DOI:10.3969/j.issn. 1673–1689.2018.04.011

金针菇多糖对曲奇品质的影响

庄海宁[1]， 陈忠秋[1,2]， 冯 涛[2]， 贾 薇[1]， 汪雯翰[1]， 杨 焱[1]， 张劲松[1]
(1.上海市农业科学院 食用菌研究所/农业部南方食用菌资源利用重点实验室/国家食用菌工程技术研究中心,上海 201403;2. 上海应用技术大学 香料香精技术与工程学院,上海 201418)

摘要：为研究金针菇多糖(FVP)添加量对小麦粉糊化特性以及曲奇品质的影响,利用快速粘度分析仪对小麦粉进行测定,质构仪和电子鼻、固相微萃取–气质联用、感官评价对FVP曲奇的品质进行分析。随着FVP的增加,其峰值粘度、衰减值、最终粘度和回生值逐渐降低,抑制了淀粉的老化,使曲奇的硬度和韧性降低。电子鼻能区分不同浓度FVP曲奇,雷达指纹轮廓相似。添加了FVP的曲奇风味更丰富,增加的香味物质为杂环、芳香族化合物等。FVP为5%时,最易被消费者接受。

关键字：金针菇多糖(FVP);曲奇;糊化特性;质构;感官评价;电子鼻;固相微萃取–气质联用(SPME–GC–MS)
中图分类号:TS 255.1　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1673—1689(2018)04—0400—09

Effect of Polysaccharide of *Flammulina velutipes* on Cookies Quality

ZHUANG Haining[1]， *CHEN Zhongqiu*[1,2]， *FENG Tao*[2]， *JIA Wei*[1]，
WANG Wenhan[1]， *YANG Yan*[1]， *ZHANG Jingsong*[1]
(1. Institute of Edible Fungi, Shanghai Academy of Agricultural Sciences / Key Laboratory of Edible Fungi Resources and Utilization (South), Ministry of Agriculture / National Engineering Research Center of Edible Fungi, Shanghai 201403, China; 2. School of Perfume and Aroma Technology, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418, China)

Abstract: Effect of polysaccharide of *Flammulina velutipes* (FVP) addition on pasting properties of wheat and cookies quality was studied. Determined the effect of different amounts of FVP on pasting properties of wheat flour by rapid viscosity analyzer (RVA). Utilizing Texture Analyzer, electronic nose and SPME-GC-MS analysed the quality of FVP cookies. The effects of FVP were investigated on the sensory evaluation of cookies. With the increase of the added amount of FVP, its peak viscosity, attenuation value, final viscosity, retrogradation, hardness and elasticity decrease. Electronic nose distinguished between different concentrations of FVP cookies, and sensor response

收稿日期：2016–01–30
基金项目：国家自然科学基金项目(31371736);上海市市级农口系统青年人才成长计划项目[沪农青字(2015)第1–8号]。
作者简介：庄海宁(1980—),女,江苏邳州人,工学博士,助理研究员,主要从事食药用真菌研究。E–mail:zhuanghaining@saas.sh.cn
引用本文：庄海宁,陈忠秋,冯涛,等. 金针菇多糖对曲奇品质的影响[J]. 食品与生物技术学报,2018,37(04):400–408.

radar contour were similar. FVP cookies volatile flavor compounds were richer and the major increase flavoring compositions are aromatic and heterocyclic compounds, as well as nitrogen-containing compounds produced by the Maillard reaction. 5% FVP has the highest score of sensory evaluation, and it is the most easily accepted by consumers.

Keyword: polysaccharide of *Flammulina velutipes* (FVP), cookie, pasting property, texture, sensory evaluation, electronic nose, solid- phase microextraction gas chromatography-mass spectrometry (SPME-GC-MS)

中国食用菌已成为第五大种植农作物，并且中国已成为世界最大食用菌生产、出口和消费国。据2013年中国食用菌协会统计，中国食用菌生产总量达到3 000余万吨，产值超过1 700亿元，出口创汇约18亿元[1]。食用菌的食药用价值、保健功能随着食用菌的营养成分、生物活性及其功能机理不断被揭示，而倍受重视[2]。提取和利用食用菌中有效成分，开发具有增强免疫力、抑制体重、降糖、降压、健胃、护肝及预防老年痴呆等保健作用的功能食品，具有十分显著的经济和社会效益，因而成为行业内关注的焦点[3]。

金针菇属担子菌亚门、层菌纲、伞菌目、口蘑科、小火焰菌属，在《中国植物图鉴》上称作朴蕈，俗称朴菇、冬菇、构菌、毛柄金钱菌、金钱菌等[4]。金针菇是一种自然界少见的高营养低脂肪食品，富含粗纤维、蛋白质、碳水化合物、矿物质元素和维生素，目前已发展成为世界第三大食用菌[5]。金针菇因为含有能促进儿童智力发育的赖氨酸和精氨酸，又被称为“益智菇”[6]。金针菇含有多糖、糖蛋白、火菇素、倍半萜等多种生物活性物质[7]。其中金针菇多糖（FVP）是金针菇的主要活性成分之一，FVP不仅具有增强人体免疫力，而且具有抗氧化、抗感染、护肝、保湿、改善记忆和缓解疲劳等保健作用[8]。

目前，已有将黄原胶[9]、茶多酚[10]、绿茶粉[11]、香蕉粉[12]等一些具有功能作用的天然原料加入到不同面粉中的研究，通过添加这些功能性原料来赋予普通面制品新的营养和保健功能，而这些功能原料的添加无论对面制品的口感和风味，还是对面团的加工品质都有显著影响。目前将食用菌多糖添加到面粉中的研究非常少，作者通过快速粘度分析仪（Rapid Visco Analyzer，RVA）测试FVP对小麦粉糊化特性的影响，为FVP应用于面粉制品提供理论依据，并将其制作成曲奇，对成品进行质构、风味、色差分析。为优化FVP曲奇工艺和调配金针菇风味的焙烤食品提供理论参考依据，对提升曲奇品质和加工水平具有重要作用。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

金针菇：上海雪榕食品有限公司产品；低筋面粉：新乡市新良粮油加工有限责任公司产品；黄油：恒天然商贸上海有限公司产品；细砂糖：太古糖业中国有限公司上海第一分公司产品；糖粉：广州福正东海食品有限公司产品。

1.2 仪器与设备

高速台式冷冻离心机（TGL-16M）：湖南湘仪实验室仪器开发有限公司产品；PB4001E电子天平：梅特勒-托利多仪器（上海）有限公司产品；物性测定仪（TAXTPL/30）：英国Stable Micro公司产品；色差仪（NH310）：深圳市三恩驰科技有限公司产品；电子鼻内置18个传感器：LY2/LG、LY2/G、LY2/AA、LY2/GH、LY2/gCTl、LY2/gCT、T30/1、P10/1、P10/2、P40/1、T70/2、PA/2、P30/1、P40/2、P30/2、T40/2、T40/1、TA/2（FOX4000）：AlphaMOS公司产品；气相色谱质谱联用仪（GC6890-MS5973N）：Agilent公司产品；固相微萃取自动进样器（MPS2）：Gerstel公司产品；快速粘度分析仪：澳大利亚Newport Scientific仪器公司产品。

1.3 方法

1.3.1 水溶性金针菇粗多糖的提取 新鲜金针菇取柄部在太阳下曝晒1~2天后放入烘箱中60 ℃鼓风干燥至恒重，将干燥后的柄部折为2~3 cm长，得实验用干品，取一定量干品，用10倍的体积分数95%乙醇浸提过夜，过滤。重复操作3次，合并浸提液，减压蒸发，加少量水后冻干成醇提物。将醇提后的残渣收集，在阴凉处风干，加入10倍的蒸馏水，

沸水提取两次,时间依次为 2 h,1 h。合并滤液,减压浓缩至体积 200 mL,搅拌加入体积分数 95%乙醇至体积分数 30%,静置后沉淀物烘干至恒重,得到粗多糖,其总糖质量分数为 15.30%。

1.3.2 小麦粉糊化特性的测定 准确称取占小麦粉质量的 0~20%的 FVP 分散于溶液中,待 FVP 充分水合后,添加一定质量的小麦粉,调成固形物质量浓度为 60 g/L 的悬浮液,将悬浮液转移至 RVA 专用铝盒内测定复配体系的糊化特性,测定方法参照美国谷物化学协会(AACC)所规定的标准 2 程序[13]。每组实验重复 3 次。

表 1 标准 2 测试程序

Table 1 Test program standand 2

时间/s	类别	设定值
0	温度	50 ℃
0	转数	960 r/min
10	转数	160 r/min
60	温度	50 ℃
510	温度	95 ℃
810	温度	95 ℃
1 260	温度	50 ℃
1 380	测试结束	

1.3.3 曲奇配方

表 2 金针菇曲奇原料添加量

Table 2 FVP cookies amount of raw material

添加量/%	低筋面粉/g	黄油/g	细砂糖/g	糖粉/g	鸡蛋/g	FVP/g
0	50.0	32.5	7.5	15	12.5	0
5	47.5	32.5	7.5	15	12.5	2.5
10	45.0	32.5	7.5	15	12.5	5.0
15	42.5	32.5	7.5	15	12.5	7.5
20	40.0	32.5	7.5	15	12.5	10

1.3.4 工艺流程 原料预处理→称重→加入黄油、糖粉、细砂糖→混合搅打→加入鸡蛋→搅打→加入 FVP、面粉→成型→烘烤→冷却→成品。

1.3.5 质构分析 用质构仪对曲奇硬度、韧性进行测定分析,评价饼干的品质。参考 Mancebo 等人[14]的方法,测定条件:Biscuits (Measure force in compression)模式,HDP/3PB 探头,距离 5 mm,触发力 5 g,测前速度 1.5 mm/s,测试速率 2.0 mm/s,测后速度 10.0 mm/s,每个样品重复 5 次。结果取平均值。

1.3.6 风味分析

1)电子鼻测试 气味指纹测试条件:净化干燥空气作为载气,流量为 150 mL/min;35 ℃顶空采集 120 s,以 500 r/min 搅动;顶空注射 500 μL,注射速度为 500 μL/s,注射总体积为 2.5 mL,注射温度为 45 ℃。参数获取时间 120 s,延滞 600 s。每个样品重复采集 6 次,获取稳定后的 3 次数据[15]。

2)SPME-GC-MS 分析 参考 LAURIENZO 等人[16]的方法,取 1 g 饼干样品,研磨成粉过 40 目筛,置于固相微萃取专用样品瓶中。萃取头在 250 ℃老化 1 h,然后迅速将其插入样品瓶的气相顶空部分(注意不要使萃取头接触到样品),对萃取温度和时间进行优化,萃取完成后将萃取头抽出,迅速插入气质色谱联用仪进样口,在 250 ℃下解吸 5 min,再进行 GC-MS 分析。

气相色谱条件:毛细管柱 HP INNOWAX(60 m×0.25 mm×0.25 μm),载气为 He 气;恒定流速为 1.0 mL/min;进样口温度为 230 ℃;采用不分流模式;柱温箱程序升温:色谱柱起始柱温 35 ℃,保持 5.0 min,以 5 ℃/min 升温到 50 ℃,保持 5 min,再以 5.5 ℃/min 升温到 230 ℃,保留 5 min,共运行 52.7min。

质谱条件:电离方式为电子轰击式(EI),电子能量 70 eV,四级杆温度 150 ℃,离子源温度为 250 ℃,传输线温度为 280 ℃,扫描质量范围 20~350[17]。

扫描方式:全扫描。

采用 Xcalibur 软件处理 GC-MS 试验数据,未知化合物经计算机质谱库检索,同时与 NIST 库和 Wiley 库相匹配,当正反匹配度均大于 800(最大值为 1 000)时,该鉴定结果才予以确认。按峰面积归一化法计算各组分的相对含量。

1.3.7 感官评价 曲奇在室温下储存一天后,选择 12 人作为品评员采用 9 分快感标度法评价 5 组曲奇,其中 9 代表优秀,1 代表很差。每个样品用 3 个随机位数的编码,位置随机摆放。每个样品重复两次[18]。

1.3.8 数据处理 利用 Origin 9.0 软件进行数据分析和图表绘制。将电子鼻分析得到的数据利用电子鼻自带软件AlphaSoft 9.1 进行统计分析,主要包括主成分分析(PCA)和判别因子分析(DFA)。

2 结果与分析

2.1 FVP 对小麦粉糊化特性的影响

在降温过程中糊化的淀粉分子通过氢键再结

合和再结晶的老化过程称为回生，淀粉的回生程度由淀粉特性以及其水解特性决定，可影响淀粉制品的消化难易度，淀粉产品的回生指数越大，表示其老化速率越快，货架期越短[19]。衰减值是反映淀粉糊热稳定性的主要参数，衰减值越大，淀粉糊的热稳定性越差[20]。由图 1 和表 3 可以看出，随着 FVP 添加量的升高，混合样品的峰值粘度、最低粘度、衰减值、最终粘度均呈明显下降的趋势，主要由于 FVP 中淀粉类物质含量少，添加后降低了混合粉中淀粉的含量，从而使淀粉糊化峰值粘度和最终粘度下降；此外，FVP 的添加可逐渐降低面团的回生值，说明 FVP 能抑制糊化后的淀粉分子再聚合，延缓了淀粉的老化，能够增加面粉制品的保质期。杨文建等[21]研究表明添加食用菌粉能够使面团的回生值下降，对饼干、面包、面条等产品的回生老化具有抑制作用。

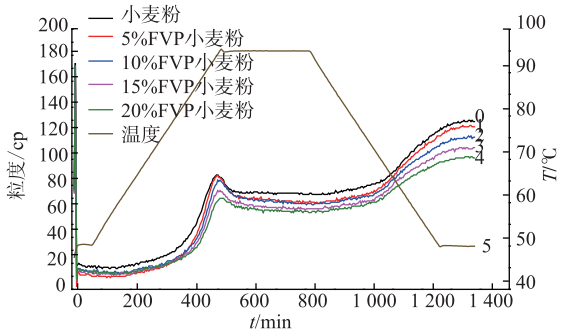


图 1　FVP 对小麦粉糊化特性的影响

Fig. 1　Effect of FVP on pasting properties of wheat flour

2.2　FVP 添加量对曲奇质构特性的影响

硬度和韧性是曲奇质构的主要性能参数。由图 2 可知，逐渐增加 FVP 的添加量，可以使曲奇的硬度和韧性逐渐降低。这可能是由于添加 FVP 阻碍了面筋蛋白网络的形成，面筋的韧性较差，导致曲奇的硬度降低。有研究结果显示，添加纤维素粉能够抑制面筋网状结构形成的骨架结构，从而降低面团韧性和内部硬度[22]。

表 3　不同 FVP 添加量的糊化特性

Table 3　Pasting properties of different added amount of FVP

FVP 添加量/%	峰值粘度/cp	最低粘度/cp	衰减值/cp	最终粘度/cp	回生值/cp
0	91	68	23	130	62
5	88	66	22	125	59
10	84	65	19	117	52
15	76	61	15	109	48
20	70	59	11	101	42

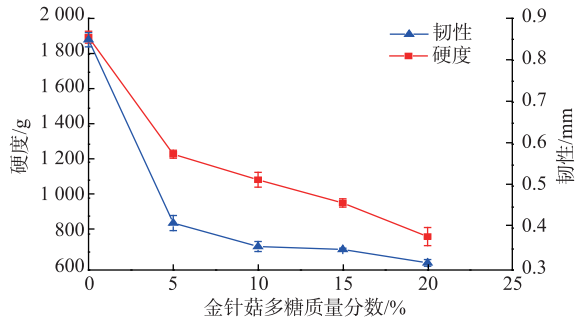


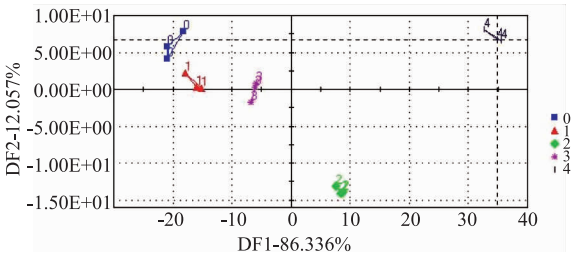
图 2　FVP 添加量对曲奇硬度和韧性的影响

Fig. 2　Effect of FVP addition amount of cookies hardness and elasticity

2.3　金针菇曲奇的风味分析

2.3.1　FVP 曲奇电子鼻分析

1）DFA 分析　如图 3 所示。DFA 法采用数学变换，使同类组群数据间的差异缩小，从而使不同类别间的差异扩大，最终建立一个数据识别模型。由图 3 可知，DF1 和 DF2 判别因子对原始数据信息的总贡献率约为 98%，判别函数分析法可以较好区分不同添加量曲奇的香气。由 DFA 分析可将样品分成 3 类，第一类包括质量分数 0~15%FVP 曲奇，主要受 DF2 判别因子影响较大，第二类为质量分数 10% FVP 曲奇，第三类为质量分数 20%FVP 曲奇，主要受 DF1 影响因子影响较大。这说明添加0~15%FVP 曲奇的挥发性风味比较接近，添加质量分数10% FVP 的曲奇和 20%FVP 的曲奇相互之间挥发性风味相差较大，且与第一类 FVP 的挥发性风味也不同。



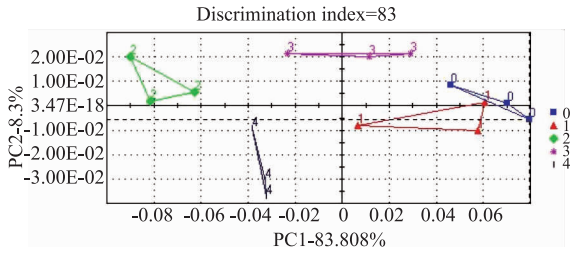
注：图上数字代表的样品如下：0，0%FVP 曲奇；1，5%FVP 曲奇；2，10%FVP 曲奇；3，15%FVP 曲奇；4，20%FVP 曲奇

图 3　FVP 曲奇的 DFA 分析

Fig. 3　DFA of E-Nose data for volatile compounds in FVP cookies

2）PCA 分析　5 种曲奇的 PCA 主成分分析图如图 4 所示，它们之间互相分离，说明挥发性成分的组成各有不同[23]。根据所得的 PCA 结果，电子鼻可以测量不同样品中挥发性化合物的浓度以实现

快速区分[24]。从图中可知，第一主成分贡献率为83.808%，第二主成分的贡献率为8.3%，总贡献率为92.108%。因此可判定在这两个主成分的总贡献率下，PCA能较好地区分5种不同浓度的FVP曲奇的香气。

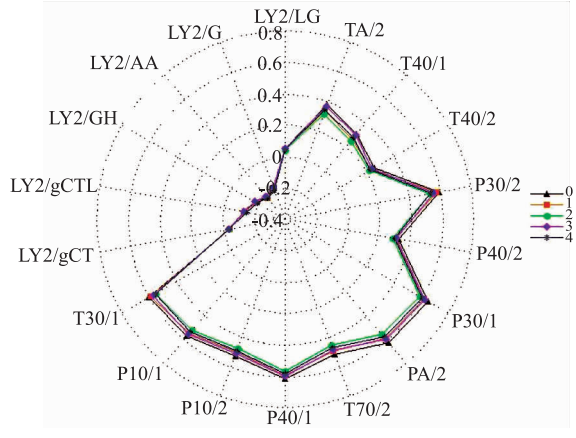


注：图上数字代表的样品如下：0，0%FVP曲奇；1，5%FVP曲奇；2，10%FVP曲奇；3，15%FVP曲奇；4，20%FVP曲奇

图4 FVP曲奇的PCA分析

Fig. 4 PCA of E-Nose data for volatile compounds in FVP cookies

3)雷达图 采用电子鼻对0%，5%，10%，15%，20%FVP曲奇粉末进行分析。图5为电子鼻对5个样品挥发性风味的传感器相应雷达图。由图5可知，不同浓度FVP的电子鼻传感器响应雷达轮廓总体相似，说明FVP曲奇与普通曲奇风味相似。LY2/LG、TA/2、T40/1、T40/2、P30/2、P40/1、P40/2、P30/1、PA/2、T70/2、P10/1、P10/2、T30/1对样品风味的响应值为正值，5种曲奇在这些传感器上响应强度处于0.20~0.65之间。而LY2/G、LY2/AA、LY2/GH、LY2/gCTL、LY2/gCT对样品风味呈负响应。其中，PA/2、T70/2、P40/1、P10/2、P10/1、T30/1、P30/2、P30/1传感器响应值较高，表示的风味物质类型主要为醇类、醛类、酮类、烃类、酸类、含硫化合物和芳香族化合物。这与李晓贝的研究结果基本一致：传感器PA/2、P40/1、P10/2、P10/1、T30/1、P30/2、P30/1对食用菌的风味物质具有高响应值，不同食用菌存在着类似的挥发性成分，食用菌风味强度轮廓大致相同[25]。本实验中的电子鼻雷达指纹图部分传感器响应强度与之相似，说明添加了FVP的曲奇保留了金针菇原有的风味。



注：图上数字代表的样品如下：0，0%FVP曲奇；1，5%FVP曲奇；2，10%FVP曲奇；3，15%FVP曲奇；4，20%FVP曲奇

图5 FVP曲奇的电子鼻雷达指纹图

Fig. 5 Radar fingerprint chart of volatile compounds in FVP cookies

同时，5个样品的电子鼻传感器响应值轮廓存在一定差别，TA/2，T40/1，T40/2，P30/2，P40/2，P30/1，PA/2，T70/2，P40/1，P10/2，P10/1，T30/1对质量分数0%，5%和15%FVP曲奇的挥发性气味响应值较高，其中5%，15%的风味与0%的金针菇曲奇的最为相似。说明5%，15%的FVP曲奇与普通曲奇的风味更接近。

2.3.2 FVP曲奇的SPME-GC-MS分析 分别对添加了质量分数0%，5%，10%，15%，20%的FVP的曲奇样进行了GC-MS分析，共检出62种化合物，其中未添加FVP的曲奇共检测到18种香味物质，添加了质量分数5%的34种，10%的50种，15%的52种，20%的56种。这些风味物质包括醛类、醇类、烃类以及杂环和芳香族化合物等，其中杂环和芳香族化合物14种，烃类4种，酮类12种，酸类10种，醇类5种，酯类7种，醛类6种，酚类4种。与未添加FVP的曲奇相比，FVP曲奇主要增加的香味物质为杂环和芳香族化合物，同时醛类、醇类等相对减少。

这与陶虹伶等[26]的研究结果相似：在食用菌曲奇烘焙过程中，风味物质的变化主要包括食用菌中的一定量的挥发性物质的损失，生成新的挥发性成分。不同样品的风味轮廓大致相同，即它们之间存在着相似的挥发性成分。但也存在一定的差异；在唐秋实[27]的研究报告中，金针菇采用鼓风干燥这种加热的干燥方式可生成醛类物质，且主要为C5~C9类化合物。其中2-甲基丁醛具甜味和果香味，正己醛具有青草味。醛类物质是食用菌的香气主要来源，而且是构成金针菇风味特征的主体香味，具有脂香气味[28]。在作者研究工作中，FVP制作成曲奇之后，保留了一部分金针菇风味物质如3-羟基-2-丁酮，苯甲醛等。而一部分金针菇特征风味物质在焙

表 4　FVP 曲奇挥发性物质 SPME–GC–MS 分析结果

Table 4　Analysis of aroma components in FVP cookies by SPME–GC–MS

编号	保留时间/min	挥发性风味物质	相对质量分数/%				
			0%FVP 曲奇	5%FVP 曲奇	10%FVP 曲奇	15%FVP 曲奇	20%FVP 曲奇
1	4.19	2–戊胺	—	–	–	1.25	1.45
2	4.35	正己烷	11.44	13.16	14.26	13.39	14.08
3	7.30	乙酸乙酯	–	1.80	2.34	2.50	2.97
4	7.91	2–甲基丁醛	1.58	1.66	1.68	1.71	1.87
5	8.03	异戊醛	6.71	1.98	1.50	1.49	1.48
6	8.17	三乙胺	–	0.07	0.08	0.10	0.10
7	8.98	2,2,4,6,6–五甲基庚烷	6.91	1.96	1.32	1.19	1.02
8	10.24	正癸烷	13.53	7.33	4.52	4.23	2.65
9	11.95	甲苯	1.17	0.24	0.19	0.16	0.15
10	13.12	乙酸丁酯	–	–	–	–	0.17
11	13.56	正己醛	1.63	0.44	0.35	0.19	0.19
12	14.45	十二烷	44.54	28.74	18.67	9.76	0.91
13	16.17	对二甲苯	–	0.12	0.22	0.28	0.30
14	17.95	2–庚酮	3.51	5.25	5.26	5.05	5.26
15	20.81	1–戊醇	1.60	–	–	–	–
16	21.45	苯乙烯	–	0.02	0.07	0.09	0.09
17	21.77	2–甲基四氢呋喃–3–酮	–	–	–	–	0.17
18	21.86	2–甲基吡嗪	–	0.34	0.64	0.70	1.59
19	22.73	甲基乙酰	–	–	0.29	0.31	0.35
20	22.76	3–羟基–2–丁酮	–	0.28	0.34	0.37	0.39
21	23.47	羟基丙酮	–	1.32	2.05	2.71	3.05
22	24.66	2,6–二甲基吡嗪	–	–	0.10	0.44	1.10
23	24.68	4,6–二甲基嘧啶	–	0.14	0.14	0.16	0.17
24	24.93	2–乙基吡嗪	–	–	–	–	0.58
25	25.51	2,3–二甲基吡嗪	–	–	0.44	0.59	1.05
26	26.77	1–羟基–2–丁酮	–	–	0.06	0.06	0.08
27	27.19	2–乙基–6–甲基吡嗪	–	–	0.11	0.13	0.15
28	27.30	2–壬酮	0.35	2.81	3.20	3.79	3.82
29	28.05	2–乙基–3–甲基吡嗪	–	–	0.04	0.09	0.24
30	29.64	乙酸	2.91	16.74	18.52	24.01	26.76
31	30.78	糠醛（呋喃甲醇）	0.06	0.83	0.91	0.92	0.95
32	33.43	苯甲醛	–	0.38	0.40	0.48	0.46
33	33.59	2,3–丁二醇	–	5.97	6.97	10.00	10.80
34	35.69	1,2–丙二醇	–	0.19	0.20	0.20	0.21
35	36.25	2–十一酮(甲基壬基酮)	–	0.45	0.46	0.47	0.54
36	36.61	2–乙酰基吡啶	–	–	0.42	0.51	0.61
37	37.20	丁酸	–	1.39	2.44	2.67	2.74
38	37.78	丙位丁内酯	–	0.70	0.70	0.71	0.87
39	37.83	4–羟基丁酸内酯	1.47	–	–	–	–
40	38.23	苯乙醛	–	–	1.03	0.89	1.19
41	38.54	糠醇(2–呋喃甲醇)	–	2.52	2.61	2.79	2.95

续表 4

编号	保留时间/min	挥发性风味物质	相对质量分数/%				
			0%FVP 曲奇	5%FVP 曲奇	10%FVP 曲奇	15%FVP 曲奇	20%FVP 曲奇
42	41.29	正丁酸	–	–	0.10	0.16	0.18
43	42.24	乙酰胺	–	–	–	–	0.09
44	42.34	2(5H)-呋喃酮	–	–	0.29	0.33	0.35
45	43.56	丁位己内酯	–	0.55	0.42	0.34	0.24
46	44.31	3-甲基-2-羟基-2-环戊烯酮	–	–	0.12	0.09	0.12
47	44.58	己酸	–	1.26	1.19	0.90	0.67
48	45.64	苯甲醇	–		0.04	0.04	0.06
49	46.53	二甲基砜	–	0.04	0.05	0.08	0.09
50	46.69	4-仲丁基-2,6-二叔丁基苯酚	0.89	–	–	–	–
51	48.06	麦芽酚	–	0.24	0.25	0.62	1.19
52	48.16	2-乙酰基吡咯	–	0.82	1.23	1.04	1.43
53	48.89	苯酚	–	–	0.07	0.08	0.08
54	49.47	呋喃酮	–	–	0.74	0.65	0.59
55	49.65	二氢-3-羟基-4,4-二甲基呋喃酮,	–	–	–	0.29	0.28
56	49.92	辛酸	–	0.44	0.47	0.53	0.33
57	54.27	正癸酸	–	–	0.09	0.07	0.03
58	54.56	2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮	–	–	2.05	0.70	1.32
59	54.95	2,4-二叔丁基苯酚	0.71		–	–	–
60	56.56	邻苯二甲酸二乙酯	0.78	–	–	–	–
61	57.82	苯甲酸;安息香酸	–	0.47	0.46	0.42	0.40
62	65.25	肉桂酸苄酯	0.21	–	–	–	–

烤之后并未检出,如 1-辛烯三醇。这可能是由于金针菇中 1-辛烯三醇含量低，且本身稳定性较差,在焙烤的高温条件下发生了反应[29]。

添加了 FVP 的曲奇主要增加的香味物质含有较多的杂环化合物，如 2-甲基吡嗪、2,3-二甲基吡嗪、2,6-二甲基吡嗪、2-乙基-3-甲基吡嗪、2-乙酰基吡啶、4,6-二甲基嘧啶等。其中吡嗪类被认为是烘焙过程中羰基化合物和氨基化合物发生了非酶促的美拉德反应产生的,而且气味强度较高,具有烤香和坚果香[30]。美拉德反应温度约为 120~160 ℃[31]。实验烘焙的温度为上火 180 ℃,下火 160 ℃,焙烤时 FVP 中的还原糖与烘焙原料中的氨基酸、蛋白质发生美拉德反应,从而产生较多的吡嗪类杂环化合物。

2.4 感官评价

根据品评员对曲奇的总体可接受度，颜色,香气,纹理,口感,松脆度和回味 7 个方面进行感官评价,结果如图 6。添加了质量分数 20%的 FVP 曲奇总体可接受度、颜色、香气、纹理、口感、松脆度和回味得分与其他 4 组存在显著性差异(P<0.05)。颜色和味道的喜好是消费者非常重要的因素。添加质量分数 15%和 20%FVP 曲奇的褐色比其它曲奇的更深。然而,消费者不喜欢颜色较深的曲奇,这可能是总体得分较低的原因。并且,FVP 添加量越多,其口感会产生不易被消费者接受的苦味。由图 6,可以看出添加 5%和10%的 FVP 的曲奇得分情况与 0%的得分较为接近,分数较高,获得品评员的喜爱。

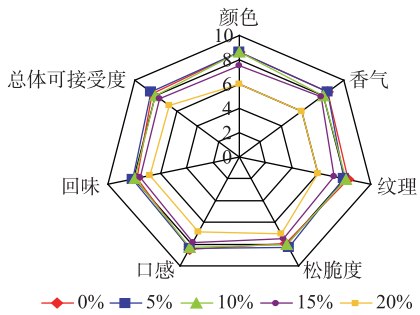


图 6 FVP 曲奇的感官评价结果

Fig. 6 Sensory evaluation results of FVP cookies

3 结 语

将一定比例的 FVP 添加到曲奇中增加了曲奇的特殊风味。随着 FVP 添加量的升高，混合粉的峰值黏度、最低黏度、衰减值、最终黏度均呈明显的下降趋势，此外，FVP 的添加降低了面团的回生值，说明 FVP 能抑制糊化后的淀粉分子重聚，延缓了淀粉的老化，最终增加了曲奇的保质期。FVP 添加量增加，曲奇的硬度和韧性逐渐降低。采用电子鼻技术对不同浓度 FVP 进行分析。电子鼻结果显示，不同浓度 FVP 的电子鼻传感器响应雷达轮廓总体相似，但也存在差异，说明添加 FVP 的曲奇在产生新的风味的同时保留了曲奇原有的风味。采用 SPME-GC-MS 方法，分别对不同浓度的 FVP 曲奇进行检测，结果显示，添加了 FVP 的曲奇挥发性风味物质更丰富，添加了 FVP 的曲奇主要增加的香味物质为杂环和芳香族化合物，以及美拉德反应产生的含氮化合物。FVP 添加量为质量分数 5%时，曲奇更受消费者喜爱。

参考文献：

[1] WANG Hongjie. Analysis on international competitiveness of Chinese edible fungi [J]. **Hubei Agricultural Sciences**, 2011, 50(6): 1085-1087. (in Chinese)

[2] ZHUANG Haining, ZHANG Jingsong, FENG Tao, et al. Present status of the Chinese edible fungi-based health food industry and recommendation future policy[J]. **Acta Edulis Fungi**, 2015, 22(3): 85-90. (in Chinese)

[3] MOON B, LO Y M. Conventional and novel applications of edible mushrooms in today's food industry [J]. **Journal of Food Processing and Preservation**, 2013, 38(3): 2146-2153.

[4] XU Yajie, NING Bo, WANG Lei, et al. Extraction and content determination of polysaccharide from flammulina velutipes[J]. **Academic Periodical of Farm Products Processing**, 2007(9): 70-71. (in Chinese)

[5] PATEL S, GOYAL A. Recent developments in mushrooms as anticancer therapeutics: a review[J]. **3 Biotech**, 2012, 2(1): 1-15.

[6] ZHANG Shengjie, WANG Wenliang, SHI Xianquan, et al. Biological activity and functional foods development of fiammulna velutipes polysaccharides[J]. **Food and Nutrition in China**, 2013, 19(10): 62-64. (in Chinese)

[7] ISHIKAWA N K, YAMAJI K, TAHARA S, et al. Highly oxidized cuparene-type sesquiterpenes from a mycelial culture of Flammulina velutipes[J]. **Phytochemistry**, 2000, 54(8): 777-782.

[8] LIU Xiaoyong, CHEN Leilei, QIU Jiying, et al. Research advance of polysaccharides from flarnmulina velutipes [J]. **Food and Nutrition in China**, 2012, 18(5): 63-67. (in Chinese)

[9] TANG M, HONG Y, GU Z B, et al.The effect of oxanthan on short and long-term retrogradation of rice starch [J]. **Starch**, 2013, 65(7): 702-708.

[10] CHENG Lu, OUYANG Liqun, ZHANG Ying. Production of cookies with low N-(carboxyethyl) lysine concentration by addition of antioxidant of bamboo leaves and tea polyphenols[J]. **Modern Food Science and Technology**, 2014, 30(5): 232-238. (in Chinese)

[11] LI M, ZHANG J, ZHU K, et al. Effect of superfine green tea powder on the thermodynamic, rheological and fresh noodle making properties of wheat flour[J]. **LWT-Food Science and Technology**, 2012, 46(1): 23-28.

[12] LI Mingjuan, ZHANG Yayuan, YOU Xiangrong, et al. Sensory quality evaluation and digestion properties of biscuits containing green banana powder[J]. **Food Science**, 2015, 36(21): 68-73. (in Chinese)

[13] ZHOU Shanshan, LIU Guodong, GU Zhengbiao et al. Effect of guar gum on the digestibility, pasting properties and water mobility of tapioca starch[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2015, 9(36): 111-115. (in Chinese)

[14] MANCEBO C M, RODRIGUEZ P, GOMEZ M. Assessing rice flour-starch-protein mixtures to produce gluten free sugar-snap cookies[J]. **LWT-Food Science and Technology**, 2016, 4(67): 127-132.

[15] LI Qin, ZHU Kexue, ZHOU Huiming. Electric nose analysis of the effect of cooking time on the flavor of three species of edible mushroom soups[J]. **Food Science**, 2010, 31(16): 151-155. (in Chinese)

[16] LAURIENZO P, STASIO M D, MALINCONICO M, et al. De-hydration of apples by innovative bio-films drying [J]. **Journal of Food Engineering**, 2010, 97(4): 491-496.

[17] 高永欣. 香菇饼干面团流变特性、加工工艺及其香气成分研究[D]. 南京：南京财经大学，2013.

[18] RAIDA Z, SOUHAIL B, SEMIA E C, et al. Cookies from composite wheat-sesame peels flours: Dough quality and effect of Bacillus subtilis SPB1 biosurfactant addition[J]. **Food Chemistry**, 2016, 194: 758-769.

[19] KONG Xiaoxue,WANG Ai,DING Qijuan,et al. Farinograph properties and baking characteristics of dietary fiber-fortified wheat dough[J]. **Food Science**,2013,34(17):111-115.(in Chinese)
[20] WANG Yusheng,CHEN Haihua,WANG Kun. Effect of hydrocolloids on bread quality and rheological properties of dough[J]. **Food Science**,2013,34(13):105-109.(in Chinese)
[21] YANG Wenjian,YU Jie,SUN Yong,et al. Effect of flammulina velutipes and agrocybe aegirit powders on rheological properties of dough[J]. **Food Science**,2014,35(23):43-47.(in Chinese)
[22] WANG Yingzhou,YANG Zhenzhong,PAN Yang,et al. Study on the formula and texture characteristics of corn cookies[J]. **Packaging and Food Machinery**,2013,31(3):22-24.(in Chinese)
[23] DUTA D E,CULETU A. Evaluation of rheological,physicochemical,thermal,mechanical and sensory properties of oat-based gluten free cookies[J]. **Journal of Food Engineering**,2015,162:1-8.
[24] CHENG H,CHEN J,CHEN S,et al. Characterization of aroma-active volatiles in three Chinese bayberry (Myrica rubra) cultivars using GC-MS-olfactometry and an electronic nose combined with principal component analysis [J]. **Food Research International**,2015,72:8-15.
[25] 李晓贝. 杏鲍菇品种、栽培工艺及干制方式对其风味物质产生的影响研究[D]. 上海:上海应用技术学院,2014.
[26] TAO Hongling,YANG Wenjian,PEI Fei,et al. Identification and analysis of characteristic flavor components of *Tricholomamatsutakecookies*[J]. **Food Science**,2016,37(16):128-134. (in Chinese)
[27] TANG Qiushi,CHEN Zhiyi,LIU Xue,et al. Influence of drying methods on volatile components of flammulina velutipe[J]. **Science and Technology of Food Industry**,2015,36(10):119-124.(in Chinese)
[28] CHO I H,KIM S Y,CHOI H K,et al. Characterization of aroma-active compounds in raw and cooked pine-mushrooms (Tricholoma matsutake Sing.)[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**,2006,54(17):6332-6335.
[29] LI Wen,GU Zhen,YANG Yan,et al. Analysis of volatile components of boletus auripes PK. By GC-MS [J]. **Jounal of Food Science and Biotechnology**,2012,31(8):871-878.(in Chinese)
[30] MISHARINA T A,MUHUTDINOVA S M,ZHARIKOVA G G,et al. Formation of flavor of dry champignons (Agaricus bisporus L.)[J]. **Applied Biochemistry and Microbiology**,2010,46(1):108-113.
[31] LI Qin,ZHU Kexue,Zhou Huiming. Effect of enzymatic pre-treatment on the nutrition and volatile compounds of mushiroom soup[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2012,31(8):836-843.(in Chinese)

会　议　消　息

第一届全国环境微塑料污染与管控学术研讨会

近年来,微塑料(Microplastics)的环境污染及其生态和人体健康风险引起了国内外高度关注,成为一类新型的全球性环境污染物。我国是塑料生产和消费大国,并被认为是全球陆源塑料垃圾排放最多的国家之一。因而,在海洋微塑料污染的防治和国际环境外交上面临压力。为加强多学科、多部门和多行业之间交流,进一步推动微塑料污染成因与管控研究,由教育部的浙江工业大学、华东师范大学、浙江大学、南京大学、暨南大学、浙江农林大学,中国科学院的南京土壤研究所、烟台海岸带研究所、水生生物研究所、南海海洋研究所,国家海洋局的国家海洋环境监测中心、第一海洋研究所和第二海洋研究所、中国海洋工程咨询协会海岸科学与工程分会、中国太平洋学会海岸科学管理分会,环境保护部的中国环境科学研究院,中国科学院院刊编辑部,新疆蓝山屯河聚酯有限公司,以及上海仁渡海洋公益发展中心等单位,将于2018年国际海洋日联合发起召开"第一届全国环境(海洋)微塑料污染与管控学术研讨会"。会议将于2018年6月8~10日在浙江省舟山市举办。

一、会议日期地点

会议时间:2018年6月8~10日　　会议地点:浙江省舟山市浙大圆正海际酒店

二、会务组及联系方式

微信公众号:weisuliao2018(微塑料大会)　　会务组:罗宏伟,李玉,项亚慧,赵瑶瑶,费茵

电　话:0571-88320634, 0580-2092707　　邮　箱:lhw0106@163.com(优先联系方式)