

凉感强度参比标度的建立及其时间-强度动态变化

张璐璐, 汪厚银, 史波林, 支瑞聪, 解楠, 赵镭*, 陈修红
(中国标准化研究院食品与农业标准化研究所, 北京 102200)

摘要: 采用15 cm线性标度法在确定了凉感强度描述语并通过凉感评价小组对系列质量浓度的L-薄荷醇参比样进行标度的基础上, 建立了符合费希纳定律的凉感强度参比标度, 即: L-薄荷醇质量浓度为: 4.00、7.60、12.00、15.00、20.00 g/L, 对应凉感标记值为: 2.50 cm (微凉)、5.00 cm (有点凉)、7.50 cm (中凉)、11.00 cm (很凉) 及13.00 cm (特凉)。同时, 还利用时间-强度法对强度参比标度的动态变化进行了研究, 通过相关性分析发现时间-强度参数 ($I_{\max}$ 为最大强度/cm、 T_{tot} 为凉感持续时间/min、AUC为曲线下面积) 与强度参比系质量浓度间成正相关关系; 通过分析凉感整体强度值 (I_{overall} , cm) 与时间-强度参数的相关性发现, I_{overall} 与 T_{tot} 及AUC的相关系数均在0.90以上, 其中与 $I_{\max}$ 的相关系数高达0.99, 表明在凉感强度标度时, $I_{\max}$ 对整体强度标度值的影响最大。

关键词: 凉感; 强度参比; 标度; 时间-强度; 动态变化

Establishment of Reference Scale for and Dynamic Temporal Change of Cooling Intensity

ZHANG Lulu, WANG Houyin, SHI Bolin, ZHI Ruicong, XIE Nan, ZHAO Lei*, CHEN Xiuhong
(Sub-Institute of Food and Agricultural Standardization, China National Institute of Standardization, Beijing 102200, China)

Abstract: Based on the cooling descriptors established by a special sensory panel and the analysis of scaling results for reference samples with different cooling intensities, the linear scale method was adopted to establish a 15-cm labeled line scale consistent with Fechner's law. The concentrations of reference samples were 4.00, 7.60, 12.00, 15.00 and 20.00 g/L menthol aqueous solutions and the labeled values in the 15-cm line scale were 2.50 cm (slight cooling), 5.00 cm (a bit cooling), 7.50 cm (moderate cooling), 11.00 cm (strong cooling) and 13.00 cm (extreme cooling), respectively. Moreover, the time intensity method was also used to explore the dynamic sensory change of reference samples. The maximum intensity ($I_{\max}$), duration time (T_{tot}) and the area under the time-intensity curve (AUC) were obtained through statistical analysis of the time-intensity curve established based on sensory panel data. The results showed that the relationship between these time-intensity curve parameters and the concentrations of reference samples was positively correlated. Meanwhile, the effect of dynamic sensory change on the overall intensity (I_{overall}) was also studied and it was confirmed that $I_{\max}$ played the most important role in scaling the overall intensity of reference samples. This paper not only has presented a powerful method for quantitative sensory evaluation of cooling intensity, but also has provided a creative idea for multi-dimension sensory evaluation of cooling and other trigeminal sensations.

Key words: cooling sensation; intensity reference; scale; time-intensity; dynamic change

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201603008

中图分类号: TS207.7

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2016) 03-0038-05

引文格式:

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.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201603008. <http://www.spkx.net.cn>

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. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201603008. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2015-03-17

基金项目: 中央基本科研业务费支持项目 (562014Y-3348)

作者简介: 张璐璐 (1987—), 女, 工程师, 硕士, 研究方向为感官分析技术。E-mail: onion1002@126.com

*通信作者: 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

凉感是口香糖、薄荷糖等凉感食品或牙膏等日用品的典型风味特征,也是消费者可直接感知的产品品质特征,凉感食品及日用品中的适中凉感强度,可使消费者感觉口腔爽净而清凉,口气清新而舒爽。据调查显示,我国已是全球第二大口香糖市场,口香糖类食品年增速在13%~14%之间;同时,我国牙膏年产值约为140亿元,而牙膏市场容量在220亿~240亿元之间^[1],可见,食品或日用品企业系统、深入开发以满足消费者凉感需求为目标的凉感食品或口腔护理产品前景广阔。然而,目前,并未有以人感知为基础的凉感强度感官评价标准方法,也未有可用于凉感强度评价的参比标度,这对企业进行新型凉感食品的定向研发产生一定的制约作用。

因此,建立凉感强度参比标度,一方面可为配方部门和消费者选择目标凉感食品或日用品间提供统一尺度指导,另一方面助推企业更有效地发挥感官分析技术对凉感食品或口腔护理新产品研发、产品质量控制支撑作用。凉感与辣感类似,均属于复合感觉^[2-5]。美国材料与实验协会(American Society of Testing Materials, ASTM)针对辣椒辣度制定了适用辣感强度评价的标准^[6-7],即要求评价员在对描述辣味强度的描述语“微辣”、“中辣”及“高辣”统一认识的基础上,将与辣度描述语对应的代表不同辣度的参比样进行多次训练后,采用线性标度法进行量值化,最终得到用于辣度评价的强度参比标度。因此,凉感强度参比标度的建立可借鉴辣度参比标度的建立思路开展研究。

与甜、咸等基本味觉的静态感知不同,人们对于三叉神经感觉(凉、麻、辣)的感知强度是一个动态变化的过程,给出的整体标度值通常为某一时间段内强度的近似平均值^[8]。根据凉感这一动态变化特征可知,不同凉感强度的参比溶液可在时间-强度曲线上呈现不同的变化趋势,具体表现为最大强度($I_{\max}$)、凉感持续时间(T_{tot})及时间-强度曲线下面积(area under curve, AUC)等关键参数的差异^[9-12]。因此,不同参比系凉感强度随时间的变化规律以及强度的动态变化如何影响评价员对整体凉感强度值的标度均需深入分析。

本实验采用15 cm线性标度法在确定了凉感强度描述语并通过专用凉感评价小组对系列质量浓度的L-薄荷醇参比样进行标度的基础上,建立凉感强度参比标度,并利用时间-强度法对凉感强度参比系的动态变化进行研究,本研究不仅为凉感强度的量化评价提供了有力依据,也为开展凉感感觉多维评价提供了新的思路。

1 材料与方法

1.1 试剂与仪器

L-薄荷醇(纯度为99.99) 华阳化工有限公司;

十二烷基硫酸钠(sodium dodecyl sulfate, SDS, 食品级) 郑州鸿祥化工有限公司。

PL 2002型精密天平 瑞士梅特勒-托利多仪器(中国)有限公司。

1.2 方法

1.2.1 凉感强度评价小组的建立

评价员的筛选及培训主要从评价员生理条件测试(包括味觉与嗅觉能力测试)、基本味与凉感的敏感度测试及凉感描述能力测试三方面进行,并从凉感的差别检验能力、分类、排序与评分检验能力以及描述分析能力对评价员进行考核^[13-14]。最终,根据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》^[15]筛选出一支由10位优选评价员(平均年龄22岁,5男5女)组成的凉感强度感官评价小组。

1.2.2 凉感强度描述语的标度

在不提供评价样品的情况下,组织评价员按照个人理解并采用15 cm线性标度法对描述不同凉感强度的5个描述语微凉、有点凉、中凉、很凉及特凉分别进行标度,对每一描述语均可选取0~15 cm间的任意数值进行标度。

1.2.3 凉感强度参比样的制备

薄荷醇的常见结构是L-薄荷醇和D-薄荷醇^[16],根据报道^[16-17],与D-薄荷醇相比,L-薄荷醇具有更持久及更强的凉感感受,但L-薄荷醇的添加量过多,会有评价员无法忍受的苦味刺激出现,本研究中选择L-薄荷醇配制凉感强度参比样的母液。母液配制方法为准确称量11.00 g L-薄荷醇,加入125 mL 1,2-丙二醇溶解后加纯净水定容至250 mL,此时得到母液的质量浓度为44.00 g/L。根据凉感语义描述语将母液用纯净水进行系列溶液稀释,由感官分析师初步确定出与凉感强度描述语对应的5个强度参比样,具体制备方法见表1。

表1 凉感强度参比系
Table 1 Reference system for different cooling intensities

描述语	微凉	有点凉	中凉	很凉	特凉
L-薄荷醇质量浓度/(g/L)	4.00	7.60	12.00	15.00	20.00

1.2.4 凉感强度参比样整体强度评价

组织评价员采用与1.2.2节相同的标度法对5个凉感强度参比样进行强度评价。具体评价方法为:取参比样溶液20 mL,充分漱口30 s后吐出(不能用清水漱口),然后微张口,轻吸气,评价此时口腔内部的整体凉感强度,每个参比样重复评价3次。

1.2.5 凉感强度参比样的时间-强度评价

凉感释放是一个动态变化的过程,本研究中采用时间-强度法对这一动态过程进行记录并进行后续分析^[10,12],具体评价方法与1.2.4节相同;时间记录方法为根据凉感成分在牙膏中的释放特点,拟定时间-强度曲线中的时

间记录点（表2），每个样品记录0~30 min，共计26个点，由感官分析师统一控制时间并将评价结果记录在时间-强度曲线上，每个参比样重复评价3次。

表2 时间-强度曲线中的时间记录点
Table 2 Time recording points

时间	记录强度时间间隔	记录点个数
0~20 s	10 s	3
20 s~1 min	20 s	2
1~3 min	30 s	4
3~4 min	20 s	3
4~5 min	30 s	2
5~10 min	1 min	5
10~20 min	2 min	5
20~30 min	5 min	2

1.3 统计分析

采用Origin 8.0及SPSS 19.0软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 凉感强度参比标度的确定

2.1.1 凉感语义描述范围的确定

评价员结合个人理解，采用15 cm线性标度法将凉感强度描述语“微凉”、“有点凉”、“中凉”、“很凉”及“特凉”进行了标度。统计并汇总所有评价员对每个强度描述语的标度结果，根据每个描述语标度结果的最大值及最小值即可做出该评价小组对凉感强度描述语的标度范围。由图1可知，评价小组确定的凉感描述语可以覆盖常见凉感强度范围，其值在1.00~14.50之间，且对强度描述语的含义理解较为一致，强度由低到高依次为：微凉、有点凉、中凉、很凉及特凉，其标度范围依次为：1.00~3.05、2.90~6.00、6.00~8.50、8.20~11.70、11.10~14.50 cm。对于部分语义描述范围有重叠的部分，可以通过后续小组培训、讨论得以校准。

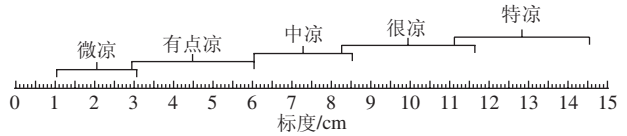


图1 凉感强度描述语标度范围

Fig.1 Scale range of cooling intensity descriptors

2.1.2 参比样整体凉感强度的确定

评价员对5个凉感强度参比样分别进行了标度，结果见表3。感官评价中通常采用相对标准偏差（relative standard deviation, RSD）考察评价员或评价小组结果的重复性是否符合要求^[13]，若RSD值小于0.20，则结果的重复性符合要求，反之，若RSD值大于0.20，则说明结果重复性较低因而无法进行后续统计分析。由表3可知，无

论是评价员还是评价小组对凉感强度参比样标度结果的RSD值均在0.20以内，因此，数据有效，可进行后续分析。将评价小组3轮次评价结果汇总并进行平均值处理，可得到小组对5个强度参比样的整体凉感强度标度值，即质量浓度为4.00、7.60、12.00、15.00、20.00 g/mL的L-薄荷醇凉感强度参比系在15 cm的标度值分别为：2.50、5.00、7.50、11.00、13.00 cm。结合2.1.1节结果可知，凉感强度参比样标度值分别涵盖于凉感描述语标度范围内，由此，可确定凉感强度描述语与5个凉感强度参比样的一一对应关系，从而最终确定出凉感强度评价参比标度，即凉感语义描述语微凉、有点凉、中凉、很凉及特凉对应的L-薄荷醇凉感强度参比样质量浓度分别为：4.00、7.60、12.00、15.00、20.00 g/L，对应凉感标记值分别为：2.50、5.00、7.50、11.00、13.00 cm。

表3 凉感强度参比样整体强度评价结果
Table 3 Summary of the results of overall intensity for cooling intensity reference

评价员	4.00 g/L		7.60 g/L		12.00 g/L		15.00 g/L		20.00 g/L	
	标度/cm	RSD	标度/cm	RSD	标度/cm	RSD	标度/cm	RSD	标度/cm	RSD
A1	2.40	0.17	5.00	0.20	8.20	0.07	11.20	0.18	12.00	0.13
A2	1.90	0.19	4.30	0.11	7.50	0.20	9.50	0.17	13.50	0.20
A3	2.20	0.20	4.00	0.12	7.00	0.17	12.50	0.20	13.00	0.20
A4	2.70	0.14	6.10	0.19	8.00	0.20	9.80	0.15	11.90	0.19
A5	1.80	0.20	4.50	0.09	6.00	0.16	10.90	0.16	12.50	0.18
A6	2.80	0.09	5.50	0.10	8.00	0.10	10.50	0.18	12.00	0.17
A7	3.40	0.12	5.00	0.16	7.00	0.12	12.00	0.09	14.00	0.19
A8	2.60	0.11	5.60	0.18	8.30	0.15	9.90	0.10	14.50	0.20
A9	2.80	0.12	6.30	0.16	9.00	0.14	11.30	0.12	12.80	0.16
A10	2.20	0.09	4.10	0.19	6.00	0.14	12.00	0.20	14.10	0.15
均值	2.50		5.00		7.50		11.00		13.00	
RSD	0.19		0.16		0.13		0.09		0.07	

2.1.3 凉感强度响应规律分析

在心理物理学研究过程中，通常采用心理物理学定律定量考察物理量与人的感觉量的相关关系或物理刺激的变化引起的感觉响应的变化。其中，最具代表性的心理物理学定律主要有^[18-21]：

1) 韦伯定律，感觉的差别阈限随原来刺激量的变化而变化，而且表现为一定的规律性，公式见下式。

$$\frac{\Delta\Phi}{\Phi} = k \tag{1}$$

式中： Φ 为原刺激量； $\Delta\Phi$ 为此时的差别阈限； k 为常数。

2) 费希纳定律，即心理量 S 与物理量 I 的对数值成正比，用公式表示为：

$$S = k \lg I \tag{2}$$

3) 斯蒂文斯定律，心理量 S 是物理量 I 的幂函数，用公式表示为：

$$S = kI^n \tag{3}$$

为考察评价员对不同质量浓度 L -薄荷醇的凉感响应遵循何种响应规律,对不同质量浓度的 L -薄荷醇与其相应的整体凉感强度值之间的关系进行了拟合,经分析发现, L -薄荷醇质量浓度(x)的对数与整体凉感强度值(y)成正相关关系,拟合关系式为 $y=6.58\ln x-7.47$ ($R^2=0.94$) (图2),由此可知,评价员对凉感强度感觉的心理量与 L -薄荷醇质量浓度的对数值成正比,即评价员对凉感强度的响应在一定 L -薄荷醇质量浓度下符合费希纳心理物理学定律。

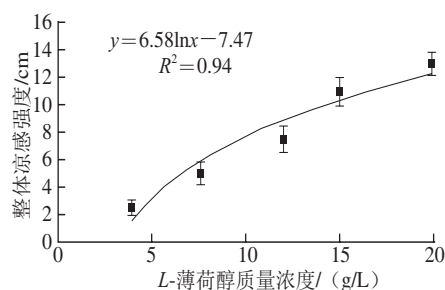


图2 L -薄荷醇质量浓度与整体凉感强度参比标度
Fig.2 Intensity reference scale of cooling sensation

2.2 凉感参比样时间-强度动态变化分析

为考察5个凉感强度参比样强度值随时间变化的规律,本研究利用时间-强度法对给定时间点对应凉感强度值进行标度,对结果进行统计分析并作图,即可得到5个凉感强度参比样的时间-强度变化曲线,如图3所示。从整体曲线来看,评价小组对5个参比样的凉感强度标度值均为先急剧上升后缓慢下降,时间-强度曲线均具有1个峰值且该峰值在 L -薄荷醇溶液入口后的1 min之内即可达到;从曲线上升及下降速率来看,不同 L -薄荷醇质量浓度间并无显著差异,而下降速率则随着 L -薄荷醇质量浓度的增加而减小;从曲线下的面积来看,随着 L -薄荷醇质量浓度的增加曲线下的面积依次增加。

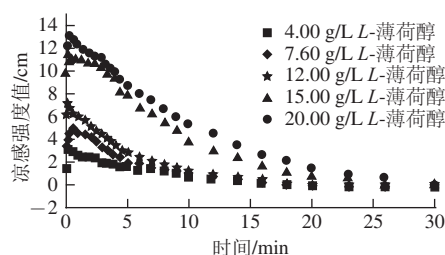


图3 凉感参比样时间-强度曲线
Fig.3 Time-intensity curves of cooling reference samples

通常,对感觉强度的动态变化分析即是对时间-强度曲线上的关键参数(如 $I_{\max}$ 、 T_{tot} 、AUC及 I_{overall} ...)进行定量分析^[9],通过关键参数的变化反映评价员对不同

L -薄荷醇质量浓度在不同时间下的凉感强度响应。本实验对不同 L -薄荷醇质量浓度下的时间-强度参数 $I_{\max}$ 、 T_{tot} 、AUC及 I_{overall} 进行分析,结果见图4,随着 L -薄荷醇质量浓度的增加, $I_{\max}$ 、 T_{tot} 、AUC及 I_{overall} 均随着 L -薄荷醇质量浓度的增加而增大;通过相关性分析发现, L -薄荷醇质量浓度(x)与 $I_{\max}$ 、 T_{tot} 、AUC及 I_{overall} 成正相关,相关性方程分别为 $y_1=6.51x_1+0.38$ ($R^2=0.95$)、 $y_2=8.98x_2+11.55$ ($R^2=0.94$)、 $y_3=72.01x_3-19.35$ ($R^2=0.87$)、 $y_4=6.79x_4-0.16$ ($R^2=0.98$)。

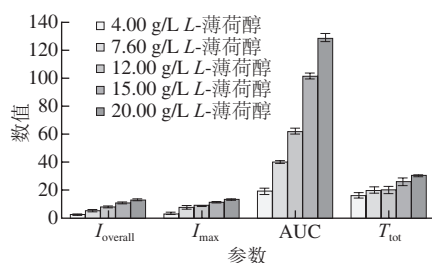


图4 凉感参比样时间-强度参数
Fig.4 Time-intensity parameters for cooling reference samples

2.3 凉感整体强度与时间-强度变化参数相关性分析

对凉感参比样进行整体强度标度时,评价员需将整体作用时间内的凉感强度进行平均化处理。为进一步考察评价员对凉感强度参比样的整体强度标度值与时间-强度关键参数之间的关系,本实验对凉感整体强度(I_{overall})与时间-强度变化参数($I_{\max}$ 、 T_{tot} 及AUC)进行了相关性分析,分析结果见表4。凉感整体强度与时间-强度各参数的相关程度均很高,相关系数达0.90以上,其中, I_{overall} 与 $I_{\max}$ 相关性为最高(0.99),达到了极显著的水平。结果表明:评价小组对凉感强度参比样的整体强度标度的重要依据为 $I_{\max}$ 、 T_{tot} 及AUC,其中,时间-强度变化过程中的最大强度值($I_{\max}$)对整体强度标度值(I_{overall})的影响最大。

表4 整体强度值与时间-强度参数的相关系数

Table 4 Correlation coefficients between overall intensity and time-intensity parameters

项目	I_{overall} 与 $I_{\max}$	I_{overall} 与 T_{tot}	I_{overall} 与AUC
复相关系数	0.99**	0.94**	0.92**

注:** $P < 0.01$,表示极显著相关。

3 结论

本实验采用15 cm线性标度法在确定了凉感强度描述语并通过评价小组对系列质量浓度的 L -薄荷醇参比样进行标度的基础上,建立了凉感强度参比标度,即: L -薄荷醇质量浓度为:4.00、7.60、12.00、15.00、20.00 g/L,对应凉感标记值为:2.50 cm(微凉)、5.00 cm(有点

凉)、7.50 cm(中凉)、11.00 cm(很凉)及13.00 cm(特凉),该标度符合费希纳心理物理学定律。同时,通过分析时间-强度曲线参数($I_{\max}$ 为最大强度/cm、 T_{tot} 为凉感持续时间/min、AUC为曲线下面积)与 L -薄荷醇质量浓度间关系发现,参比系质量浓度与各参数值成正相关关系;对参比系整体强度(I_{overall})与时间-强度参数之间的相关性进行分析,结果显示, I_{overall} 与 T_{tot} 及AUC的相关系数均在0.90以上,其中与 $I_{\max}$ 的相关系数高达0.99,表明最大强度值($I_{\max}$)对整体强度标度值(I_{overall})的影响最大。

本实验创建的凉感强度参比标度对于开展食品凉感强度量化评价、进行产品新配方的研发和改进具有重要的理论指导意义。然而,本实验确定凉感强度的参比样为 L -薄荷醇溶液,为避免高质量浓度薄荷醇带来的苦味、灼烧感及溶剂带来的刺激感^[22-25],在后续使用过程中可考虑采用性质稳定、凉感持续性苦味程度较小的新型凉感剂建立参比样。

参考文献:

- [1] 中国牙膏市场现状及发展趋势分析[J]. 口腔护理用品工业, 2012(6): 56-58.
- [2] KIM J Y, SUNG Y E, KIM K O. Descriptive analysis of toothpaste flavor using novel sample preparation procedure[J]. Journal of Sensory Studies, 2013, 28: 154-160. DOI:10.1111/joss.12032.
- [3] KOSTYRA E, BARYŁKO-PIKIELNA N, DĄBROWSKA U. Relationship of pungency and leading flavour attributes in model food matrices-temporal aspects[J]. Food Quality and Preference, 2010, 21: 197-206. DOI:10.1016/j.foodqual.2009.03.007.
- [4] GREEN B G. Chemesthesis: pungency as a component of flavor[J]. Trends in Food Science & Technology, 1996, 12(7): 415-420. DOI:10.1016/S0924-2244(96)10043-1.
- [5] KAMATOU G P P, VERMAAK I, VILJOEN A M, et al. Menthol: a simple monoterpene with remarkable biological properties[J]. Phytochemistry, 2013, 96: 15-25. DOI:10.1016/j.phytochem.2013.08.005.
- [6] ASTM E1083-00, 2006. Standard Test Method for Sensory Evaluation of Red Pepper Heat[S]. America: ASTM, 2006.
- [7] ASTM E1395-90, 2004. Standard Test Method for Sensory Evaluation of Low Heat Chilies[S]. America: ASTM, 2004.
- [8] HARRY T L, HILDEGARDE H. Sensory evaluation of food: principles and practices[M]. 2nd ed. New York: Springer, 2010: 127-146.
- [9] GOODSTEIN E S, BOHLSCHIED J C, EVANS M, et al. Perception of flavor finish in model white wine: a time-intensity study[J]. Food Quality and Preference, 2014, 36(8): 50-60. DOI:10.1016/j.foodqual.2014.02.012.
- [10] ASTM E1909-13, Standard Guide for Time-Intensity Evaluation of Sensory Attributes[S]. America: ASTM, 2013.
- [11] OBST K, PAETZ S, LEY J P, et al. Chapter 8: multiple time-intensity profiling (mTIP) as an advanced evaluation tool for complex tastants[M]// FERREIRA V, LOPE Z. Flavour Science, London: Academic Press, 2014: 45-49. DOI:10.1016/B978-0-12-398549-1.00008-8.
- [12] LORIDO L, ESTÉVEZ M, VENTANAS S. A novel approach to assess temporal sensory perception of muscle foods: application of a time-intensity technique to diverse Iberian meat products[J]. Meat Science, 2014, 96(1): 385-393. DOI:10.1016/j.meatsci.2013.07.035.
- [13] 赵镭, 刘文. 感官分析技术应用指南[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2011: 55-61.
- [14] 常玉梅, 钟芳. 豆腐干质构感官分析及评价小组能力评估[J]. 食品与生物技术学报, 2013, 32(1): 37-42. DOI:10.3969/j.issn.1673-1689.2013.01.006.
- [15] 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].
- [16] ELIZABETH G, HILDEGARDE H. The temporal perception of menthol[J]. Journal of Sensory Studies, 1995, 10: 393-400. DOI:10.1111/j.1745-459X.1995.tb00028.x.
- [17] KLEIN A H, SAWYER C M, TAKECHI K, et al. Topical hindpaw application of L -menthol decreases responsiveness to heat with biphasic effects on cold sensitivity of rat lumbar dorsal horn neurons[J]. Neuroscience, 2012, 219: 234-242. DOI:10.1016/j.neuroscience.2012.05.061.
- [18] 刘武, 裴登峰. 费希纳的心理物理学与现代定量心理学的测量方法论评述[J]. 东北大学学报(社会科学版), 2004, 3(6): 168-171. DOI:10.3969/j.issn.1008-3758.2004.03.004.
- [19] 陈启高, 马贵中, 丁小中, 等. 广义的韦伯-费昔勒定律[J]. 重庆建筑工程学院学报, 1991(4): 17-22. DOI:10.11835/j.issn.1674-4764.1991.04.001.
- [20] 朱滢. 实验心理学[M]. 3版. 北京: 北京大学出版社, 2011: 55-79.
- [21] 张学民. 实验心理学[M]. 3版. 北京: 北京师范大学出版社, 2011: 67-73.
- [22] 陈磊, 晏日安. 新型凉味剂薄荷酰胺(WS-3)[J]. 现代食品科技, 2006, 26(4): 269-270. DOI:10.3969/j.issn.1673-9078.2006.04.089.
- [23] 陈敏珊. 牙膏清凉度的研究及清爽牙膏的研制[J]. 牙膏工业, 2008, 18(2): 8-9.
- [24] 陈为民, 骆希明, 高萍. 高效清凉剂薄荷酰胺的合成[J]. 牙膏工业, 2008, 18(3): 33-35.
- [25] 沈蓓芮, 鲍红光. 薄荷酰胺在牙膏中的应用[J]. 牙膏工业, 2011, 21(1): 28-29.