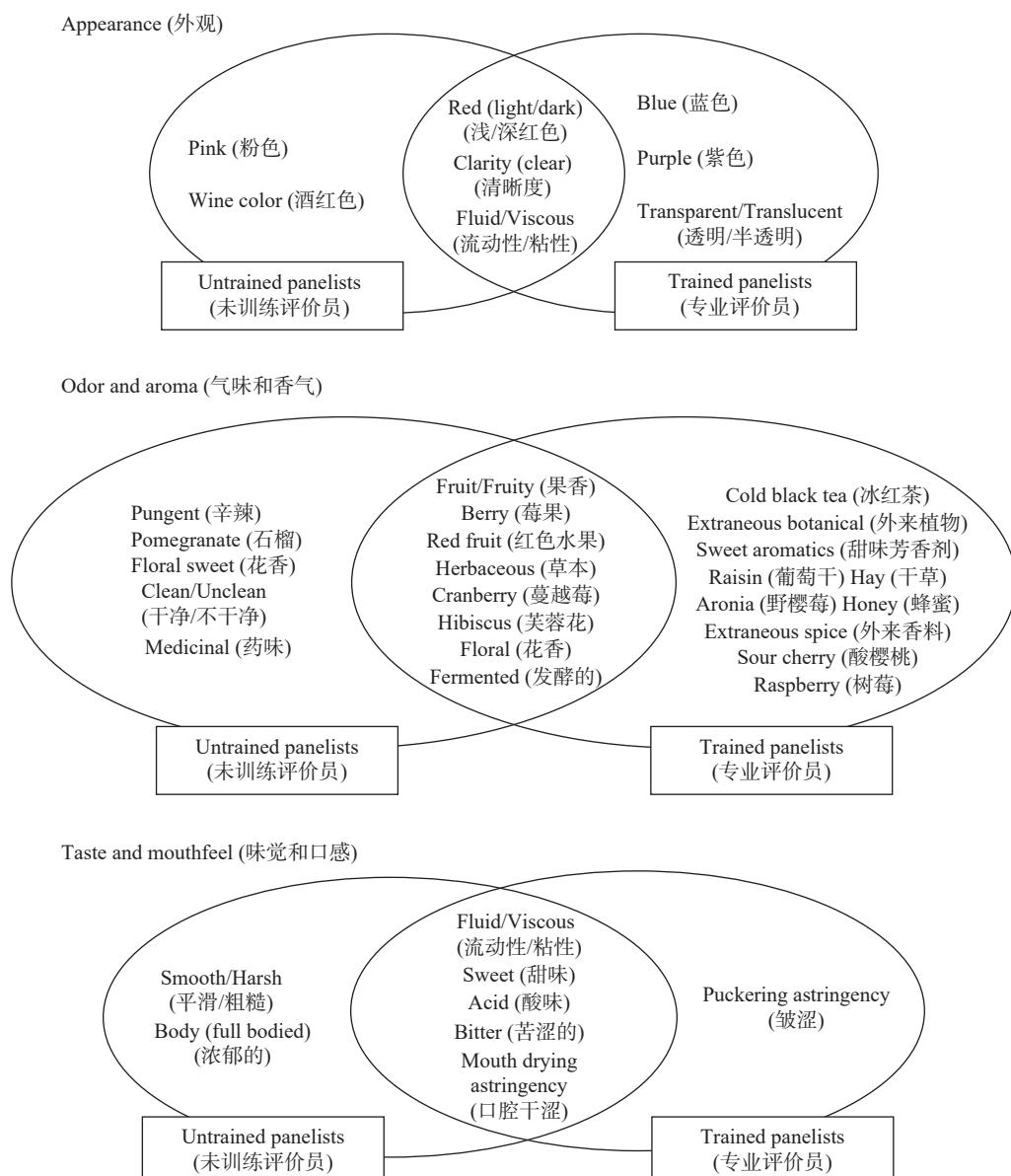


图 2 未经训练的评价员与专业评价员生成感官词汇的异同^[38]

Fig.2 Similarities and differences in the generation of sensory lexicon by untrained panelists and professional panelists^[38]

势^[17],由未经训练人员开发的词汇同样是有效的。

1.3 词汇的删减与定义

1.3.1 词汇的删减、增添与合并 初始词汇阶段得到的描述词常常是冗杂、重复、带有个人色彩的,偶尔还会出现疏漏,因此需要删减不必要的描述词、增加之前被忽略的描述词并且合并具有相似含义或是代表同一属性的词汇。在蓝莓汁词典的开发过程中,初始词汇在 7 次会议中进行了测试,并进行了调整,如删除、合并或重新安排属性^[39]。例如:覆盆子、樱桃和黑浆果的味道被组合成“浆果”;梨皮、西瓜皮、茎和绿色/青草被合并为“绿色/茎”;面团味因缺乏使用而被完全删除;黑木头被列入“糖蜜/黑玉米糖浆”中。这个过程是需要大量讨论的^[21,40],当小组成员都认为保留下来的词是有意义的,才能证明词典的客观性和科学性。

另一种决定描述词是否需要保留的方法是:在词汇开发的初始阶段,写出描述词的同时在五点强度标度中为此特性标定强度,之后在保留词汇阶段通过 $M = \sqrt{F \times I}$ 来计算,其中, M 是每个描述词的几何平均数,是 F 和 I 乘积的平方根; F 是每个描述词的出现的频率,用百分比表示(描述词被提及的次数除以总次数); I 是每个描述词的相对强度,用百分数表示。在不同的研究中保留的标准不同,ZEPPA 等^[41]选择保留 $M > 18$ 的词汇,而 CHEN 等^[42]选择先删除 $M < 3.0$ 的描述词,将词汇数量从 58 个减少到 22 个,再进行后续的讨论。

1.3.2 为词汇确定强度、制定定义与参考 某一特性描述词在被确定之后,由于样品之间存在差异,一种特性在所有样品中的不同强度需要被确定。这个结果往往是小组成员先经过个人量表评估再经过讨论得出的^[43]。由于后续建立参比样时也要标定其代表的感官强度,因此得出的感官特性量化结果对于后续步骤是有必要的。

描述词定义对于任何一个感官词典来说都是必不可少的,有明确的定义才能保证其他研究者、生产商和消费者都能够直观地感受到每个词汇所表达的含义和它们表征的感官特性。制定定义往往与小组讨论联系在一起,在成员们讨论词汇的保留与合并的同时为它们确定一个被成员公认的定义^[44-45]。有些词汇的定义也可以在有关标准中直接查找,我国现行感官分析术语标准为 GB/T 10221-2012^[12]。

词汇的参考即为表征某种感官特性的参比样品,在 GB/T 29604-2013^[8] 中将参比样 (reference sample) 定义为:用于定义或阐明一个特性或一个给定特性的某一特定水平的物质。总体分为配制型参比样和实物型参比样。同时,参比样表征的香气强度也需要小组成员讨论后达成共识。

配制型参比样是采用化学药品配制而成的参比样,如用系列质量浓度的 L-薄荷醇标定凉感强度^[46]、用 0.05% 的单宁水溶液和 0.1% 的明矾水溶液表征

涩味^[47]、将 20 g 焦糖溶于 200 mL 水中来表征强度为 3.0 的甜味^[33]。如果参比样的配制方法来自于其他文献,则应引用原始文献^[1]。

实物型参比样是采用实际物品来表征某种特性,如使用杏仁片来表征香气强度为 4.0 的油香味,使用干烤和盐渍夏威夷果表征香气强度为 9.0 的油香味^[21];使用不同硬度的食品,如豆腐、果冻、冰糖等为硬度确定参比样^[48]。使用实物型参比样可以增加人们对重要属性的理解。

通常情况下,实物型参比样不如配制型参比样那么单一,但它们都有一个突出且特定的属性。配制型参比样应尽可能的单一、准确,而实物型参比样则限制较少。

1.4 词汇测试及数据分析

1.4.1 验证及测试 词典的验证环节是为了检验词典能否有效地区分样品,确保词汇和强度量表能有效区分样本间的感官特性和差异^[2]。测试环节常借助量表来标定强度,常用的强度量表是 0~15 点强度量表(以 0.5 为增量^[23]或以 1.5 为增量^[49]),其中 0~15 分通用 SpectrumTM 量表经常被使用^[50]。也有研究者选用五分制量表^[30]、十分制量表^[51]和全量表^[25](考虑到适用于不同类型的量表,每个参考物的强度被设定为满分量表的百分比,以便将来进行评价)。

除量表外,HAUG 等^[52]使用了两种不同的方法对属性进行评分:线尺度评分和“Check All That Apply”(CATA)收集频率数据。非结构化的 15 厘米线尺度用于对样品的外观、香气、风味、口感、回味和质地进行评分。CATA 方法用于测定无花果干样品中存在的外观、香气和风味属性。由于无花果干的感官特征通常包含多种复杂香气,而这些香气可能难以用线性尺度进行评分,因此使用频率数据来代替线性尺度评分。

在验证阶段,词汇的定义是至关重要的,因为不同的感官特性在不同的国家可能用不同的描述词^[53]。这对于跨文化开发的词汇来说尤其重要,因为这些群体的文化背景不一样。通常情况下,只要词汇是标准化的和有代表性的,即使来自不同的文化的训练有素的感官小组也可以产生可重复的感官结果。当开发一个跨文化使用的词典时,让来自所有相关文化、不同国籍的科学家参与是可取的。例如,美国和韩国科学家团队共同开发了一个泡菜词典^[23],并将生成的词汇从英语翻译成韩语,数据分析表明两种语言的词典具有良好的一致性。

1.4.2 数据分析 数据分析的方法主要包括主成分分析(PCA)、聚类分析、对应分析等。主成分分析是大多数感官词典建立者都会选择的数据处理方法,它的目的是“降维”。完成词汇的收集与整理之后,我们会得到数量较多的词汇,如果想要了解哪些属性在样品之间差异最大,或是利用哪些重要属性就能很好地区分样品,这时就要用到主成分分析。想要在感官

词典中实现“降维”,就是要找出重要词汇,利用更少的描述词完成样品的区分。GODOY 等^[20]为马黛茶开发了 39 个感官属性,在此基础上进行了 PCA 分析,以确定是否可以将词库属性合并成一个较小的集合。结果得到 17 个关键的描述词,合并效果并不显著,这表明了这些描述词之间存在高度独立性,茶叶样品之间也有较大的差异,无法用更少的描述词来区分样品。前四个主成分的结果占总方差的 60% 以上。主成分 1 和 2 解释了 35.21% 的总方差。对主成分 1 影响最大的属性是烟灰味(0.67)、深绿色回味(0.52)和苦味(0.48)。主成分 2 与绿色味道(0.74)、绿色回味(0.73)和绿色香气(0.70)高度相关。

当重要属性的数量很多时,可以采用层次聚类分析(AHC)将其进行合并处理^[20],层次聚类分析生成的树状图简单易懂,容易理解各个属性的特点和关系。对应分析(CA)可以用于分析描述性数据之间的特性,例如 GONZAGA 等^[27]利用该方法分析了葡萄产区与葡萄酒感官特性之间的关系。

除本文介绍的方法之外,还有许多数据处理方法可供选择,例如方差分析、Fisher 最小显著性差异检验、Tukey's 检验等,这取决于研究目的和样品的不同特性,研究者可以根据实际情况自由选择、自由组合不同的数据处理方法。

2 实际应用

目前感官词典已经被广泛应用在各类食品、饮品的感官评价中(表 1),对感官研究者、生产商、消费者了解食品的感官特性有极大的帮助。

2.1 乳制品

目前研究者已经对天然奶酪和加工奶酪(DRAKE 等^[50])、山羊奶酪(TALAVERA 等^[24])、比萨奶酪(GULZAR 等^[54])和乳品蛋白水解物(NEWMAN 等^[22])建立感官词典,奶酪词典中大多是风味描述词汇。GULZAR 等^[54]采用描述性感官分析(DSA)对比萨奶酪进行了比较。采用新鲜的马苏里拉奶酪和半成熟的切达奶酪的不同组合开发了一个奶酪感官词典,除了包括 8 个风味描述词,还有 4 个外观描述词和 4 个质地描述词,并使用一个受过少量训练的评委小组($n=12$)对奶酪的描述性感官特征进行了评估。另外,NEWMAN 等^[22]为乳清和酪蛋白基质生产的乳品蛋白水解物(DPHs)开发一个感官词典。词典使用一个训练有素的感官小组($n=8$)采用 15 点强度标度法对 25 种 DPHs 进行了评估,形成了一个包含 19 个描述词的感官词典。在乳制品(以奶酪为代表的制品)中,常出现的词汇有乳脂味、发酵味、硫味、蒸煮味以及乳相关词汇和一些基础风味词汇(如酸、甜、苦、咸等)。

2.2 果蔬及其制品

为水果开发的感官词典较多,大多用于区分不同品种、成熟度(SUWONSICHON 等^[55]开发的芒果感官词典)和贮藏方式(ROSALES 等^[34]开发的柚子

感官词典)带来的感官差异;或是描述一种水果产品的感官特性,如 HAUG 等^[52]建立了无花果干的感官词典,OLIVER 等^[56]建立了草莓的感官词典;也有众多研究者利用感官工具为水果育种提供支持,BELISLE 等^[45]使用了 51 个桃子品种建立了 29 个属性。研究者对整个美国东南部种植的桃果品种进行评估,为了解桃品种的突出和独特特征及其遗传变异性奠定了基础。

感官词典在蔬菜及其制品也得到了广泛的应用,现已开发出叶菜类蔬菜(TALAVERA-BIANCHI 等^[26])、澳大利亚本土植物食品(SMYTH 等^[51])、甘蓝(SWEGARDEN 等^[57])、马铃薯(SHARMA 等^[58])、薯片(刘振华等^[59])、韩国泡菜(CHAMBERS 等^[23])、蘑菇(CHUN 等^[36])的感官词典,同样服务于蔬菜的育种、栽培、烹饪方法与感官特性等方面。

2.3 粮食和粮食制品

粮谷类和面包制品感官词典会产生较多的香气和风味描述词,也会根据产品的不同特质去关注产品的外观(如 HAYAKAWA 等^[17]开发的法国面包感官词典)。研究者已对意大利玉米粉(ZEPPA 等^[60])、大米(LIMPAWATTANA 等^[43])、藜麦(WU 等^[49])建立词典。IRIE 等^[25]准备了 112 个意大利面样品,然后根据其感官特征的相似性将其分为四组,并选出 50 个代表样品进行词典生成,最终的词典由 35 个术语组成。TRAN 等^[18]开发和评估了黑麦面包词典。一个训练有素的小组使用共识描述性分析方法,用 32 个北欧和美国黑麦面包样品开发了一个包含 28 种风味特征的词典。该词典还用 18 个代表性样品对词典的有效性进行了测试。对于产品繁多的食品,可以参考 IRIE 等^[25]研究方法对待品评样品进行预筛选,以排除一些特征不明显或过于相似的产品。

2.4 肉制品

在肉制品的感官描述方面,美国研究者更多偏重于对香气与风味的研究(MAUGHAN 等^[47]),我国研究者会更加全面地考虑肉制品的外观、香气、风味和口感,如肉松(盖圣美等^[61])和红烧肉(刘登勇等^[62])感官词典。ADHIKARI 等^[63]开发了一个描述不同切块、等级、烹饪温度和烹饪方法的牛肉风味特征的词典。这个词典有可能为牛肉行业提供一个标准工具,用于识别和量化受温度、烹调方法、陈化过程、储存时间、饮食制度、包装、USDA(美国农业部)质量等级等影响的风味属性。从当地社区选出 10 名小组成员,制定了一个由 18 个术语组成的肉类词典,描述牛肉的风味属性。

2.5 水产及其制品

水产品的感官词典研究较少,PHAN 等^[29]为所有类型的越南鲶鱼片产品(生鲜鱼片、冷冻鱼片、解冻鱼片和熟食鱼片)开发了感官描述词库,证明了通过解冻或生鲜鱼片的感官特性可以预测熟鲜鱼片的感官特性;BAKER 等^[44]开发了鱼子酱词汇,这个词

典将帮助鱼子酱行业的专业人士进行感官评估,帮助他们生产优质的鱼子酱。

2.6 调味品

目前,已经有学者对酱油、腐乳(CHEN 等^[42])、香醋和鸡汤建立了感官词典,其描述词集中在香气和风味方面。由于调味品的生产工艺多样、添加物多样,导致其香气风味更加复杂,会产生较为大量的描述词,如 CHERDCHU 等^[13]、PUJCHAKARN 等^[33]、WONGTHAHAN 等^[37]分别开发的酱油感官词典都具有此特点。调味品的感官词典建立方法也常常与消费者喜好度等方法相结合,如 KIM 等^[64]建立了速溶鸡汤产品的描述性感官词典,9 名经过培训的专家评估了 10 个样品,消费者评估了这 10 个样品中的 6 个。结果显示鸡肉风味和咸度可能是消费者喜欢鸡汤产品的重要驱动因素。ZEPPA 等^[41]结合感官轮廓法为意大利传统香醋定义并验证了包含 20 个感官词汇的词典。

2.7 果汁及其饮料

饮料产品具有产品规模大、感官特性复杂的特性,往往需要数量较多的样品(KOPPEL 等^[2]建立了石榴汁感官词典,研究了 33 种石榴汁),同时也会得到较多的描述词(LEKSRISOMPONG 等^[14]对柠檬碳酸饮料开发的描述性综合词典包含 33 个描述词;BETT-GARBER 等^[39]为 20 种蓝莓汁开发了一个包含 32 个描述词的词典)。近年来也有一些研究者利用新技术对饮料产品进行了感官测定,如 SILVA 等^[65]通过使用投影地图法(Projective Mapping)结合超快速感官分析法(Ultra-Flash Profiling),并在文本挖掘工具的支持下建立一个词典和感官轮来对单品种苹果汁进行剖析。同时对样品进行理化参数分析,为评估提供更多信息。

2.8 茶与咖啡

目前已建立了路易波士茶(KOCH 等^[40])、木槿茶、马黛茶(GODOY 等^[20])、湖南福泉砖茶的感官词典,主要包括香气和口感描述词,品评人员多为经过训练的专家。MONTEIRO 等^[38]用法语、葡萄牙语和英语为木槿茶编写了词典,由训练有素的小组成员对选取的 22 个样品进行评估,产生了 21 个定义和参考的描述词,并将描述词集合在了一个感官轮中。茶制品的品尝往往与品尝经验与方法有关。LI 等^[19]开发了适合湖南福泉砖茶泡茶感官评价的术语词典和定量描述性分析(QDA)方法。10 名经过培训的专家制定了一个由 11 个香气和 6 个味觉属性组成的术语词典,并通过 QDA 方法对每个样品的感官属性强度进行了评价。另一个由 4 名专业品茗师组成的小组,用传统杯测法对样品进行评价。结果表明,传统杯测法和 QDA 均可有效地用于评价湖南福泉砖茶品质,其评价结果具有较高的一致性和相互补充性。咖啡制品种类多、差异大,很难一次性获得完整的感官词典。CHAMBERS 等^[16]为来自 14 个国家

的 100 多个咖啡样品建立了一份“活”词典,这份词典可以根据不同的样品进行增添或删减词汇,或是利用其子词典进行感官评价。

2.9 酒类

目前酒类的感官词典研究较多,如茴香酒与齐普罗酒(TSACHAKI 等^[28])、粉红波特酒(MONTEIRO 等^[30])、赤霞珠葡萄酒(GONZAGA 等^[27])、苹果酒(PHETXUMPHOU 等^[66])等。酒类有时拥有许多在线评论,已有研究者利用网络评论为酒类建立感官词典,如 ICKES 等^[67]利用网络技术从评论文章中提取描述词,以最大限度地减少时间和成本,并尽可能包含更多的朗姆酒产品;HAMILTON 等^[68]尝试使用自然语言处理(NLP)从非标准的威士忌评论文章中提取并生成词汇,为分析产品的感官属性提供了一个潜在的选择。NLP 工具允许对大量的自由文本进行分析,而主观决策较少。

2.10 其他食品

目前坚果、巧克力(PELSMAEKER 等^[69])也有感官词典的相关研究,如杏仁(CIVILLE 等^[15])、黑核桃(MILLER 等^[21])、腰果(GRIFFIN 等^[70])等。拥有较多感官属性的感官词典也可借助感官轮盘(Sensory Wheel)等工具实现可视化,PELSMAEKER 等^[69]开发了一个由 4 种感官因素、21 个类别和 104 个描述词组成的三层巧克力感官轮盘,形成了一个可视化的感官词典,使用该词典可以将影响巧克力消费的四种重要感观因素(外观、香气、质地和味道),反映在可视化的巧克力感官轮盘中。

3 感官词典建立方法和应用的多元化发展

3.1 建立方法多元化

3.1.1 与化学分析法的结合 感官词典可以与化学分析法相结合,在不同的研究中有不同作用。化学分析实验可以作为感官词典的附属实验,但对感官实验结果没有过大的影响,如 HAUG 等^[52]为无花果干开发词典的同时,还研究了其中亚硫酸盐的残留量。

化学分析实验也可作为感官实验的辅助实验,如 SILVA 等^[65]在为苹果汁建立词汇前测定了果汁样品的总固溶物(TSS)、可滴定酸度(TA)、干物质(DM)和样品的颜色。以上理化参数为感官评估提供了更多信息,与以往对新鲜苹果和果汁的研究相比,该方法提供了更准确的感官特征。

还有一些研究者发现化学分析法和感官分析法针对同一研究问题产生的不同结果。TSACHAKI 等^[28]对茴香酒与齐普罗酒同时进行了化学和感官分析。统计分析(PCA、因子分析和聚类分析)用于区分这两种产品的化学和感官数据。PCA 和因子分析将产品主要分为两组,一组是茴香酒产品,另一组是西普罗酒产品。根据化学和感官数据分别进行聚类分析,结果表明两种分析方法对产品的分组是不同的,感官分析数据比化学分析数据能够更好地区分样

表 1 食品感官词典应用举例
Table 1 Examples of food sensory lexicons

食物种类	食物名称	定义	参比样	词典中描述词的数量					作者及年份
				外观	香气	风味	口感/质地	回味	
水果、蔬菜、豆类、食用菌及坚果	新鲜叶菜	有	有	—	32(香气和风味)	—	—	—	TALAVERA-BIANCHI等, 2010
	澳洲果蔬	有	有	—	37	12(风味和口感)	—	—	SMYTH等, 2012
	甘蓝	有	有	5	11	13	8	5	SWEGARDEN等, 2019
	蘑菇	有	有	—	—	27	—	—	CHUN等, 2020
	土豆	有	有	5	17	21	18	3	SHARMA等, 2020
	芒果	有	有	—	—	20	11	—	SUWONSICHON等, 2012
	无花果	无	有	13	20	23	7	5	HAUG等, 2013
	柚子	有	有	1	10(香气和风味)	—	9	3	ROSALES等, 2015
	鲜桃	有	有	1	11	14	7	—	BELISLE等, 2017
	草莓	有	有	2	8	10	5	—	OLIVER等, 2018
	杏仁	有	无	7	9	43	19	—	CIVILLE等, 2010
	黑核桃	有	有	—	—	22	—	—	MILLER等, 2013
	腰果	有	有	—	—	25	4	—	GRiffin等, 2017
焙烤食品	韩国泡菜	有	有	—	—	15	2	—	CHAMBERS等, 2012
	腐乳	有	有	—	8	7	7	—	CHEN等, 2016
	薯片	有	无	3	—	14	10	2	刘振华等, 2013
	法国面包	有	有	11	5	1	6	—	HAYAKAWA等, 2010
粮食及粮食制品	黑麦面包	有	有	—	—	28	—	—	TRAN等, 2018
	意大利面	有	有	5	9	2	19	—	IRIE等, 2018
	玉米粥	有	有	—	19	5	3	—	ZEPPA等, 2011
	大米	有	有	—	19	5	—	—	LIMPAWATTANA等, 2010
肉制品	藜麦	有	有	3	9	7	8	—	WU等, 2017
	牛肉	有	有	—	38(香气和风味)	—	—	—	ADHIKARI等, 2011
	牛肉	有	有	—	—	18	—	—	MAUGHAN等, 2012
	肉松	有	有	11	10	9	12	—	盖圣美等, 2020
水产品	红烧肉	有	有	2	7	6	24	5	刘登勇等, 2015
	鲅鱼鱼片	有	有	4	6	2	6	—	PHAN等, 2011
	鱼子酱	有	有	6	1	7	4	—	BAKER等, 2014
乳制品	奶酪	有	有	—	—	24	—	—	DRAKE等, 2010
	乳制品蛋白水解物	无	有	—	—	19	—	—	NEWMAN等, 2014
	山羊奶酪	有	有	—	—	39	—	—	TALAVERA等, 2016
	奶酪	有	无	4	—	8	4	—	GULZAR等, 2020
巧克力	巧克力	无	无	13	42	38	—	—	PELSMAEKER等, 2018
	酱油	有	有	—	—	58	—	—	CHERDCHU等, 2013
调味品	香醋	无	有	—	17	3	—	—	ZEPPA等, 2013
	调味酱油	有	有	1	22	24	—	3	PUJCHAKARN等, 2016
果汁及其饮料	酱油	无	无	36(外观、香气和风味)	—	—	—	—	WONGTHAHAN等, 2020
	韩国鸡汤	有	有	5	—	18	—	—	KIM等, 2017
	石榴汁	有	有	—	—	34	—	—	KOPPEL等, 2010
	柠檬碳酸饮料	有	有	—	—	15	—	18	LEKSRIISOMPONG等, 2012
	蓝莓汁	有	有	—	27(香气/风味)	—	5	—	BETT-GARBER等, 2013
	苹果汁	无	无	8	12	8	5	—	SILVA等, 2019
	马黛茶	有	有	2	11	17	1	7	GODOY等, 2019
	湖南砖茶	有	有	—	11	6	—	—	LI等, 2019
茶与咖啡	南非路易波士茶	有	有	—	—	14(风味和口感)	—	—	KOCH等, 2012
	咖啡	有	有	—	110(香气和风味)	—	—	—	CHAMBERS等, 2016
	木槿茶	有	有	4	15(香气和风味)	—	2	—	MONTEIRO等, 2017
	粉红波特酒	有	有	3	7	6	4	1	MONTEIRO等, 2013
酒类	朗姆酒	无	无	—	—	147	—	—	ICKES等, 2017
	赤霞珠葡萄酒	无	无	—	31(香气和风味)	—	16	—	GONZAGA等, 2019
	茴香酒	无	无	—	8	3	—	—	TSACHAKI等, 2010
	苹果酒	无	无	—	21(香气和风味)	—	6	—	PHETXUMPHOU等, 2020

品。感官分析数据首先能够分辨出两组不同的烈性酒,其次能够将提普罗样品进一步分为两组,含有八角或不含有八角。

3.1.2 与感官轮盘(Sensory Wheel)结合 绘制感官轮盘是将感官词典可视化、直观化的好方法^[69],轮盘为业界提供了一个简单方便的工具,可以总结和显示各种产品属性^[40]。对于非专业人士,如消费者和生产者,感官轮相较于文字性的词典更加容易传达感官特性^[51]。

3.1.3 与喜好度实验结合 开发词典的同时招募消费者进行喜好度测试能够有效地将二者结合起来,通过 PCA 等数据分析方法可以发现词典中的哪些属性与消费者的喜好成正相关,而哪些属性与之成负相关。如 MAUGHAN 等^[47]发现牛肉词典中,咸味、苦味和青草味是与肉的喜爱程度成反比的一些属性,因此可以归为“负”属性;而肉汤味、烤牛肉、多汁、褐色、油脂和咸味是与牛肉的喜爱程度正相关的一些属性,因此可以确定为推动消费者接受的属性。喜好度数据对育种人员、食品生产者都有实际意义,对其把控市场消费潜力、改进食品感官特性有巨大的推动作用。

3.1.4 与数据挖掘技术结合 随着数据挖掘技术的出现与成熟,有一些研究者将数据挖掘运用到了感官词典的建立中。ICKES 等^[67]利用网络技术从朗姆酒评论文章中提取了描述词。由于不同风格、风味特征的朗姆酒的数量有相当大的差异,很难以传统的感官小组生成词典的方式创建词汇,而且高酒精含量造成的感官疲劳也会阻碍词典的开发。该研究首次使用网络材料(包括博客、产品描述和网站评论)创建朗姆酒风味词典,使用 NVivoTM 软件对评论中香气、口中香气和味道属性进行提取,以积累感官术语。经过词频分析得出 147 个术语,分为 22 个不同的类别。最突出的词汇包括香草味、橡木味、焦糖味、果味、糖蜜味和烘焙香料味。这项研究的结果表明,基于网络材料可以用于包含大量变化的产品,并且在存在足够的产品评估的情况下可以创建一个词典。SILVA 等^[65]利用 R 语言软件包“tm”,采用文本挖掘的方法开发了苹果汁描述词列表。从 Scopus 数据库中选取 1998~2018 年 17 篇与苹果汁感官分析相关论文的“材料与方法”和“结果与讨论”部分作为文本挖掘计算的“语料库”。此外,还需要进行过滤和归一化操作,以进一步清理文本,选择有意义的数据,并融合意义相同的词。需要注意的是,这些步骤主要是人工完成的,因为文本挖掘工具并没有考虑到词的意义。

由于感官评价依赖于人类准确地传达他们的感官体验,因此消除风味描述词的多样性和重叠性仍然是一个挑战。在描述性分析等方法中使用的词典生成方法既昂贵又耗时,而在已有词典中选择词汇的方法或快速感官分析方法(Flash Profiling)对词汇的事后分析需要分析员做出相当大的主观决策。从这些

问题出发, HAMILTON 等^[68]利用了自然语言处理方法(NLP)为威士忌的网络评论中的非标准文本生成词汇。NLP 工具允许对大量的自由文本进行分析,而主观决策较少。这种方法有可能解决快速描述方法中的许多瓶颈,并有助于收集和使用非常大的产品描述数据集。

3.2 应用多元化

3.2.1 跨文化应用 不同文化背景、不同国籍的人对同一感官特性常有不同的描述,例如东亚人所描述的“鲜味”常被欧美人描述为“金属味”,这为感官词典的跨文化应用造成了困难。有研究者发现由不同国籍的训练有素的小组成员制定的通用词汇可以减少混乱,使词汇更易理解^[13]。通用词汇将有助于其他国家研究人员理解产品质量。另外,所开发的词典可以让研究人员在不同国家的实验室用相同的标准方法进行研究,使结果具有可比性。MONTEIRO 等^[38]借助来自不同文化背景下的消费者编写了法语、葡萄牙语和英语的跨文化木槿茶感官词汇,并以简单方便的形式集合起来,供木槿茶产业链上的不同参与者使用。

3.2.2 多角度应用 已有词典中的词汇也可以有多种使用方法。CHAMBERS 等^[16]的研究中强调了两种使用词汇的方式。在第一种情况下,即验证性研究中,所有 110 个术语都被使用,其中 35 个术语在验证开始前由小组选择,并为每个样本打分,其他术语则以 CATA 的形式纳入。在第二种情况下,专家们选择一个简短的关键属性列表,只关注对样本至关重要的几个属性,也就是从包含 110 个属性的词典中提取一个“子词典”用于特定样品的分析。除此之外,研究者还强调词典并不是一成不变的,在后续应用中仍可以添加新的属性,使其成为一份更利于实际应用的“活词典”。

4 展望

感官词典是科学的词汇表,有助于行业中不同角色人群之间的交流,如感官科学家、产品开发者、技术人员及销售人员。词典的持续出版推进了感官科学的标准化,通过提高可重复性而向科学性迈进。感官学界应鼓励开发和出版词典,以促进交流。目前部分食品已建立感官词典,但有些食品例如水产品感官词典研究较少;已经建立的有些感官词典存在描述词不全面等问题。今后感官词典还有许多方向可以深入研究,例如如何建立完整成熟的标准词典,适用于跨文化交流,词典是需要不断扩充的,这需要世界各地的学者共同努力;其次可以开展词典建立方法多元化研究,如数据挖掘等人工智能技术结合;另外应加强词典的应用研究,如用于新产品开发过程、质量控制、产品改进、测量产品在储存期间的变化以及培育新的植物栽培品种,进行不同地区产品的特征属性研究以满足消费者的独特性需求,更好地为食品生产者和食品行业服务。

参考文献

- [1] LAWLESS L J R, CIVILLE G V. Developing lexicons: A review[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2013, 28(4): 270–281.
- [2] KOPPEL K, CHAMBERS I V E. Development and application of a lexicon to describe the flavor of pomegranate juice: Lexicon for pomegranate juice[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2010, 25(6): 819–837.
- [3] CAUL J F. The profile method of flavor analysis[M]//Advances in food research. Academic Press, 1957, 7: 1–40.
- [4] BRANDT M A, SKINNER E Z, COLEMAN J A. Texture profile method[J]. *Journal of Food Science*, 1963, 28(4): 404–409.
- [5] MEILGAARD M C, CARR B T, CIVILLE G V. Sensory evaluation techniques[M]. CRC press, 2006.
- [6] MEILGAARD M C, CARR B T, CIVILLE G V. Sensory evaluation techniques[M/OL]. Elsevier, 2004. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780126726909X50008>.
- [7] ASTM Stock DS72-2011. Lexicon for sensory evaluation: Aroma, flavor, texture, and appearance[S]. 2011.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中国国家标准化管理委员会. 中华人民共和国国家标准 GB/T 29604-2013 感官分析 建立感官特性参比样的一般导则 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2013. [General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the people's Republic of China, China National Standardization Administration Committee. National standards of the people's Republic of China. GB/T 29604-2013, Sensory analysis-general guidance for establishing references for sensory attributes[S]. Beijing: China Standards Press, 2013.]
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中国国家标准化管理委员会. 中华人民共和国国家标准 GB/T 23470.1-2009, 感官分析 感官分析实验室人员一般导则 第 1 部分: 实验室人员职责 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009. [General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the people's Republic of China, China National Standardization Administration Committee. National standards of the people's Republic of China. GB/T 23470.1-2009, Sensory analysis-general guidance for the staff of a sensory evaluation laboratory-Part 1: Staff responsibilities[S]. Beijing: China Standards Press, 2009.]
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中国国家标准化管理委员会. 中华人民共和国国家标准 GB/T 23470.2-2009, 感官分析 感官分析实验室人员一般导则 第 2 部分: 评价小组组长的聘用和培训 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009. [General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the people's Republic of China, China National Standardization Administration Committee. National standards of the people's Republic of China. GB/T 23470.2-2009, Sensory analysis-general guidance for the staff of a sensory evaluation laboratory-Part 2: Recruitment and training of panel leaders[S]. Beijing: China Standards Press, 2009.]
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中国国家标准化管理委员会. 中华人民共和国国家标准 GB/T 10220-2012, 感官分析 方法学 总论 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2012. [General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the people's Republic of China, China National Standardization Ad-
- ministration Committee. National standards of the people's Republic of China. GB/T 10220-2012, Sensory analysis-methodology-general guidance[S]. Beijing: China Standards Press, 2012.]
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中国国家标准化管理委员会. 中华人民共和国国家标准 GB/T 10221-2012, 感官分析 术语 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2012. [General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the people's Republic of China, China National Standardization Administration Committee. National standards of the people's Republic of China. GB/T 10221-2012, Sensory analysis-vocabulary[S]. Beijing: China Standards Press, 2012.]
- [13] CHERDCHU P, CHAMBERS E, SUWONSICHON T. Sensory lexicon development using trained panelists in Thailand and the USA: Soy sauce[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2013, 28(3): 248–255.
- [14] LEKSRISOMPONG P P, LOPETCHARAT K, GUTHRIE B, et al. Descriptive analysis of carbonated regular and diet lemon-lime beverages[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2012, 27(4): 247–263.
- [15] CIVILLE G V, LAPSLEY K, HUANG G, et al. Development of an almond lexicon to assess the sensory properties of almond varieties[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2010, 25(1): 146–162.
- [16] CHAMBERS E, SANCHEZ K, PHAN U X T, et al. Development of a "living" lexicon for descriptive sensory analysis of brewed coffee[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2016, 31(6): 465–480.
- [17] HAYAKAWA F, UKAI N, NISHIDA J, et al. Lexicon for the sensory description of french bread in Japan[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2010, 25(1): 76–93.
- [18] TRAN T, JAMES M N, CHAMBERS D, et al. Lexicon development for the sensory description of rye bread[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2019, 34(1): e12474.
- [19] LI H H, LUO L Y, WANG J, et al. Lexicon development and quantitative descriptive analysis of hunan fuzhuan brick tea infusion[J]. *Food Research International*, 2019, 120: 275–284.
- [20] GODOY R C B, CHAMBERS E, YANG G. Development of a preliminary sensory lexicon for mate tea[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2020, 35(3): e12570.
- [21] MILLER A E, CHAMBERS D H. Descriptive analysis of flavor characteristics for black walnut cultivars: Descriptive analysis for black walnuts[J]. *Journal of Food Science*, 2013, 78(6): S887–S893.
- [22] NEWMAN J, O' RIORDAN D, JACQUIER J C, et al. Development of a sensory lexicon for dairy protein hydrolysates[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2014, 29(6): 413–424.
- [23] CHAMBERS E, LEE J, CHUN S, et al. Development of a lexicon for commercially available cabbage (*baechu*) kimchi: Cabbage kimchi lexicon[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2012, 27(6): 511–518.
- [24] TALAVERA M, CHAMBERS D H. Flavor lexicon and characteristics of artisan goat cheese from the United States[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2016, 31(6): 492–506.
- [25] IRIE K, MAEDA T, KAZAMi Y, et al. Establishment of a

- sensory lexicon for dried long pasta[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2018, 33(4): e12438.
- [26] TALAVERA-BIANCHI M, CHAMBERS I V E, Chambers D H. Lexicon to describe flavor of fresh leafy vegetables[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2010, 25(2): 163–183.
- [27] SOUZA GONZAGA L, CAPONE D L, BASTIAN S E P, et al. Using content analysis to characterise the sensory typicality and quality judgements of Australian Cabernet Sauvignon wines[J]. *Foods*, 2019, 8(12): 691.
- [28] TSACHAKI M, ARNAOUTOPOULOU A P, MARGOMENOU L, et al. Development of a suitable lexicon for sensory studies of the anise-flavoured spirits ouzo and tsipouro[J]. *Flavour and Fragrance Journal*, 2010, 25(6): 468–474.
- [29] PHAN U T X, NGUYEN D H. Flavor of cooked catfish (*Angasius hypophthalmus*) fillets as prediction from raw fresh and frozen-to-thawed: flavor prediction of pangasius fillets[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2012, 27(1): 12–25.
- [30] MONTEIRO B, VILELA A, CORREIA E. Sensory profile of pink port wines: Development of a flavour lexicon: Sensory profile of pink port wines[J]. *Flavour and Fragrance Journal*, 2014, 29(1): 50–58.
- [31] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中国国家标准化管理委员会. 中华人民共和国国家标准 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. [General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the people's Republic of China, China National Standardization Administration Committee. National standards of the people's Republic of China. GB/T 16291.1-2012, Sensory analysis-general guidance for the selection, training and monitoring of assessors-part 1: Selected assessors[S]. Beijing: China Standards Press, 2012.]
- [32] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中国国家标准化管理委员会. 中华人民共和国国家标准 GB/T 16291.2-2010, 感官分析选拔、培训和管理评价员一般导则 第 2 部分: 专家评价员 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2012. [General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the people's Republic of China, China National Standardization Administration Committee. National standards of the people's Republic of China. GB/T 16291.2-2010, Sensory analysis-general guidance for the selection, training and monitoring of assessors-part 2: Expert sensory assessors[S]. Beijing: China Standards Press, 2012.]
- [33] PUJCHAKARN T, SUWONSICHON S, SUWONSICHON T. Development of a sensory lexicon for a specific subcategory of soy sauce: Seasoning soy sauce[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2016, 31(6): 443–452.
- [34] ROSALES C K, SUWONSICHON S. Sensory lexicon of pomelo fruit over various cultivars and fresh-cut storage: Sensory lexicon of pomelo[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2015, 30(1): 21–32.
- [35] DI DONFRANCESCO B, KOPPEL K, CHAMBERS E. An initial lexicon for sensory properties of dry dog food: Sensory lexicon for dog food[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2012, 27(6): 498–510.
- [36] CHUN S, CHAMBERS E, HAN I. Development of a sensory flavor lexicon for mushrooms and subsequent characterization of fresh and dried mushrooms[J]. *Foods*, 2020, 9(8): 980.
- [37] WONGTHAHAN P, SAE-EAW A, PRINYAWIWATKUL W. Sensory lexicon and relationships among brown colour, saltiness perception and sensory liking evaluated by regular users and culinary chefs: A case of soy sauces[J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2020, 55(7): 2841–2850.
- [38] MONTEIRO M J, A. COSTA A I, FRANCO M I, et al. Cross-cultural development of hibiscus tea sensory lexicons for trained and untrained panelists[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2017, 32(5): e12297.
- [39] BETT-GARBER K L, LEA J M. Development of flavor lexicon for freshly pressed and processed blueberry juice: Blueberry juice lexicon[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2013, 28(2): 161–170.
- [40] KOCH I S, MULLER M, JOUBERT E, et al. Sensory characterization of rooibos tea and the development of a rooibos sensory wheel and lexicon[J]. *Food Research International*, 2012, 46(1): 217–228.
- [41] ZEPPEA G, GAMBIGLIANI ZOCCOLI M, NASI E, et al. Descriptive sensory analysis of Aceto Balsamico Tradizionale di Modena DOP and Aceto Balsamico Tradizionale di Reggio Emilia DOP[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2013, 93(15): 3737–3742.
- [42] CHEN Y P, CHUNG H Y. Development of a lexicon for commercial plain sufu (fermented soybean curd)[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2016, 31(1): 22–33.
- [43] LIMPAWATTANA M, SHEWFELT R L. Flavor lexicon for sensory descriptive profiling of different rice types[J]. *Journal of Food Science*, 2010, 75(4): S199–S205.
- [44] BAKER A K, VIXIE B, RASCO B A, et al. Development of a lexicon for caviar and its usefulness for determining consumer preference: lexicon development for caviar evaluation[J]. *Journal of Food Science*, 2014, 79(12): S2533–S2541.
- [45] BELISLE C, ADHIKARI K, CHAVEZ D, et al. Development of a lexicon for flavor and texture of fresh peach cultivars[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2017, 32(4): e12276.
- [46] 张璐璐, 汪厚银, 史波林, 等. 凉感强度参比标度的建立及其时间-强度动态变化[J]. *食品科学*, 2016, 37(3): 38–42. [ZHANG Lulu, WANG Houyin, SHI Bolin, et al. Establishment of reference scale for and dynamic temporal change of cooling intensity[J]. *Food Science*, 2016, 37(3): 38–42.]
- [47] MAUGHAN C, TANSAWAT R, CORNFORTH D, et al. Development of a beef flavor lexicon and its application to compare the flavor profile and consumer acceptance of rib steaks from grass- or grain-fed cattle[J]. *Meat Science*, 2012, 90(1): 116–121.
- [48] 赵镭, 解楠, 汪厚银, 等. 基于心理物理学的食品硬度参比样建立研究 [J]. *食品科学*, 2015, 36(21): 41–45. [ZHAO Lei, XIE Nan, WANG Houyin, et al. Establishment of food hardness references based on psychophysical law[J]. *Food Science*, 2015, 36(21): 41–45.]
- [49] WU G, ROSS C F, MORRIS C F, et al. Lexicon development, consumer acceptance, and drivers of liking of quinoa variet-

- ies[J]. *Journal of Food Science*, 2017, 82(4): 993–1005.
- [50] DRAKE S L, YATES M D, DRAKE M A. Development of a flavor lexicon for processed and imitation cheeses: Lexicon for processed and imitation cheeses[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2010, 25(5): 720–739.
- [51] SMYTH H E, SANDERSON J E, SULTANBAWA Y. Lexicon for the sensory description of Australian native plant foods and ingredients: Lexicon for Australian native foods[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2012, 27(6): 471–481.
- [52] HAUG M T, KING E S, HEYMANN H, et al. Sensory profiles for dried fig (*Ficus carica* L.) cultivars commercially grown and processed in California[J]. *Journal of Food Science*, 2013, 78(8): S1273–S1281.
- [53] DRAKE M A, YATES M D, GERARD P D, et al. Comparison of differences between lexicons for descriptive analysis of cheddar cheese flavour in Ireland, New Zealand, and the United States of America[J]. *International Dairy Journal*, 2005, 15(5): 473–483.
- [54] GULZAR N, SAMEEN A, MUHAMMAD AADIL R, et al. Descriptive sensory analysis of pizza cheese made from Mozzarella and semi-ripened Cheddar cheese under microwave and conventional cooking[J]. *Foods*, 2020, 9(2): 214.
- [55] SUWONSICHON S, CHAMBERS IV E, KONGPENSOOK V, et al. Sensory lexicon for mango as affected by cultivars and stages of ripeness: Sensory lexicon for mango[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2012, 27(3): 148–160.
- [56] OLIVER P, CICERALE S, PANG E, et al. Developing a strawberry lexicon to describe cultivars at two maturation stages[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2018, 33(1): e12312.
- [57] SWEGARDEN H, STELICK A, DANDO R, et al. Bridging sensory evaluation and consumer research for strategic leafy brassica (*Brassica Oleracea*) improvement[J]. *Journal of Food Science*, 2019, 84(12): 3746–3762.
- [58] SHARMA C, CHAMBERS E, JAYANTY S S, et al. Development of a lexicon to describe the sensory characteristics of a wide variety of potato cultivars[J/OL]. *Journal of Sensory Studies*, 2020, 35(4): e12577.
- [59] 刘振华, 盛松, 包建强. 薯片的感官描述分析[J]. *食品研究与开发*, 2013, 34(21): 14–18. [LIU Zhenhua, SHENG Song, BAO Jianqiang. Sensory descriptive analysis of potato chips[J]. *Food Research And Development*, 2013, 34(21): 14–18.]
- [60] ZEPPA G, BERTOLINO M, ROLLE L. Quantitative descriptive analysis of Italian polenta produced with different corn cultivars: Sensory analysis of polenta[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2012, 92(2): 412–417.
- [61] 盖圣美, 夏文云, 陆逢贵, 等. 肉松感官描述词汇的建立[J]. *食品与发酵工业*, 2020, 46(2): 277–285. [GAI Shengmei, XIA Wenyun, LU Fenggui, et al. Establishment of sensory evaluation description for dried meat floss[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2020, 46(2): 277–285.]
- [62] 刘登勇, 董丽, 谭阳, 等. 红烧肉感官描述词汇的建立[J]. *分析与检测*, 2015, 41(11): 157–164. [LIU Dengyong, DONG Li, TAN Yang, et al. Establishment of a vocabulary for sensory description of red meat[J]. *Analysis and Testing*, 2015, 41(11): 157–164.]
- [63] ADHIKARI K, CHAMBERS IV E, MILLER R, et al. Development of a lexicon for beef flavor in intact muscle[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2011, 26(6): 413–420.
- [64] KIM H, LEE J, KIM B. Development of an initial lexicon for and impact of forms (cube, liquid, powder) on chicken stock and comparison to consumer acceptance[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2017, 32(2): e12251.
- [65] MENDES DA SILVA T, TORELLO MARINONI D, PEANO C, et al. A new sensory approach combined with a text-mining tool to create a sensory lexicon and profile of monovarietal apple juices[J]. *Foods*, 2019, 8(12): 608.
- [66] PHETXUMPHOU K, COX A N, LAHNE J. Development and characterization of a Check-All-That-Apply (CATA) lexicon for virginia hard (alcoholic) ciders[J]. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 2020, 78(4): 299–307.
- [67] ICKES C M, LEE S-Y, CADWALLADER K R. Novel creation of a rum flavor lexicon through the use of web-based material[J]. *Journal of Food Science*, 2017, 82(5): 1216–1223.
- [68] HAMILTON L M, LAHNE J. Fast and automated sensory analysis: Using natural language processing for descriptive lexicon development[J]. *Food Quality and Preference*, 2020, 83: 103926.
- [69] DE PELSMAEKER S, DE CLERCQ G, GELLYNCK X, et al. Development of a sensory wheel and lexicon for chocolate[J]. *Food Research International*, 2019, 116: 1183–1191.
- [70] GRIFFIN L E, DEAN L L, DRAKE M A. The development of a lexicon for cashew nuts[J]. *Journal of Sensory Studies*, 2017, 32(1): e12244.