

文章编号:1673-9469(2020)04-0105-08

DOI: 10.3969/j.issn.1673-9469.2020.04.017

基于模糊数学的低致敏营养餐包感官评价研究

张欣¹, 夏凯², 王俊³, 刘娜^{1*}

(1. 河北工程大学 生命科学与食品工程学院, 河北 邯郸 056038; 2. 中国食品发酵工业研究院有限公司, 北京 100101;
3. 宁波御坊堂生物科技有限公司, 浙江 宁波 315000)

摘要: 以低致敏蛋白、微囊化油脂以及复合糖元为主要原料制备开发低致敏营养餐包。从粉体的颗粒特性、冲调特性和主客观感官特性等对餐包开展评价研究, 利用模糊数学法对餐包冲调后的色泽、气味及滋味、组织状态进行感官评价; 通过餐粉的均匀度、溶解稳定性、湿润性进行基本特性评定。结果表明: 餐包粉体粒度分布与餐包冲调特性具有相关性, 细粉颗粒(0~30 μm、0~50 μm、0~100 μm)与餐包冲调特性呈负相关性, 与粗粉颗粒(200~500 μm)呈正相关性, 即随细粉粉体颗粒体积不断增加, 湿润时间不断增加, 冲调特性逐渐变差; 随粗粉粉体颗粒体积不断增加, 湿润时间不断减少, 则冲调特性不断加强。粉体粒径与餐包感官评分呈正向线性相关性, 一定范围内, 随粒径不断增大, 感官评分不断加强, 产品品质质量较好。该评价体系为完善低致敏营养包的加工工艺提供了理论依据。

关键词: 低致敏营养餐包; 冲调特性; 感官评价; 模糊数学

中图分类号:

文献标识码:A

Sensory Evaluation Based on Fuzzy Mathematics for Hypoallergenic Nutritional Meal Package

ZHANG Xin¹, XIA Kai², WANG Jun³, LIU Na^{1*}

(1. College of Life and Food Engineering, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei 056038, China;
2. China Food and Fermentation Industry Research Institute Co., Ltd., Beijing 100101, China;
3. Ningbo Yufangtang Biotechnology Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang 315000, China)

Abstract: With hypoallergenic protein, microencapsulated oil and compound glycogen as raw materials, a kind of hypoallergenic nutritional meal package was developed. The particle characteristics, preparation characteristics and subjective and objective sensory characteristics of the powder were evaluated and studied on meal package. The meal package of color, smell, taste, and organization state after preparation were analyzed by fuzzy mathematics. The basic characteristics of the meal package were evaluated from the uniformity, dissolution stability and wettability of meal powder. The results shows that there is a correlation between the particle size distribution of the meal powder and the reconstituability of meal package. The particle size of fine powder (0~30 μm, 0~50 μm, 0~100 μm) is negatively related to the reconstituability of meal replacement, while that of coarse powder (200~500 μm) is positively related to the reconstituability of meal replacement. That is, with a continuous increase of the particle size of fine powder and the wetting time, its reconstituability is decreasing, and with a continuous increase of the particle size of coarse powder and the wetting time, its reconstituability is increasing. The particle size of meal powder has a positive linear correlation with the sensory score of the meal package. Within a certain range, with the continuous increase of particle size, the sensory score is continuously

收稿日期:2020-11-07

基金项目:国家自然科学基金资助项目(2019YFF0216704)

作者简介:张欣(1994-),女,河北邯郸人,硕士研究生,主要从事食品加工与安全方面的研究。

* 通讯作者:刘娜(1964-),女,河北邯郸人,博士,教授,主要从事动物生理及动物源食品安全方面的研究。

strengthened, and the product quality is better. This evaluation system provides a theoretical basis for improving the processing technology of hypoallergenic nutritional meal package.

Key words: hypoallergenic meal replacement powder; reconstituability; sensory evaluation; fuzzy mathematics

近几十年来,食物过敏在发达和发展中国家的发病率呈上升趋势^[1-3]。相关研究数据显示,在儿童群体食物过敏患病率高达 0.02%~8%^[4]。食物过敏可引发湿疹、恶心、腹泻、肠道不适等疾病,严重者可导致休克或死亡,严重影响到人们的健康生活。对于过敏人群而言,避免与过敏源的接触是最佳的脱敏方式。对于儿童群体,牛奶等易致敏食物又是良好的营养来源。因此,针对易过敏特殊群体的低致敏食品的开发与评价成为研究热点。基于水解蛋白和氨基酸的低致敏餐包,在感官上往往存在风味欠佳、口感苦涩等弊端,儿童群体接受程度差,容易导致喂养困难,进而造成营养摄入不足的状况。此外,由于此产品生产工艺水平参差不齐导致一些产品存在冲调性能差的问题。因此构建低致敏营养餐包评价体系有着重要的作用。

国内外研究显示,通过智能电子感官防生仪器进行辅助感官评价用于改善产品性状已成为行内技术创新点^[5]。对于固体饮料、果汁以及奶酪等这些对风味及滋味要求较高的产品,常利用电子舌和电子鼻对味觉特性进行评价研究,进而对产品的感官品质进行改良^[6-7]。与此同时,结合模糊数学感官评价法,可以更加客观、准确地选出最优的低致敏营养餐包。餐包的冲调特性决定了产品品质优劣,同时可作为评价产品质量好坏的指标之一,消费者也常将此特征作为选择标准^[8-9]。感官评价作为一种行之有效的产品评价方法,既能为产品

开发与生产提供意见,又能使现有的产品得到改进^[10]。

本文以国内市售品牌的低致敏产品和自制低致敏餐包为研究对象,建立理化与感官评价体系,探究低致敏餐包感官与理化特征的相关性,为加工工艺提供理论基础。

1 材料和方法

1.1 材料与试剂

ARLA-3072 水解乳清蛋白,HPW117 水解乳清蛋白(上海捷聪贸易有限公司生产),复合维生素,复合矿物质力得维 B-18078 A(上海励成营养产品科技股份有限公司生产), β -胡萝卜素 1%粉剂(武汉星辰现代生物工程有限公司生产),水苏糖(承德京天食品科技有限公司生产),结晶果糖(保龄宝生物股份有限公司生产),红枣粉(北京富海科技术有限公司生产),中链甘油三酸酯微囊粉,中链甘油三酯粉(大连医诺生物股份有限公司生产),粉末醋酸生育酚 E(山东中食信康生物科技有限公司生产),市售两款低致敏配方粉(上海妥蒲亚健康科技有限公司、上海雀巢产品服务有限公司生产)。

1.2 仪器与设备

粒子分散稳定性分析仪 Lumisizer PL203,德国 LUMi 仪器公司生产;PL203 电子精密天平,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司生产;味觉分析系统 Taste Sensing System TS-5000Z Handling Tutorial,

表 1 低致敏营养餐包基本信息

Tab. 1 Basic information of hypoallergenic nutritious meal packs

样品编号	配方信息
1#	HWP117 水解乳清蛋白、70%中链甘油三酯、复合矿物质、复合维生素、红枣粉、 β -胡萝卜素、维生素 E、水苏糖、结晶果糖
2#	HWP117 水解乳清蛋白、中链甘油三酯酸微囊粉、复合矿物质、复合维生素、水苏糖、维生素 E、 β -胡萝卜素、结晶果糖、红枣粉
3#	ARLA-3072 水解乳清蛋白、70%中链甘油三酯、复合维生素、复合矿物、水苏糖、结晶果糖、红枣粉、维生素 E、 β -胡萝卜素、维生素 E
4#	ARLA-3072 水解乳清蛋白、中链甘油三酯酸微囊粉、 β -胡萝卜素、复合维生素、复合矿物质、结晶果糖、红枣粉、维生素 E、水苏糖
5#	深度水解乳清蛋白、植物油脂粉、葡萄糖、维生素、矿物质
6#	水解乳清蛋白、植物油脂粉、乳糖、维生素、矿物质、

日本 Insent 公司生产;激光粒度分析仪,上海巨纳科技有限公司生产。

1.3 试验方法

1.3.1 样品前处理方法

称取 5 g 的低致敏营养餐包粉放入到玻璃杯中,以 1 : 8 的比例进行冲调搅拌,配制成 40 mL 的冲调液。对照品凯熹和肽敏舒两种低致敏样品(根据此产品冲调要求进行调配)分别称取 13.2 g 的样品,以 1 : 3 的比例进行冲调搅拌(先称量水再将低致敏样品加入),配制成一定比例的样品溶液。

1.3.2 粒子分散稳定性的测定

用针管取 1 mL 的样液贴壁加到粒子分散稳定仪专用的离心管中,盖好样品瓶盖,待测。每个样品进行 3 个平行实验。测定条件:测试温度 25 ℃,光因子为 1,离心速度 200 r/min,样品透光特征线每 10 s 计数 1 次,共计 300 次。

1.3.3 样品粒径大小和分布的测定

采用激光粒径分析仪,按照干法测定程序自动测定样品粒径,将低致敏营养餐粉放到仪器测定样品专用小型钥匙中,吸取量以达到仪器可识别测定量进行测定,每个样品进行 3 个平行实验。方法参数:调零 30 s,测定 30 s,测定一次,分散折射率 1.3。

1.3.4 样品湿润性的测定

根据吴玉莹^[11]的方法进行了适当的修改,称取 5 g 的样品均匀平铺到放有 200 mL H₂O(水温达 37 ℃)的烧杯中,记录从样品加入到完全沉降所需时间(s)。

1.3.5 电子舌检测条件

电子舌一般有 5 个测试传感器和 2 个参比传感器,其中 AAE、CTO、CAO、AE1、COO 分别代表测定的鲜味、咸味、酸味、涩味、苦味,甜味的测试使用甜味专用传感器^[12]。测定方法为:电极清洗

90 s—缓冲液清洗 120 s—缓冲清洗 120 s—调节 30 s—样品液 30 s—缓冲清洗 3 s—缓冲清洗 3 s—标准溶液 30 s。样品处理同 1.3.1,循环测定 4 次,舍弃一次,并利用电子舌自带软件进行数据分析。

1.3.6 电子鼻检测条件

称取 1 g 样品放入到 20 mL 上样瓶内,室温放置 20 min,待电子鼻检测器经过校准之后,将样品依次放入到样品托盘中进行测定。电子鼻检测参数设置:高纯空气流速 150 mL/min,采集时间 120 s,进样量 500 μL,进样速度 400 μL/s,总进样体积 2 mL。进样器参数条件设置:孵化时间 120 s,孵化温度 40 ℃。

1.3.7 主观感官评价方法的建立

建立了一支由中国食品发酵工业研究院内人员组成的 10 人评价小组,为了减少一些外在因素的影响,采用双盲的实验法,将样品进行随机编号。评定人员根据要求对样品属性进行评分,每品尝一种样品都要进行漱口,最后将评价表提交。

本试验根据 RHB/201—2004^[13],如表 2 可知,色泽、组织状态、气味及滋味、冲调性是低致敏营养餐包的重要指标,评价人员将根据表 2,从 4 个因素对产品进行评定。全部评价结束后,收集评价表进行统计分析。

1.3.8 模糊数学模型的建立

(1)因素集、评语集及权重的确定:因素集 $U = \{\text{色泽 } U_1, \text{组织状态 } U_2, \text{冲调性 } U_3, \text{滋味及风味 } U_4\}$;评语集 $U = \{\text{好,较好,一般,差}\}$ 。权重的确定:采用模糊数学的方法,权重的分配正确与否直接影响到审评结果的正确性,本实验根据 RHB/201—2004^[13]婴儿配方乳粉的标准作为确定权重系数分配的根据,色泽、组织状态、冲调性、滋味及气味权重系数为:0.1、0.2、0.3、0.4,总和为 1 及权重集 $X = (0.1, 0.2, 0.3, 0.4)$ 。(2)模糊关系综合评判集 $Y = X * R$, X 为权重系数, R 为模糊矩阵。

表 2 感官评价表
Tab. 2 Sensory evaluation table

项目	色泽	组织状态	冲调性	滋味及气味
较好	色泽均一,有光泽、呈乳黄色。(10)	颗粒均匀、流动性好。(20)	颗粒细小,杯壁无小白点,无团块。(30)	和絮婴儿配方乳粉特有的香味,气味然。(40)
好	色泽均一,呈浅黄色、略有光泽。(9~8)	颗粒稍大、不松散,少量结块,流动性较差。(19~16)	杯壁上有少量小白点和絮片;无团块。(27~24)	该产品特有的香味不浓,稍有植物油脂气味。(39~32)
一般	色泽基本均一,呈浅乳黄色、基本无光泽。(7~6)	颗粒稍小,有较多结块,有少量肉眼可见的焦粉粒。(15~12)	周边较多,颗粒细小;杯壁有少量小白点和絮片,有少量结块。(21~18)	夹杂其它异味。(31~24)
差	色泽明显不均一、发暗、无光泽。(5~4)	粉质粘连,流动性非常差,有较多肉眼可见的焦粉粒。(11~8)	杯壁有大量小白点和絮片,并有些许结块。(15~12)	乳香味不浓同时明显夹杂其它异味。(23~16)

1.4 数据处理

电子鼻、电子舌利用自带软件对低致敏营养餐包进行数据分析,以数据聚类程度及区分指数为基础对样品进行定性分析。模糊数学利用 Excel 进行分析处理,其余各指标测定最终数据取测定平均值,利用 SPSS24.0 软件进行方差及相关性分析。

2 结果与分析

2.1 低致敏营养餐包冲调特性评价

2.1.1 不同配方对低致敏营养餐包粒径分布的比较及影响

粒径大小是影响餐包冲调液沉降及絮凝稳定性的重要因素^[14],由图 1 可知,1#、3#餐包与市售样品粒径分布规律相似,坡峰相同,说明分布均匀程度相当,但 1#、3#相比市售样品(6#、5#)分布范围稍微向左偏移,粒径尺寸稍小,更有利于冲调液的稳定性;2#、4#粒径分布范围明显增宽,粒径较大,不利于餐包冲调液的稳定性。

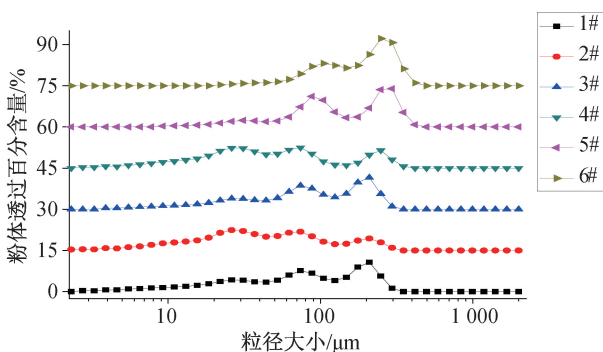


图 1 不同餐包粒径曲线分布

Fig. 1 Distribution of particle size curve of different meal packs

不同样品的粒径分布见表 3 所示,自制 1#、3#餐包相比 2#、4#餐包的细粉颗粒(100 μm 以下)体积占比相对较少,粗粉颗粒(200~500 μm)体积占比相对较多,且均<20%。市售样品(5#、6#)细粉颗粒占比明显低于自制低致敏营养餐包,粗粉颗粒均高于自制餐包,说明市售样品相比自制餐包冲调性好,且餐包 1#、3#的冲调性优于餐包 2#、4#。各配方粒度分布不同可能与餐包成分组成相关,如蛋白质、脂肪的含量与类型;另外,各原料加工工艺的不同导致其自身粒径大小不同,从而影响复配产品的冲调特性^[15]。

表 3 不同低致敏营养餐包粉体粒度分布比较(单位:μm)

Tab. 3 Comparison of particle size distribution of hypoallergenic nutritious meal packs

编号	0~30	0~50	0~100	200~500
1#	23.6±0.03	34.78±0.07	59.3±0.16	17.64±1.73
2#	38.61±0.05	63.44±0.12	85.92±0.11	0±0.09
3#	19.09±0.06	29.54±0.04	56.37±0.19	18.34±0.83
4#	35.4±0.06	53.66±0.31	78.27±0.73	15.06±0.45
5#	6.32±0.23	12.89±0.09	37.14±0.47	40.58±0.78
6#	0.97±0.14	4±0.26	19.08±0.54	51.54±0.33

2.1.2 不同配方对低致敏营养餐包稳定性影响

图 2 为样品稳定性光谱图,110 mm 的位置代表样品液面,130 mm 的位置代表样品底部,如果上层透射率增加,表明上层有析水现象,若底部光透射率降低,说明底部发生了沉淀^[16-17]。自制低致敏营养餐包(1#、2#)中透光率变化范围不太明显,说明其稳定性相当;市售样品(6#)在 130 mm 透光率增加,说明有沉淀,可能是粗颗粒体积占比较多,导致自身质量较大,在离心加速的作用下下沉明显。以斯托克斯定律和朗伯比尔定律为基础分析透射光光谱图,得出低致敏营养餐包不稳定指数,如图 3,比较六组低致敏营养餐包样品,自制样品 1#的澄清指数最小说明其分层最不明显,稳定性最好,2#、3#自制低致敏餐包稳定性介于市售样品(5#、6#)之间,说明在未添加稳定剂的情况下,自制低致敏营养餐包可达到市售产品水准,可被人群接受。

2.1.3 不同配方对低致敏营养餐包湿润性的影响

不同低致敏营养餐包的湿润性见图 4,各配方餐包在 37 ℃的水温下,湿润时间具有一定差异性,1#、3#餐包相比 2#、4#餐包湿润时间短,表现出良好的湿润性,2#、4#餐包显示不理想的湿润性,其湿润时间均>20 s。市售低致敏配方相比自制低致敏配方湿润时间均<10 s。分析原因,可能与各样品的加工工艺相关,工艺不同导致样品粒径分布有所差异,粉体大粒径占比增加可能导致润湿时间缩短,展现良好的湿润性,若粒径过小,将会影响配方与水接触,易形成团块而漂浮于水面,流动性差,从而影响其湿润性。

2.2 粉体粒径分布与低致敏营养餐包冲调性的关系

以不同低致敏营养餐包的粉体粒度分布为横坐标,湿润时间为纵坐标,建立线性关系并进行拟合回归,低致敏营养餐包的细粉颗粒主要包括 0~30、0~50、0~100 μm,粗粉颗粒为 200~500 μm,从图 5 可以看出,细粉颗粒体积占比与湿润时间呈线

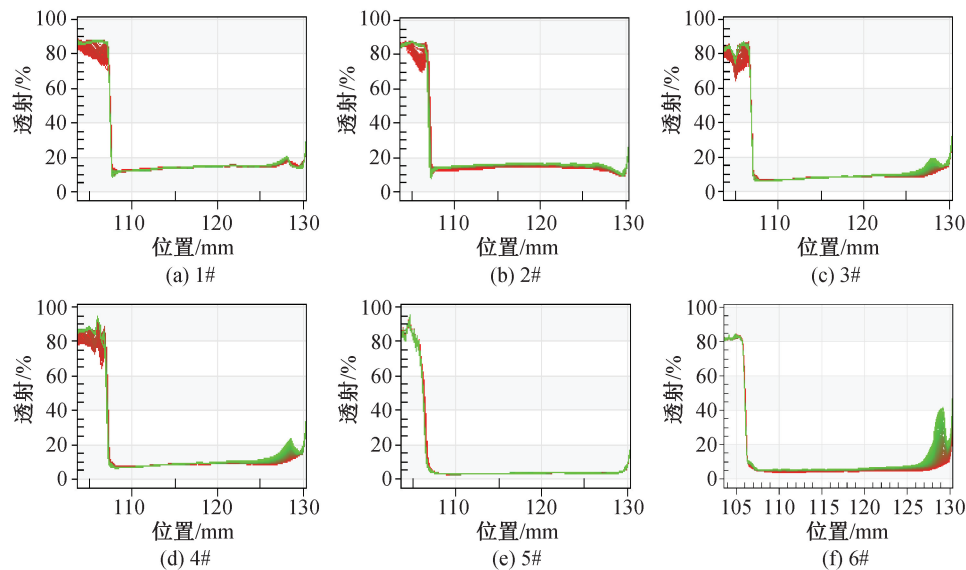


图 2 餐包稳定性光谱图
Fig. 2 Meal bag stability spectrum

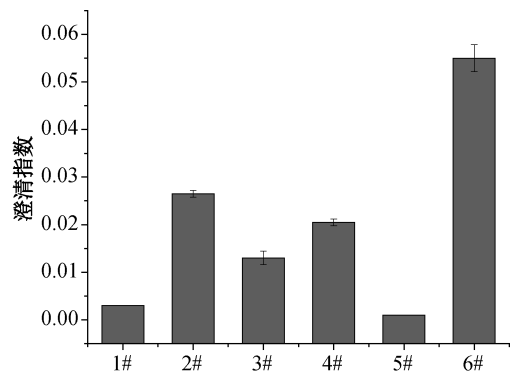


图 3 不同餐包澄清指数柱状图
Fig. 3 Histogram of clarification index for different meal packs

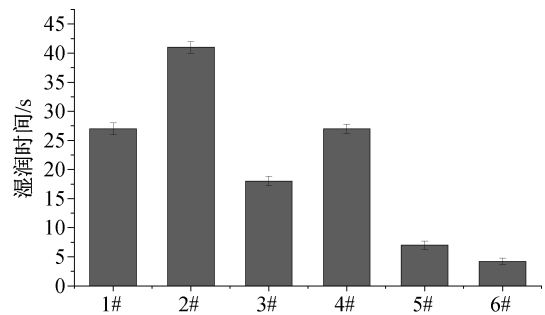


图 4 不同餐包湿润性的比较
Fig. 4 Comparison of wettability of different meal packs

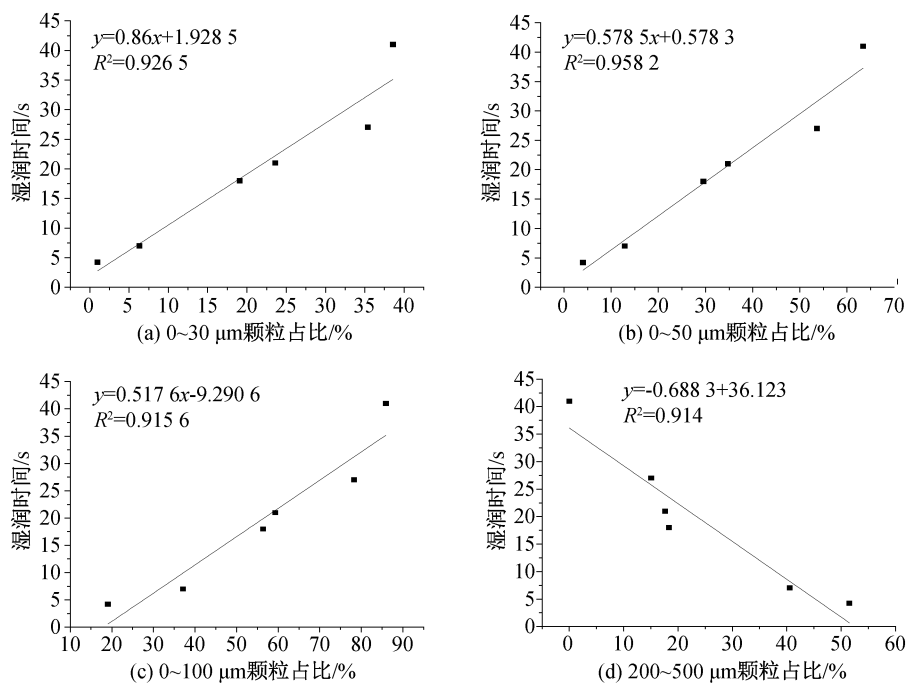


图 5 粉体粒度分布与餐包湿润时间的关系
Fig. 5 Relationship between powder particle size distribution and wetting time of meal pack

性正相关,拟合程度在 0.9 以上,即随细粉颗粒体积占比增加,低致敏营养餐包的湿润时间不断增长,湿润性不断减弱;粗粉颗粒体积占比与湿润时间呈线性负相关,拟合度在 0.85 以上,即随着粗粉颗粒体积占比的增加,低致敏营养餐包的湿润时间不断缩短,表明湿润性不断增强。通过上述线性关系得出:当细粉颗粒(0~30、0~50、0~100 μm) 占比分别小于 0.97%、4%、19.08%,粗粉颗粒(200~500 μm) 体积占比大于 51.54%时,低致敏营养餐包能够获得理想的湿润性($t < 6\text{ s}$)。湿润性充分体现了餐包的冲调特性^[16-17]。与此同时,粗粉颗粒占比越多,则其餐包冲调性越好。

2.3 低致敏营养餐包感官评价

2.3.1 不同低致敏营养餐包电子舌分析结果

电子舌通过味觉分析系统,模拟人类味觉感受机制^[18],主要评价样品的酸(Sourness)、甜(Sweet)、苦(Bitterness)、咸(Saltiness)、鲜(Umami)、涩(Astringency)、及苦的回味(Aftertaste-B)、涩的回味(Aftertaste-A)和鲜的回味(Richness)^[12]。

图 6 为低致敏样品的电子舌响应雷达图,坐标轴上的点代表样品在该坐标轴对应相应味觉的响应强度,并和相邻的点相连成闭合的回路^[19],由图 6 可知:6 种样品的味觉轮廓基本相似,但每个样品在不同味觉坐标轴上的响应强度有所不同,表明各样品具有一定的差异性。六种低致敏样品在鲜味、咸味上相比其他味道最为显著,与人体感官评价结果相一致。自制低致敏营养餐包(1#、2#、3#、4#)与市售低致敏样品(5#、6#)在鲜、涩、苦的回味上比较接近;在苦、涩两个味道上的区分度较小,说明其在苦涩味道上差异不大;所有低致敏营养餐包在酸味、咸味上分散的比较开,说明餐包在酸味和咸味上能够较好地地区分。从而得出低致敏营养餐包酸咸气泡分析图,如图 7 所示,横坐标为酸度,纵坐标为咸度,气泡大小表示其涩度。2#、4#有重叠,说明两种餐包在酸咸度没有差别,涩度相当;1#、3#餐包相比市售样品 5#、6#在酸度、咸度上有明显性差异,且涩度相对较小,说明其口感相对市售样品更易被接受,分析结果可知:自制低致敏营养餐包在后苦味、后涩味的值较小,鲜、甜味较大,口感柔和香甜,符合产品整体设计理念。

2.3.2 不同低致敏营养餐包电子鼻分析结果

根据相应传感响应值绘制的气味指纹图谱如图 8 所示,结果表明:市售(6#)与其他自制低致敏

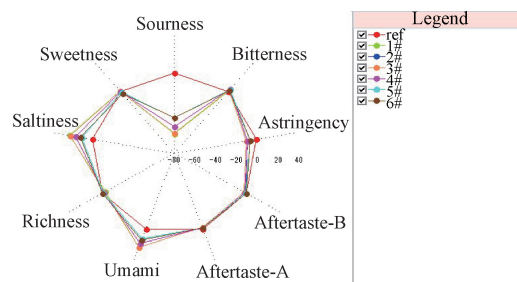


图 6 餐包味觉指纹谱

Fig. 6 Meal package taste fingerprint

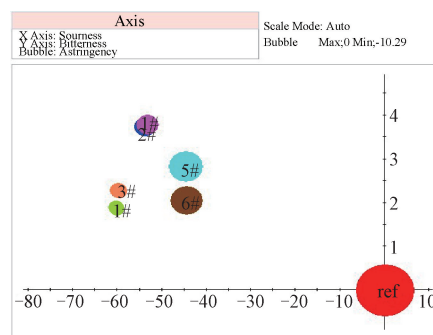


图 7 餐包酸咸成分分析图

Fig. 7 Analysis diagram of sour and salty components in meal package

营养餐包相比气味相差较大,且 P30/2(乙醇、燃烧产物)、T30/1 气味较为突出,自制低致敏营养餐包与市售(5#)气味极为相似,且 PA/2(乙醇、氨水、胺类化合物)、P30/2(乙醇、燃烧产物)对低致敏营养餐包的香气响应显著,自制低致敏营养餐包之间没有显著性的差异,为进一步探究进行 PCA 分析。

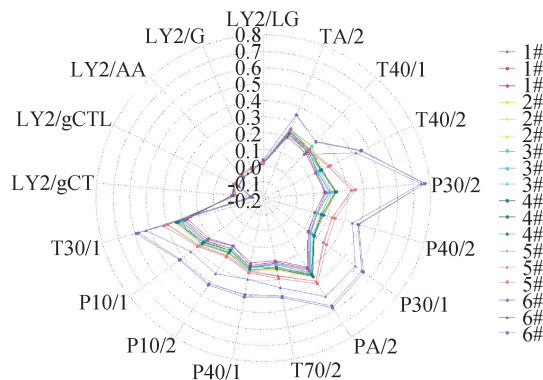


图 8 餐包气味指纹图谱

Fig. 8 Meal package odor fingerprint

从图 9 中可以得出,主成分 1 的贡献率为 98.042%,主成分 2 的贡献率为 1.499%,总贡献率为 99.541% $>85\%$,说明主成分 1 和主成分 2 包含了大量的信息,基本可以反映低致敏营养餐包的整体信息^[20-22]。主成分 2 的贡献率远远大于主成

表 4 餐包感官品评统计表

Tab. 4 Statistical Table of Sensory Evaluation of meal package

样品编号	色泽(10)				组织状态(20)				冲调性(30)				滋味及气味(40)			
	好	较好	一般	差	好	较好	一般	差	好	较好	一般	差	好	较好	一般	差
1#	0	3	2	5	4	3	2	1	3	3	3	1	4	3	2	1
2#	5	2	3	0	3	2	4	1	1	1	3	5	2	2	2	4
3#	4	3	1	2	4	3	2	1	4	4	2	0	5	4	1	0
4#	3	2	4	1	3	2	4	1	3	1	4	2	4	1	3	2

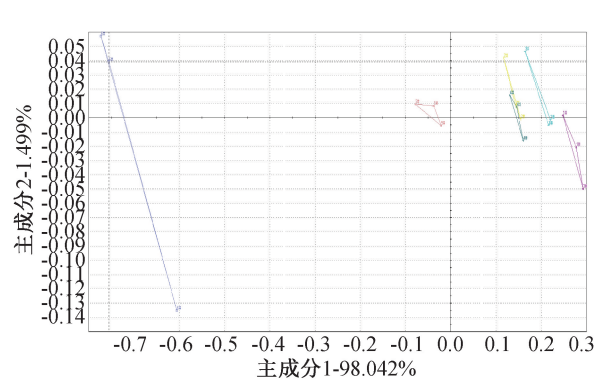


图 9 气味 PCA 分析图

Fig. 9 PCA diagram for odor analysis

分 1 的贡献率,说明样品间横坐标的距离越大,则样品差异也较大;由于主成分 2 的贡献率相对较小,所以样品间在纵坐标的距离再大,实际差异也会非常小。市售样品(6#)与其他样品分布区域分离较远,说明在气味上 6#与其他样品存在一定的差别,样品 2#、4#分布区域有重叠且与市售 5#分布区域分离相对较近,说明样品 2#、4#在气味上较为相似,且相比样品 1#、3#在气味上与市售 5#更为相近,易被人们接受。

2.3.3 不同低致敏营养餐包模糊数学分析结果

根据 1.3.7 感官评价得出结果如表 4:

$$R_{1\#} = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.3 & 0.2 & 0.5 \\ 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.1 \\ 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix}$$
$$R_{2\#} = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.2 & 0.3 & 0.0 \\ 0.3 & 0.2 & 0.4 & 0.1 \\ 0.1 & 0.1 & 0.3 & 0.5 \\ 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.4 \end{bmatrix}$$
$$R_{3\#} = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.3 & 0.1 & 0.2 \\ 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \\ 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0.0 \\ 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$R_{4\#} = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.2 & 0.4 & 0.1 \\ 0.3 & 0.2 & 0.4 & 0.1 \\ 0.3 & 0.1 & 0.4 & 0.2 \\ 0.4 & 0.1 & 0.3 & 0.2 \end{bmatrix}$$

综合评判集: $Y_{1\#1} = X * R_{1\#} = \{0.1, 0.2, 0.3,$

$$0.4\} \times \begin{bmatrix} 0.0 & 0.3 & 0.2 & 0.5 \\ 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.1 \\ 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix} = (0.1n0.0)u$$

$$(0.2n0.4)u(0.3n0.3)u(0.4n0.4) = 0.4$$

同理可得: $Y_{1\#1} = 0.4, Y_{1\#2} = 0.3, Y_{1\#3} = 0.3, Y_{1\#4} = 0.1, Y_{2\#1} = 0.2, Y_{2\#2} = 0.2, Y_{2\#3} = 0.3, Y_{2\#4} = 0.4, Y_{3\#1} = 0.4, Y_{3\#2} = 0.4, Y_{3\#3} = 0.2, Y_{3\#4} = 0.1, Y_{4\#1} = 0.4, Y_{4\#2} = 0.2, Y_{4\#3} = 0.3, Y_{4\#4} = 0.2。$

归一化后得:

$$Y_{1\#} = (0.36, 0.27, 0.27, 0.09), Y_{2\#} = (0.18, 0.18, 0.27, 0.36), Y_{3\#} = (0.36, 0.36, 0.18, 0.09), Y_{4\#} = (0.36, 0.18, 0.27, 0.18)。$$

设定感官特性评分为好为 100 分,较好为 80 分,一般为 60 分,差为 40 分,则 6 种样品整体的得分为: $T_{1\#} = 77.4, T_{2\#} = 63, T_{3\#} = 79.2, T_{4\#} = 73.8$, 因此四种自制低致敏营养餐包的品质优劣依次排列为: $S_{3\#} > S_{1\#} > S_{4\#} > S_{2\#}。$

实验结果表明:在四种自制低致敏餐包中,3#餐包感官最佳,2#餐包感官最差。

2.4 粉体粒径分布与低致敏营养餐包感官关系

以不同低致敏营养餐包的粒径为横坐标,餐包感官评价为纵坐标建立线性关系并进行回归拟合,如图 10 所示:粒径与感官评分呈显著性正线性关系,拟合度在 0.9 以上,即一定范围内随着粒径的增大,餐包感官评分也在随之升高。

3 结论

1)不同配方的低致敏营养餐包的冲调性与粉体粒度分布存在差异性。

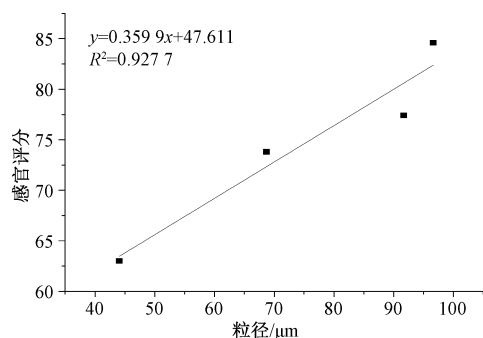


图 10 粒径与感官得分关系图

Fig. 10 Particle size and sensory scores

2)低致敏营养餐包细粉颗粒($<100\ \mu\text{m}$)体积占比与冲调性呈线性负相关,粗粉颗粒($200\sim 500\ \mu\text{m}$)体积占比与冲调性呈线性正相关。

3)自制低致敏营养餐包达到理想冲调状态($t<20\ \text{s}$)时,粒径分布为 $0\sim 30\ \mu\text{m}<20\%$, $0\sim 50\ \mu\text{m}<30\%$, $0\sim 100\ \mu\text{m}<60\%$, $200\sim 500\ \mu\text{m}>15\%$ 。

4)低致敏营养餐包粒径大小与感官评分呈线性正相关。即一定范围内,随粒径的增大,感官评分也随之升高。

参考文献:

- [1] LOKE P, KOPLIN J, BECK C, et al. Statewide Prevalence of School Children at Risk of Anaphylaxis and Rate of Adrenaline Autoinjector Activation in Victorian Government Schools, Australia [J]. Allergy Clin Immunol, 2016, 138(2): 529-535.
- [2] PRESCOTT S L, PAWANKAR R, ALLEN K J, et al. A Global Survey of Changing Patterns of Food Allergy Burden in Children [J]. World Allergy Organ J, 2013, 6(1): 21.
- [3] JACKSON K D, HOWIE L D, AKINBAMI L J. Trends in Allergic Conditions Among Children: United States 1997-2011 [J]. NCHS Data Brief, 2013(121): 1-8.
- [4] SICHERER S H, SAMPSON H A. Food Allergy: Epidemiology, Pathogenesis, Diagnosis, and Treatment [J]. Allergy Clin. Immunol, 2014, 133(2): 291-307.
- [5] SHI H, ZHANG M, ADHIKARI B. Advances of Electronic Nose and Its Application in Fresh Foods: A Review [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2018, 58(16): 2700-2710.
- [6] GIL L, BARAT J M, BAIGTS D, et al. Monitoring of Physical-chemical and Microbiological Changes in Fresh Pork Meat under Cold Storage by Means of a Potentiometric Electronic tongue [J]. Food Chemistry, 2011, 126: 1261-1268.
- [7] CAMPOS I, MASOT R, ALCANIZ M, et al. Accurate Concentration Determination of Anions Nitrate, Nitrite and Chloride in Minced Meat Using a Voltammetric Electronic Tongue [J]. Sensors and Actuators B-Chemical, 2010, 149: 71-78.
- [8] 杨贞耐. 乳品加工新技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2013: 138-142.
- [9] 华家才, 尤玉如, 钱 锋, 等. 婴幼儿配方奶粉生产工艺关键技术对溶解冲调性的影响 [J]. 中国乳品工业, 2007, 35 (10): 22-25.
- [10] 王锡茂. 产品设计评价中感官评价方法的应用研究 [J]. 现代品, 2017(03): 67-69.
- [11] 吴玉营. 无腥无糖速溶豆奶粉的研制 [D]. 无锡: 江南大学, 2004.
- [12] 闫 凌, 刘 佳, 龚漫蕾, 等. Tribology 技术在食品口感测评中的应用 [J]. 食品工业科技, 2014, 35(16): 28-30.
- [13] RBH/204-2004, 婴儿配方感官评鉴准则 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004: 2-3.
- [14] CHEN X D. Whole Milk Powder Agglomeration-Principles and Practice [M]. Milk Powder for the Future, Palmerston North, New Zealand: Dunmore Press, 1992: 432-445.
- [15] 韩丽丽, 侯占群, 文 剑, 等. 紫苏籽油乳状液的制备及其稳定性评价 [J]. 食品与发酵工业, 2016, 42 (4): 144-149.
- [16] HOGEKAMP S, SCHUBERT H. Rehydration of Food Powders [J]. Food Science and Technology International, 2003, 9(3): 223-235.
- [17] FANG Y, SELOMULYA C, CHEN X D. On Measurement of Food Powder Reconstitution Properties [J]. Drying Technology, 2008, 26: 3-14.
- [18] 刘远方, 赵爱娟. 传感器型电子鼻技术在谷物品质研究中的应用进展 [J]. 教育教学论坛, 2016, (47): 84-85.
- [19] 何余勤, 胡荣锁, 张海德, 等. 基于电子鼻技术检测不同焙烤程度咖啡的特征性香气 [J]. 农业工程学报, 2015, 31(18): 247-255.
- [20] 陈 林, 刘友平, 陈鸿平, 等. 电子鼻在川芎不同产地不同等级评价中的应用 [J]. 中药与临床, 2013, 4 (4): 7-10.
- [21] ZHI R, ZHAO L, ZHANG D. A Framework for the Multi-Level Fusion of Electronic Nose and Electronic Tongue for Tea Quality Assessment [J]. Sensors, 2017, 17(5): 1007.
- [22] ZHANG H M, WANG J, TIAN X J. Optimization of Sensor Array and Detection of Stored Duration of Wheat by Electronic Nose [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 82(4): 403-408.

(责任编辑 周雪梅)