

基于人工感官、电子舌和 σ - τ 法研究食品甜香成分对甜味的相互作用规律

张翼鹏, 张伟, 吴家灿, 马宁, 王明锋*

(云南中烟工业有限责任公司技术中心, 昆明 650231)

摘要:甜味是风味的重要味觉指标, 不仅受葡萄糖等糖类甜味物质的影响, 也受添加的甜香物质的影响。文章对甜香成分与甜味物质间是否存在协同作用进行了研究。采用电子舌技术结合人工感官探究了6种香气物质(苯甲醇、苯乙醇、肉桂醛、香兰素、呋喃酮、 γ -癸内酯)对葡萄糖溶液甜味的影响效果。运用 σ - τ 图法进行分析, 结果表明: 单一的葡萄糖水溶液在电子舌上响应值随着浓度变化呈现正相关, 即随着浓度增加, 甜味值也增加, 但是浓度较高时增加趋势趋于平缓; 而在6种香料的研究中, 发现苯甲醇和苯乙醇的增甜效果最好, 肉桂醛和 γ -癸内酯的增甜效果则在指定浓度范围内有所提高, 香兰素和呋喃酮则对甜味有减弱作用。该研究成果可广泛应用于饮料、烘焙、冰淇淋等领域, 为实现“减糖不减味”的目标提供一定的借鉴意义。

关键词:甜味; 甜香; 电子舌; 协同作用; σ - τ 图法

中图分类号: TS207.3

文献标志码: A

doi:10.3969/j.issn.1000-9973.2021.10.030

文章编号: 1000-9973(2021)10-0152-08

Study on the Synergistic Effect of Sweet and Aroma Components in Food on Sweetness Based on Sensory Analysis, Electronic Tongue and σ - τ Method

ZHANG Yi-peng, ZHANG Wei, WU Jia-can, MA Ning, WANG Ming-feng*

(Technology Center of China Tobacco Yunnan Industrial Co., Ltd., Kunming 650231, China)

Abstract: Sweetness is an important taste index of flavor, it is not only affected by sugar sweet substances such as glucose, but also affected by added sweet and aroma substances. Whether sweet and aroma components and sweet substances have synergistic effect or not is studied in this paper. The effect of six aroma substances (benzyl alcohol, phenyl alcohol, cinnamaldehyde, vanillin, furanone, γ -decalactone) on the sweetness of glucose solution is investigated by using the electronic tongue technique combined with artificial senses. The analysis is carried out by σ - τ diagram method, the results show that the response value of single glucose solution on the electronic tongue is positively correlated with the concentration, that is with the increase of concentration, the sweetness value also increases, but the increase trend tends to be smooth when the concentration is higher. It is found that the sweetening effect of benzyl alcohol and phenyl alcohol is the best, the sweetening effect of cinnamaldehyde and γ -decalactone is increased in the specified concentration range, vanilline and furanone have the effect of reducing sweetness. The research results can be widely used in beverage.

收稿日期: 2021-04-20

基金项目: 中国烟草总公司科技项目“烟气香与味的感官交互作用研究及在卷烟调香中的应用”(110201802001)

作者简介: 张翼鹏(1986-), 男, 工程师, 硕士, 研究方向: 香精香料开发。

* 通讯作者: 王明锋(1975-), 男, 白族, 研究员, 硕士, 研究方向: 卷烟调香。

引文格式: 张翼鹏, 张伟, 吴家灿, 等. 基于人工感官、电子舌和 σ - τ 法研究食品甜香成分对甜味的相互作用规律[J]. 中国调味品, 2021, 46(10): 152-159.

baking, ice cream and other fields, providing a certain reference for the goal of “reducing sugar without reducing taste”.

Key words: sweetness; sweet and aroma; electronic tongue; synergistic effect; σ - τ diagram method

电子舌作为一种快速检测食品风味的仪器,能够解决人工感官评价中耗时、耗成本的缺点,客观地评价了食品的风味。其原理是电子舌中的味觉传感器阵列部分对待测样品进行响应,将响应值转化为电信号,而电信号会进入到模式识别系统中,通过该系统的处理和转化,会将电信号输出为相对应的味觉结果^[1]。电子舌技术发展迅速,传感器的组成阵列由几个增加到数十个,代表着电子鼻技术愈发成熟,检测准确度与灵敏度越来越高。目前电子舌技术已经被运用到黄酒、葡萄酒、橙汁、茶饮料、肉类等食品中,可以用来分析食品中的感官值,建立模型,用来寻找最佳工艺条件或进行样品比对^[2]。

目前关于甜味的相关研究可以分为三类:一类是关于甜味物质的测定,该方面研究主要是基于色谱法鉴定单一甜味物质及测定其含量,注重的是鉴定种类和测定含量^[3],可以将香气物质与味觉物质之间的相互作用分为 3 种,即协同作用、掩盖作用和无作用。香气物质与味觉物质混合在一起时,感官属性增强,则它们之间的相互作用称为协同作用;感官属性减弱,则它们之间的相互作用称为掩盖作用;感官属性强度未发生变化,则它们之间的相互作用称为无作用^[4-5]。

σ - τ 模型^[6]是通过二元混合物的混合感官强度值,研究二元混合物之间的相互作用关系。Laing 等^[7]通过 σ - τ 图法研究得出,当混合物 τ 小于 0.5 时,混合物主要在低加成区域。但当 τ 大于 0.5 时,大部分混合物会出现在折中区域;Cometto 等^[8]以感官强度尺度评价 16 种不同比例的乳酸和甲醛混合物的嗅觉刺激强度,发现两者存在相互叠加作用;Nahon 等^[9]在黑加仑饮料中加入甜味剂,结果发现:其对果香有促进作用,对酸香有抑制作用;该方法主要对二元香气物质之间的相互作用进行了研究,并没有涉及到香气物质与甜味成分间的相互作用关系。

近年来,随着生活水平的提高,人们的饮食模式也朝着高脂肪、高热量、高糖膳食摄入的方向发展,更易引发慢性疾病,对健康产生不良影响。目前减少添加糖的摄入日益受到世界范围的关注,很多国家和地区均已将降糖提升到国家强制管控层面。全球政策的引导加快了减糖食品产业的发展和产品的上市,满足了人们对健康食品的需求,低糖食品正在成为新的趋势。如何科学地打造配方,在保障健康饮食的同时,满足人们挑剔的味蕾,“减糖不减味”成为食品行业面临的共同问题。

运用“多感官融合”的原理,通过增强其他感官感

受以同步增强甜味的感知,是一种“减糖不减味”的有效方式。研究表明,通过在乳制品中加入香草香气,实现了在不影响甜味强度的前提下,使蔗糖含量降低 30%~40%^[10]。利用香气作为“减糖”工具,其机制可能是利用人们先前对甜味与特定香气组合获得的美好体验,给大脑提供了积极信号,增强了对甜味的感受。

通过多感官融合技术,添加特定的香气成分可以有效增强甜味剂的甜味属性。如肉桂醛具有肉桂香气,使用含有肉桂醛的调味品能够改善肉制品的辛甜风味^[11]。苯乙醇具有玫瑰花花香和甜香,在玫瑰醋类似产品中合理使用苯乙醇,能够增加其玫瑰的清甜特征香气^[12]。添加吡喃酮类化合物能够赋予酱油焦甜香气^[13-14]。该技术可以广泛应用于饮料、烘焙、冰淇淋等领域中,添加特定的香气成分,保持风味的完整性,满足味蕾的需求。

因此,本文通过人工感官评价结合电子舌味觉分析系统和 σ - τ 法对甜香物质与甜味之间的相互作用规律进行研究,使香气物质与味觉感官联系起来,旨在更加安全合理地使用这些物质,尽可能地减少甜味剂的添加,符合人们对美好生活的追求^[15],对安全健康食品的开发具有重要的指导意义。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

葡萄糖、肉桂醛、 γ -癸内酯、香兰素、吡喃酮、苯乙醇、苯甲醇、乙醇(99.5%)、酒石酸、氯化钾;以上原料均属食品级,均购自上海泰坦科技股份有限公司;超纯水:广州屈臣氏食品饮料有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 溶液配制

不同浓度葡萄糖溶液的配制:在超纯水中加入 5%乙醇、0.045 g 酒石酸、2.24 g 氯化钾,定容至 1 L,此溶液作为溶剂。使用该溶剂配制样品,浓度见表 1,待检测用。

表 1 不同浓度葡萄糖样品

Table 1 The glucose samples with different concentration

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
葡萄糖(PTT) (g/kg)	5	10	20	50	60	80	100	150	200

不同浓度单一香料溶液的配制:在超纯水中加入 5%乙醇、0.045 g 酒石酸、2.24 g 氯化钾,定容至 1 L,此溶液作为溶剂。使用该溶剂配制不同浓度原料溶液样品,浓度见表 2,待检测用。不同浓度单一香料与

50 g/kg 葡萄糖的混合物溶液的配制:在超纯水中加入 5%乙醇、0.045 g 酒石酸、2.24 g 氯化钾、50 g 葡萄糖,定容至 1 L,此溶液作为溶剂。使用该溶剂配制不同浓度原料溶液样品,香料浓度见表 2,待检测用。

表 2 不同浓度单一香料样品

Table 2 The single aroma material samples with different concentration

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
苯甲醇(BJC) /(mg/kg)	0.1	0.5	1	5	10	20	30	40	50
苯乙醇(BYC) /(mg/kg)	0.1	0.5	1	5	10	20	30	40	50
γ -癸内酯(GNZ) /(mg/kg)	0.1	0.5	1	5	10	20	30	40	50
肉桂醛(RGQ) /(mg/kg)	0.1	0.5	1	5	10	20	30	40	50
香兰素(XLS) /(mg/kg)	0.1	0.5	1	5	10	20	30	40	50
呋喃酮(FNT) /(mg/kg)	0.5	1	5	10	20	50	100	200	500

1.2.2 电子舌分析

实验中使用的是日本 Insent 公司的 TS-5000Z 型电子舌,其传感器类型有 AE1 传感器(检测涩味)、C00 传感器(检测苦味)、GL1 传感器(检测甜味)、CT0 传感器(检测咸味)、AAE 传感器(检测鲜味)、CAO 传感器(检测酸味)。

使用 GL1 传感器检测所有样品的甜味值,在检测前需要对电子舌进行稳定性自检,待自检通过后就能进行样品的检测,分别检测不同浓度的葡萄糖溶液、单一香料、葡萄糖和不同浓度单一香料混合物的甜味值,每个样品共测 5 次,取后 3 次测定数据的平均值为样品的甜味值。

1.2.3 人工感官评价

人工感官评价人员应符合以下要求:身体健康,嗅觉、味觉正常,具有较高的感官灵敏度;通过专业训练与考核,掌握品评规程及品评方法;不易受个人情绪及外界因素影响,判断评价客观公正;评价人员若出现感冒、疲劳等症状则不宜进行评价,评价前不宜吃刺激性强的食物,也不宜使用带有香气的化妆品,评价过程中不宜吸烟,否则会影响评价的结果。

本实验的感官评价人员共 10 名(均为上海应用技术大学研究人员,年龄在 20~30 周岁,男女各 5 位),所有评价人员都经过长期的训练,无不良嗜好,评价前均无不良症状等。评价实验是在专门的感官评价室进行,装样品的杯子都统一采同一规格的品尝杯,并且随机编号(三位数的编号,如“212”),分批次呈现样品给感官人员,为了避免人员疲劳,每轮次中间休息 10~20 min。评价标准以 10%的蔗糖水溶液的品尝甜度

为 1,对样品进行相应的甜度打分,若无甜度,则为 0^[16]。重复 3 次,结果取平均值。

1.2.4 σ - τ 分析

Pattet 在前人的基础上通过研究二元混合物的混合感官,提出了 σ - τ 强度模型。通过对 A、B 化合物单独存在时的甜度值与它们混合物的甜度值进行比较来判断 A、B 之间甜度值的关系和影响。混合物甜度值与单独组分甜度值之和的比值定义为 σ ,计算公式为: $\sigma = I_{AB} / (I_A + I_B)$;单独组分甜味值与单独组分甜度值之和的比值定义为 τ_A 或者 τ_B ,计算公式为 $\tau_A = I_A / (I_A + I_B)$, $\tau_B = I_B / (I_A + I_B)$ 。其中 I_{AB} 是 A 和 B 混合物的整体感知甜度值, I_A 和 I_B 是 A 和 B 组分在单独品尝时的甜度值。组分间的 5 种相互作用关系见图 1。若混合物的甜度值大于各组分单独存在时的甜度值之和,即 $\sigma > 1$ 时,表现为超加成或协同作用效果;若混合物的甜度值等于各组分单独存在时的甜度值之和,即 $\sigma = 1$ 时,表现为完全加成效果;若混合物的甜度值小于各组分单独存在时的甜度值之和,即 $\sigma < 1$ 时,表现为低加成作用效果。低加成作用还分为以下 3 种情况:①当 $\max(\tau_A, \tau_B) < \sigma < 1$ 时,表现为加成作用效果;②当 $\min(\tau_A, \tau_B) < \sigma < \max(\tau_A, \tau_B)$ 时,表现为折中作用效果;③当 $\sigma < \min(\tau_A, \tau_B)$ 时,表现为掩盖作用效果。

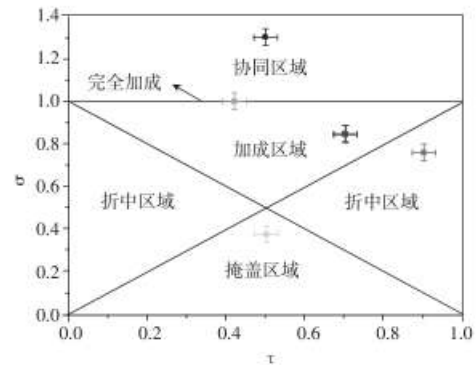


图 1 σ - τ 图

Fig. 1 σ - τ diagram

2 结果与讨论

2.1 不同浓度葡萄糖的甜味值

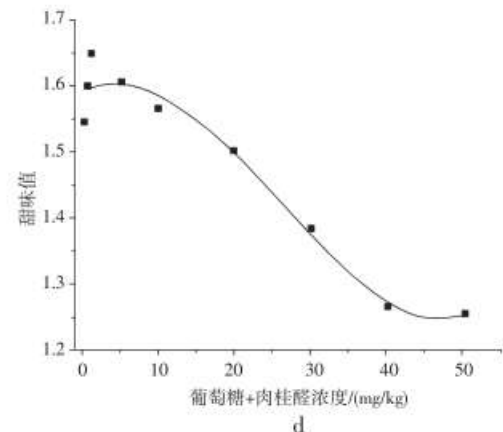
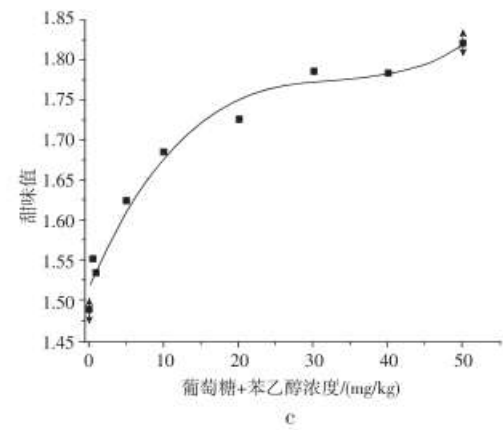
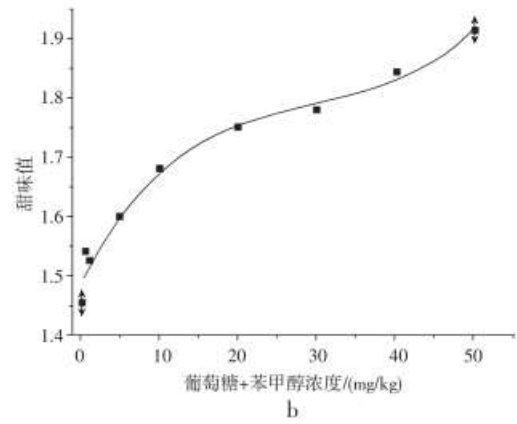
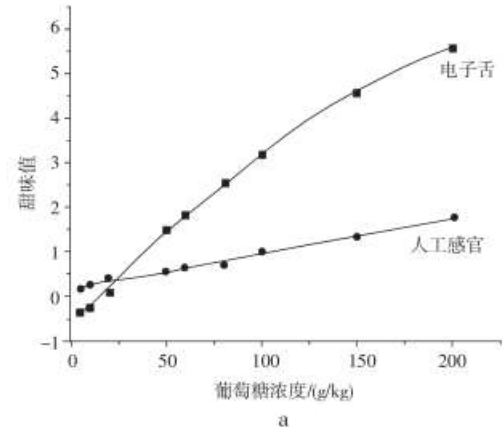
表 3 不同浓度单物质及混合物质的甜味值

Table 3 The sweetness values of different concentration of single substance and mixtures

样品	序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
PTT	人工感官	0.175	0.275	0.400	0.575	0.650	0.725	1.000	1.350	1.750
	标准偏差	0.096	0.171	0.183	0.206	0.238	0.206	0.374	0.507	0.957
	电子舌	-0.337	-0.250	0.103	1.473	1.793	2.547	3.207	4.553	5.560
	标准偏差	0.064	0.02	0.071	0.235	0.216	0.254	0.212	0.093	0.111

续 表

样品	序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BJC	人工感官	0.048	0.050	0.098	0.135	0.183	0.208	0.220	0.290	0.353
	标准偏差	0.055	0.058	0.021	0.047	0.039	0.085	0.014	0.008	0.034
	电子舌	0.386	0.434	0.416	0.386	0.438	0.326	0.21	0.592	0.658
BJC+	标准偏差	0.131	0.158	0.100	0.094	0.089	0.072	0.049	0.062	0.046
	人工感官	0.363	0.400	0.553	0.645	0.743	0.823	0.828	0.908	0.930
	标准偏差	0.173	0.141	0.163	0.129	0.191	0.245	0.229	0.294	0.330
PTT	电子舌	1.457	1.543	1.527	1.600	1.680	1.75	1.78	1.843	1.913
	标准偏差	0.266	0.220	0.197	0.173	0.140	0.122	0.114	0.09	0.057
	人工感官	0.033	0.067	0.107	0.083	0.133	0.183	0.220	0.310	0.360
BYC	标准偏差	0.058	0.058	0.012	0.074	0.058	0.029	0.026	0.026	0.061
	电子舌	0.256	0.234	0.226	0.280	0.274	0.294	0.318	0.374	0.386
	标准偏差	0.056	0.036	0.041	0.031	0.067	0.059	0.076	0.098	0.117
BYC+	人工感官	0.325	0.35	0.475	0.600	0.625	0.675	0.725	0.755	0.775
	标准偏差	0.150	0.129	0.096	0.082	0.096	0.126	0.206	0.206	0.263
	电子舌	1.490	1.553	1.537	1.627	1.687	1.727	1.787	1.783	1.820
PTT	标准偏差	0.105	0.101	0.103	0.110	0.105	0.101	0.078	0.083	0.087
	人工感官	0.525	0.450	0.425	0.425	0.350	0.400	0.350	0.325	0.350
	标准偏差	0.033	0.067	0.032	0.050	0.036	0.087	0.000	0.053	0.000
RGQ	电子舌	0.190	0.200	0.163	0.157	0.120	0.037	-0.027	-0.087	-0.137
	标准偏差	0.010	0.020	0.025	0.012	0.010	0.021	0.015	0.032	0.040
	人工感官	0.525	0.527	0.587	0.425	0.350	0.400	0.350	0.325	0.350
RGQ+	标准偏差	0.126	0.129	0.150	0.206	0.173	0.216	0.129	0.222	0.208
	电子舌	1.547	1.600	1.650	1.607	1.567	1.503	1.383	1.267	1.257
	标准偏差	0.233	0.193	0.123	0.129	0.093	0.125	0.105	0.055	0.042
GNZ	人工感官	0.823	0.763	0.803	0.843	0.807	0.773	0.687	0.627	0.723
	标准偏差	0.129	0.127	0.139	0.119	0.131	0.117	0.145	0.153	0.125
	电子舌	1.550	1.506	1.54	1.56	1.546	1.534	1.482	1.46	1.494
GNZ+	标准偏差	0.130	0.160	0.147	0.159	0.164	0.171	0.170	0.164	0.141
	人工感官	0.897	0.943	0.920	0.843	0.820	0.807	0.650	0.743	0.693
	标准偏差	0.038	0.050	0.030	0.021	0.026	0.015	0.050	0.025	0.055
PTT	电子舌	2.367	2.390	2.377	2.287	2.173	1.947	1.730	1.8	1.770
	标准偏差	0.203	0.193	0.187	0.163	0.121	0.096	0.080	0.05	0.046
	人工感官	0.474	0.401	0.397	0.453	0.462	0.586	0.637	0.667	0.643
XLS	标准偏差	0.120	0.086	0.083	0.023	0.066	0.103	0.067	0.037	0.063
	电子舌	0.523	0.497	0.407	0.470	0.483	0.520	0.533	0.580	0.537
	标准偏差	0.076	0.081	0.074	0.070	0.068	0.044	0.049	0.026	0.029
XLS+	人工感官	0.678	0.688	0.742	0.948	0.860	0.959	0.962	0.955	0.977
	标准偏差	0.068	0.032	0.067	0.033	0.085	0.048	0.146	0.068	0.055
	电子舌	1.077	1.083	1.103	1.200	1.193	1.247	1.283	1.247	1.297
PTT	标准偏差	0.254	0.178	0.169	0.211	0.125	0.118	0.015	0.067	0.042
	人工感官	0.478	0.422	0.403	0.384	0.295	0.158	0.080	0.061	0.031
	标准偏差	0.075	0.076	0.073	0.070	0.068	0.057	0.064	0.047	0.017
FNT	电子舌	0.414	0.364	0.342	0.328	0.232	0.068	-0.158	-0.338	-0.502
	标准偏差	0.074	0.070	0.071	0.073	0.070	0.058	0.059	0.049	0.051
	人工感官	0.341	0.384	0.348	0.282	0.205	0.139	0.082	0.053	0.026
FNT+	标准偏差	0.103	0.120	0.092	0.097	0.089	0.055	0.024	0.021	0.013
	电子舌	1.020	1.057	1.057	0.923	0.770	0.453	0.123	-0.287	-0.577
	标准偏差	0.181	0.218	0.203	0.191	0.154	0.142	0.133	0.099	0.081



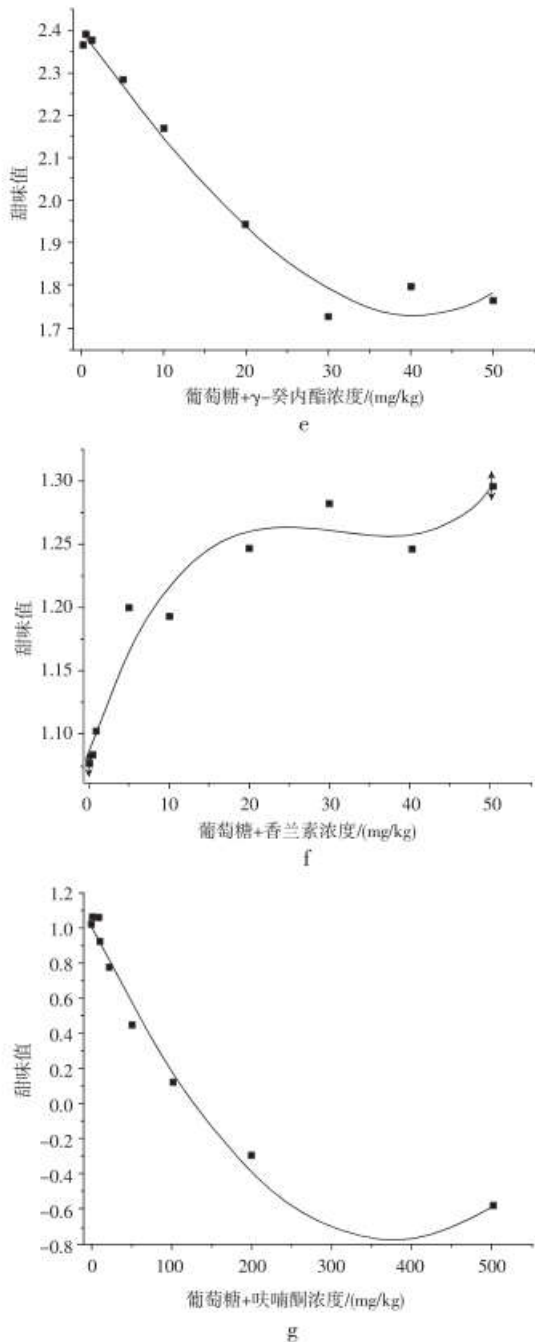
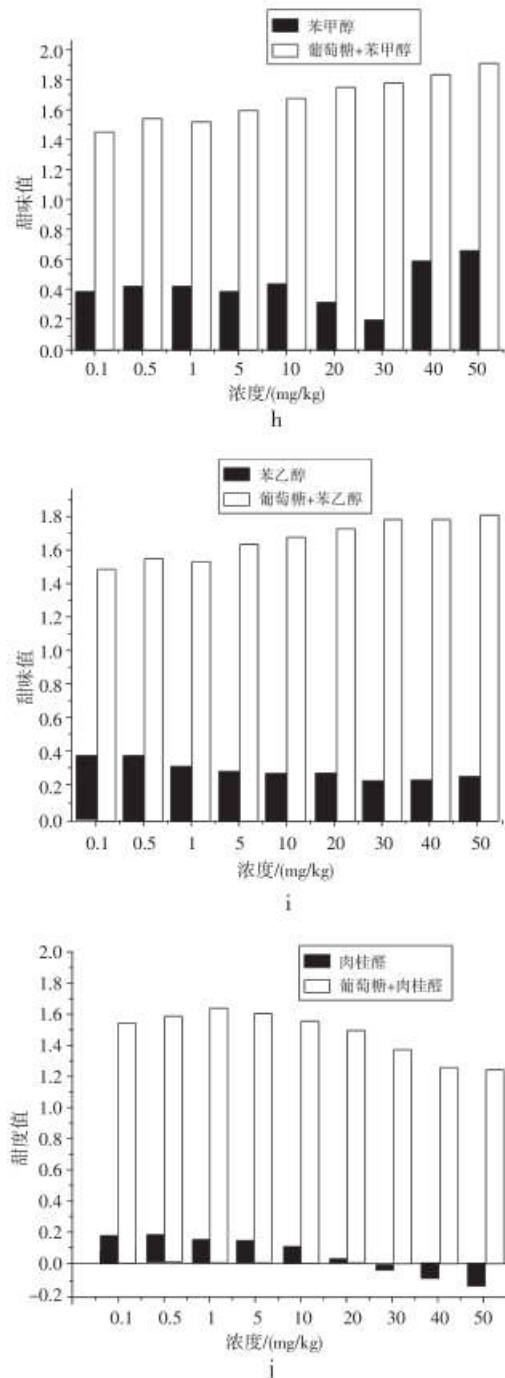


图 2 不同浓度葡萄糖的电子舌与人工感官甜味对比图(a)和 6 种香料与葡萄糖混合物的甜味值图(b~g)

Fig. 2 Comparison of sweetness values of different concentration of glucose by electronic tongue and artificial senses and the sweetness values of 6 kinds of aroma raw materials and glucose mixtures (b~g)

由表 3 和图 2 中 a 可知,在 5~200 g/kg 的浓度范围内,电子舌检测的甜味值随着葡萄糖浓度的增加而增加,其中最高的甜味值为 5.56,最低的为-0.337,浓度为 5 g/kg 和 10 g/kg 时甜味值出现负值的原因可能是该葡萄糖的浓度低于电子舌仪器的检测浓度范围。同样的浓度范围内,人工感官评价得出的甜味值也随着葡

萄糖浓度的增加而增加,其中最高甜味值为 1.75,最低为 0.175,该人工感官的结果甜味值和电子舌的结果甜味值增长趋势都是随着浓度的增加而增加,说明两结果相一致。人工感官甜味值最低值高于电子舌测得的甜味值,最大值小于电子舌测得的甜味值,说明电子舌结果可以更好地体现甜味效果。在研究不同物质对葡萄糖甜味的影响作用时,选择浓度为 50 g/kg 的葡萄糖,此时甜度增长速率最快,适宜研究。50 g/kg 的葡萄糖电子舌测得的甜味值为 1.473,人工感官测得的甜味值为 0.575。



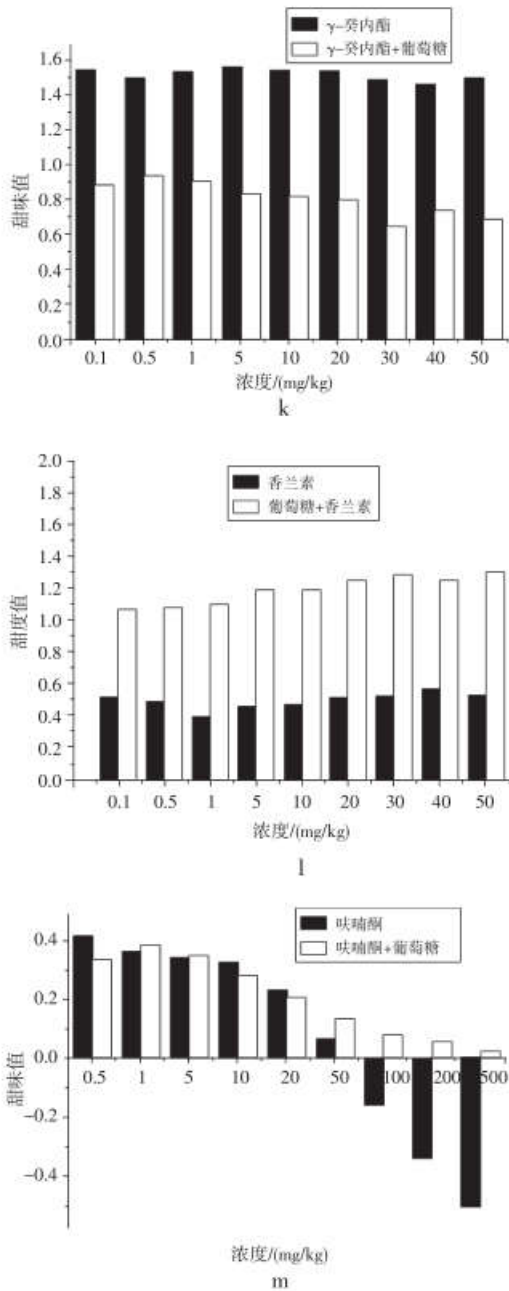


图 3 6 种单一香料与混合物的甜味值对比图(h~m)

Fig. 3 Comparison of sweetness values of 6 kinds of single aroma materials and mixtures (h~m)

2.2 不同浓度香气物质与葡萄糖混合物的甜味值

为了考察香气物质与葡萄糖的相互作用,选取 6 种香气物质作为研究对象(苯甲醇、苯乙醇、肉桂醛、 γ -癸内酯、香兰素、呋喃酮),采用电子舌技术结合人工感官评价和 σ - τ 法研究香气物质与葡萄糖的协同作用规律。

不同浓度苯甲醇和苯乙醇与葡萄糖混合溶液的甜味测定结果见表 3、图 3 中 h 和图 3 中 i。这两种香料表现出相同的规律,即单一香料在电子舌与人工评价结果中,甜味随着浓度的增加而增加。在与葡萄糖混合后,电子舌检测的甜味值和人工感官评价结果

中,混合后的甜味值随着苯甲醇和苯乙醇浓度的增加而增加且大于葡萄糖和单一香料的甜味值。浓度为 50 g/kg 的葡萄糖溶液的电子舌甜味值是 1.473,分别添加不同浓度的苯甲醇和苯乙醇后,电子舌测得混合物的甜味值分别大于 1.473,说明苯甲醇和苯乙醇有提高葡萄糖甜味值的作用。由图 2 中 b 和 c 可知,在苯甲醇和苯乙醇较低浓度时(浓度 < 20 mg/kg),葡萄糖的甜味增加最快,在浓度较高时,混合物的甜味增长趋势趋于平缓,原因可能是苯甲醇或苯乙醇浓度过高,协同效果趋于饱和。

由表 3 和图 2 中 d、图 3 中 j 可知,肉桂醛的人工感官评价的甜味值和电子舌检测的甜味值呈现随着浓度的增加而降低的趋势。葡萄糖与不同浓度的肉桂醛混合物的电子舌检测和人工感官评价中,在 0.1~1 mg/kg 范围内肉桂醛与葡萄糖混合物的电子舌检测的甜味值随着浓度的增加而增加,在 1~50 mg/kg 范围内随着浓度的增加而降低,同样,人工感官评价结果中也发现了相似的结果,说明肉桂醛和葡萄糖在低浓度(0.1~1 mg/kg)有协同作用,在高浓度(150 mg/kg)有掩盖作用。可能是因为肉桂醛作为一种辛香料,在低浓度时,辛香浓度作用效果较弱,因而甜味比 1.473 还要高;浓度增加后,辛香气息较强,抑制效果增强,因而甜味降低。

由表 3、图 2 中 e 和图 3 中 k 可知,当不同浓度的 γ -癸内酯与葡萄糖混合时,检测结果显示 γ -癸内酯的人工感官评价的甜味值和电子舌检测的甜味值随着浓度的增加而减少,在葡萄糖与不同浓度的 γ -癸内酯混合物结果中,电子舌检测的甜味值总体随着 γ -癸内酯浓度的增加而减少,浓度为 50 g/kg 的葡萄糖溶液的电子舌甜味值是 1.473,而混合物电子舌测得的甜味值始终高于 1.77,说明 γ -癸内酯的加入使得葡萄糖的甜味值增加,但是随着 γ -癸内酯浓度的增加,加成效果反而下降。

不同浓度香兰素与葡萄糖混合溶液的甜味值检测结果由表 3、图 2 中 f 和图 3 中 l,香兰素单一香料的人工感官评价和电子舌检测的甜味值随着浓度的增加先降低后升高。葡萄糖与不同浓度的香兰素混合物的检测中,电子舌检测的甜味值随着浓度的增加而增加,但始终小于单一葡萄糖所表现出的甜味值。即浓度为 50 g/kg 的葡萄糖溶液的电子舌甜味值是 1.473,添加香兰素之后,在添加的香料浓度范围内,混合物的电子舌测得的甜味值始终比单一葡萄糖的甜味值低,说明香兰素在此范围内和葡萄糖有掩盖作用。

不同浓度呋喃酮与葡萄糖的混合溶液表现出的规律见表 3、图 2 中 g 和图 3 中 m,呋喃酮的人工感官评

价的甜味值和电子舌检测的甜味值随着浓度的增加而减少。在葡萄糖与不同浓度的呋喃酮混合物检测中,电子舌检测的甜味值随着浓度的增加而减少,同样的,人工感官评价结果中,也发现了甜味值总体趋势为随着呋喃酮浓度的增加而减少,而且电子舌检测的甜味值始终小于单一葡萄糖溶液的甜味值,说明呋喃酮和葡萄糖有掩盖作用。

2.3 不同与葡萄糖混合物之间的相互作用

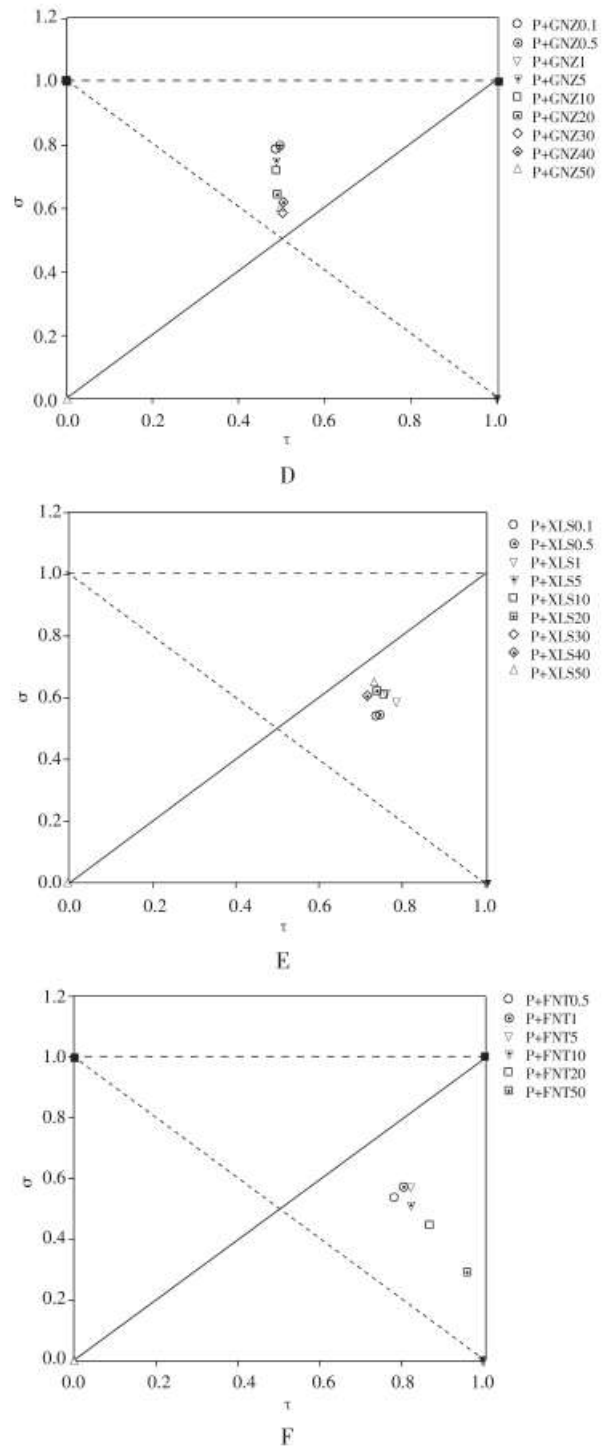
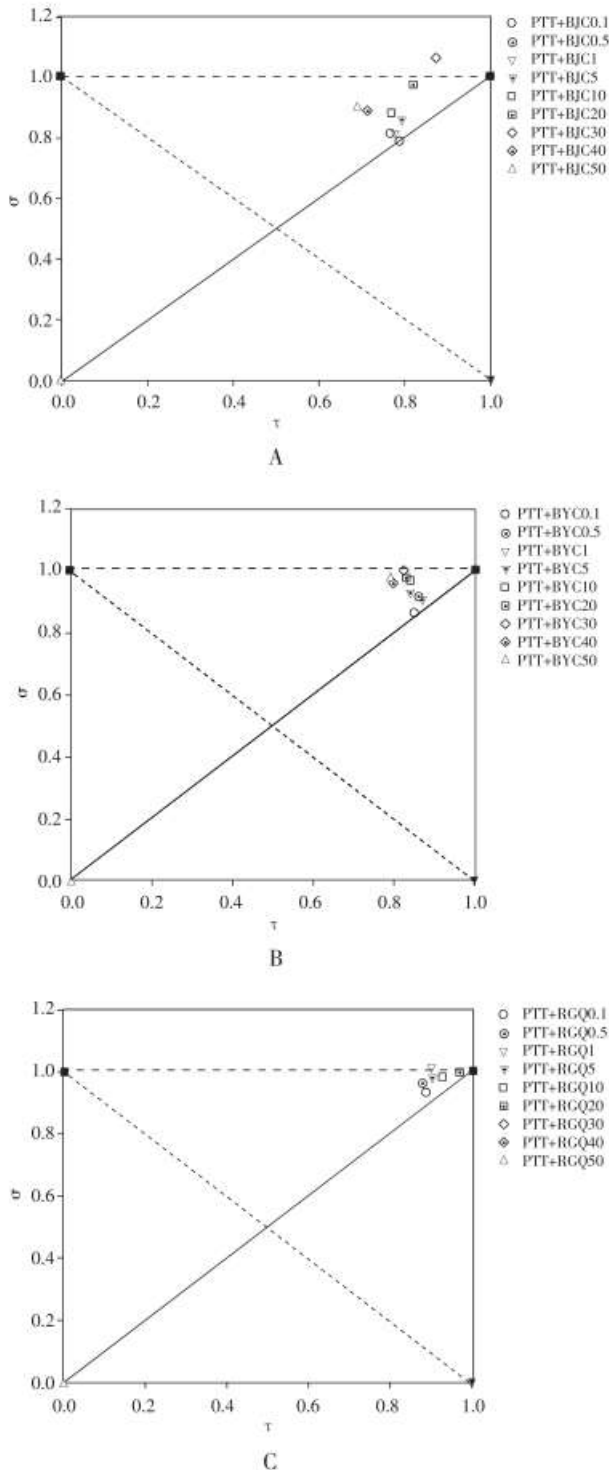


图 4 6 种香料与葡萄糖混合物的 σ - τ 图

Fig. 4 σ - τ diagram of 6 kinds of aroma materials and glucose mixtures

注: A 为苯甲醇; B 为苯乙醇; C 为肉桂醛; D 为葵内酯; E 为香兰素; F 为呋喃酮, PPT+BJC0.1 表示葡萄糖与 0.1 mg/kg 苯甲醇组合; PPT+BYC0.1 表示葡萄糖与 0.1 mg/kg 苯乙醇组合; P+RGQ0.1 表示葡萄糖与 0.1 mg/kg 肉桂醛组合; P+GNZ0.1 表示葡萄糖与 0.1 mg/kg γ -葵内酯组合; P+XLS0.1 表示葡萄糖与 0.1 mg/kg 香兰素组合; P+FNT0.1 表示葡萄糖与 0.5 mg/kg 呋喃酮组合。

由图4中A可知,50 g/kg葡萄糖与7个浓度(0.5, 1.5, 10, 20, 40, 50 mg/kg)的苯甲醇混合物的点落在了加成区域,说明这几个点与葡萄糖发生加成作用;而50 g/kg葡萄糖与30 mg/kg的苯甲醇混合物的点落在了协同区域,则说明发生了协同作用。通过分析可以得出,低浓度苯甲醇会与葡萄糖发生加成,随着浓度的升高会出现协同作用,但浓度过高时,甜味值的增加速率缓慢,呈现加成作用效果,这与电子舌测得的甜味值结果一致,当不同浓度的苯甲醇加入葡萄糖溶液中,使得葡萄糖溶液的甜味值增加。和苯甲醇与葡萄糖之间的结果类似,50 g/kg葡萄糖与8个浓度(0.1, 0.5, 1.5, 10, 20, 40, 50 mg/kg)的苯乙醇混合物的点落在了加成区域,见图3中B,说明这几个点与葡萄糖发生加成作用;而浓度为30 mg/kg的苯乙醇所分析出的点落在了完全加成区域,说明该浓度点的苯乙醇与葡萄糖发生完全加成作用,同样与葡萄糖溶液混合后显示出加成效果的还有肉桂醛。50 g/kg葡萄糖与4个浓度点(0.1, 0.5, 5, 10 mg/kg)的肉桂醛混合物的点落在了加成区域,说明与葡萄糖发生加成作用;而与浓度为1, 20 mg/kg的点落在完全加成区域,说明发生完全加成作用。因为浓度为30, 40, 50 mg/kg的点的 τ 值都超出了1,使得3个点在图中的作用区域没有出现,因此无法判断这几个浓度点的作用。

由图4中D可知,50 g/kg葡萄糖与9个浓度(0.1, 0.5, 1.5, 10, 20, 30, 40, 50 mg/kg)的 γ -癸内酯混合物的点落在了加成区域,说明这几个点与葡萄糖发生了加成作用。另外,有一些与葡萄糖溶液发生了折中作用,见图4中E和F,50 g/kg葡萄糖与9个浓度(0.1, 0.5, 1.5, 10, 20, 30, 40, 50 mg/kg)的香兰素混合物的点落在了折中区域,说明这几个点与葡萄糖发生了折中作用,即香兰素的加入使得葡萄糖的甜味值降低,使得混合物的甜味值小于葡萄糖的甜味值。另外,有研究表明香兰素可以提升蔗糖的感官甜度值,这一结果可能由于人的感官差异导致,因为在研究中丹麦人群甜度值打分高于中国人群。50 g/kg葡萄糖与浓度为0.5, 1.5, 10, 20, 50 mg/kg的呋喃酮点落在折中区域,说明这几个浓度的呋喃酮与葡萄糖发生了折中作用,即呋喃酮的加入使得葡萄糖的甜味值降低,使得混合物的甜味值小于葡萄糖的甜味值。而浓度为100, 200, 500 mg/kg浓度的呋喃酮的点因为它们的 τ 值大于1,且 σ 值小于0,未出现在作用区域内,故无法判断相互作用。

3 结论

本文通过电子舌分析、人工感官评价和 σ - τ 法,研究

了具有甜香韵的物质苯甲醇、苯乙醇、肉桂醛、 γ -癸内酯、香兰素和呋喃酮对葡萄糖甜味值的影响。结果发现,苯甲醇、苯乙醇、 γ -癸内酯与葡萄糖的混合物的甜味值全都高于单一葡萄糖的甜味值;肉桂醛与葡萄糖的混合物的甜味值出现部分低于单一葡萄糖的甜味值,另一部分高于单一葡萄糖的甜味值;香兰素、呋喃酮与葡萄糖的混合物的甜味值全都低于单一葡萄糖的甜味值。通过本课题的研究,成功找到了对甜味属性具有增强作用的香气成分,为实现后续饮料、饼干、面包、冰淇淋等产品“减糖不减味”的目标,保持食品风味,满足人们的味蕾享受,最终实现安全健康的饮食提供了重要参考。

参考文献:

- [1]黄嘉丽,黄宝华,卢宇靖,等.电子舌检测技术及其在食品领域的应用研究进展[J].中国调味品,2019,44(5):189-193,196.
- [2]贾洪锋,李维,段丽丽,等.电子舌对掺入果葡糖浆掺假蜂蜜的识别[J].食品与机械,2015,31(4):68-71.
- [3]刘洪亮,张念洁,汪浩. HPLC示差折光分析法测定人参果蔬发酵饮料中果糖、葡萄糖、蔗糖含量[J].轻工标准与质量,2014(6):54-55.
- [4]邵芳玲.食用菌中鲜味物质质感相互作用的研究[D].上海:上海应用技术大学,2016.
- [5]FLEMING E E, ZIEGLER G R, HAYES J E. Investigating mixture interactions of astringent stimuli using the isobole approach[J]. Chemical Senses, 2016, 41(7):601-610.
- [6]FRANOIS P, PAUL L J C S. An alternative model of olfactory quantitative interaction in binary mixtures[J]. Chemical Senses, 1979(4):267-274.
- [7]LAING D G, WILLCOX M E. Perception of components in binary odour mixtures[J]. Chemical Senses, 1983, 7(3-4):249-264.
- [8]COMETTO-MUNZ J E, GARCIA-MEDINA M R, CALVINO A M. Perception of pungent odorants alone and in binary mixtures[J]. Chemical Senses, 1989, 14(1):163-173.
- [9]NAHON D F, ROOZEN J P, GRAAF C D. Sweetness flavour interactions in soft drinks[J]. Food Chemistry, 1996, 56(3):283-289.
- [10]GLORIA W, JOHN E H, GREGORY R. Dose-response relationships for vanilla flavor and sucrose in skim milk: evidence of synergy[J]. Beverages, 2018(4):73-87.
- [11]陈帅,高彦祥.肉桂醛的调味、保鲜及稳态化研究进展[J].中国调味品,2019,44(2):156-159,167.
- [12]陈笑钗,李婷,黄炳文,等.传统与补料发酵玫瑰醋香气成分的分析[J].中国调味品,2019,44(7):144-150.
- [13]刘婷,罗秀华,孙晶,等.酱油中香气成分的提取和分析方法[J].中国调味品,2014,40(4):135-140.
- [14]隋明,张凤英,胡继红,等.不同类型酱油挥发性组分及多重辨析的研究[J].中国调味品,2019,44(6):77-80.
- [15]郑威,王亚立,刘天,等.浅谈我国食品添加剂引发的食品安全问题及其解决对策[J].中国调味品,2018,43(4):195-197,200.
- [16]阙建全.食品化学(第2版)[M].北京:中国农业出版社,2008.