

冷冻贮藏对马铃薯泥香气成分的影响

王绍帆, 黄欢, 索慧敏, 韩育梅*

(内蒙古农业大学 食品科学与工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010018)

摘要:为探究马铃薯湿泥冷冻贮藏后口感、风味变化的原因,该试验利用冀张12马铃薯制备湿泥,通过电子鼻、电子舌及气相色谱-质谱联用对新鲜和-18℃冷冻30d、4℃解冻12h马铃薯泥的气味、滋味、香气成分进行测定比较。新鲜和冷冻贮藏马铃薯泥的气味、滋味、香气成分有一定差异,但有机硫化物、萜烯类、烃类、醇类和芳香族化合物在其中均含量丰富且挥发性大,是其香气的主要来源;冷冻贮藏过程降低了香气的浓郁度但并没有产生不良风味,在此过程中,苦味和咸味浓郁度未明显改变,有效降低了苦回味;冷冻贮藏过程损失了一部分香气成分的同时相较新鲜马铃薯泥产生较多的(10种)醇类物质。

关键词:马铃薯泥;贮藏;气味;滋味;香气成分

Effects of Frozen Storage on Aroma Components of Potato Puree

WANG Shao-fan, HUANG huan, SUO Hui-min, HAN Yu-mei*

(School of Food Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, Inner Mongolia, China)

Abstract: In order to explore the reasons for the changes of taste and flavor of potato puree after frozen storage, this experiment used Jizhang 12 potato to prepare wet mash, and compared the smell, taste and aroma components of fresh potato mash frozen at -18℃ for 30 d and thawed at 4℃ for 12 h by using electronic nose, electronic tongue and gas chromatography-mass spectrometry. Fresh and frozen potato puree had different odor, taste, and aroma components, but organic sulfide, terpenes, hydrocarbons, alcohols and aromatic compounds were all rich in content and highly volatile, which were the main sources of their aroma. The aroma richness were reduced during the frozen storage process, but bad flavor was not produced. In this process, the bitterness and salty taste was not changed significantly and these reduced the bitter aftertaste effectively; a part of aroma components were lossed during the frozen storage process and meanwhile produced more (10 kinds) alcohols than fresh potato puree.

Key words: potato puree; store; smell; taste; aroma components

作者简介:王绍帆(1995—),男(汉),硕士,研究方向:农产品加工及贮藏。

*通信作者:韩育梅(1965—),女(蒙古),教授,博士,研究方向:农产品加工及贮藏。

农业科学,2007,35(5):1331-1332

[17] 朱振元,刘晓翠,郭蓉,等. 蛹虫草多糖对 α -葡萄糖苷酶活性的抑制研究[J]. 现代食品科技,2014,30(12):55-60

[18] 鲁梅芳,金玉妍,曹小红,等. 灰树花胞外多糖主要成分GFP-1对 α -葡萄糖苷酶的抑制作用[J]. 中国新药杂志,2009,18(23):2250-2254

[19] 尤玲玲,田楠,任寅,等. 秋葵多糖的提取及对 α -淀粉酶的抑制作用[J]. 食品科技,2017,42(2):193-196

[20] 冉琳,何钢,梁立,等. 黑木耳多糖对胰脂肪酶活性的抑制作用[J].

食品工业科技,2017,38(22):56-60

[21] 杨青松,陈小玲,高路,等. 水溶性红雪茶多糖体外结合胆酸盐能力的分析[J]. 中国食品添加剂,2017(9):49-54

[22] 刘荣,王蕾,栾淑莹,等. 水溶性黑木耳多糖体外结合胆酸盐能力的分析[J]. 食品工业科技,2015,36(17):358-361

[23] 王玉芬. 基于分子修饰的粒毛盘菌多糖结构与生物活性研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2017

收稿日期:2019-08-12

引文格式:

王绍帆,黄欢,索慧敏,等.冷冻贮藏对马铃薯泥香气成分的影响[J].食品研究与开发,2020,41(16):45-50

WANG Shaofan, HUANG huan, SUO Huimin, et al. Effects of Frozen Storage on Aroma Components of Potato Puree[J]. Food Research and Development, 2020, 41(16): 45-50

马铃薯是茄科类多年生草本植物,是重要的粮食、蔬菜兼型作物,也是全球第三大粮食作物^[1]。其适应能力强、生长周期短、单位产量高、增产和开发潜力大且耐贮性好、易于加工,是人们日常生活中不可或缺的食材。马铃薯经清洗、去皮、切片、护色、蒸制、调配等工艺制成的类似泥状物质,称为马铃薯泥^[2]。马铃薯泥生产工艺简单,生产成本低,新鲜马铃薯泥几乎保留了马铃薯的全部营养,其具有马铃薯的清香味,口感软糯,能够满足消费者的营养需求与饮食习惯。由于内蒙古自治区是马铃薯的主产区,对马铃薯类产品的研究极具现实意义,而马铃薯制泥不仅提高了马铃薯的经济价值,还推动了马铃薯主粮化战略的发展,因此马铃薯泥是当下马铃薯产业研究与开发的重点^[3]。但目前市场上关于马铃薯泥类产品的研发鲜有报道,新鲜马铃薯泥在几个小时内就会发生褐变、结块变硬、质地不均匀,马铃薯泥在贮藏期色泽、口感、风味亦会发生劣变^[4]。本试验以马铃薯(冀张12)为原料,对新鲜和冷冻贮藏马铃薯泥的气味、滋味、香气成分进行研究,为马铃薯泥类产品的生产加工及贮藏保鲜提供一定的参考依据^[5]。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

马铃薯(冀张12):内蒙古自治区武川县;柠檬酸、抗坏血酸、L-半胱氨酸、二乙酰酒石酸单甘酯、单甘酯、蔗糖脂肪酸酯等(以上试剂均为分析纯):国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

电子鼻(PEN3):德国AIRSENSE公司;电子舌(TS-5000Z):北京盈盛恒泰科技有限责任公司;气相-质谱联用仪(Trace1300、ISQ):美国赛默飞世尔科技公司。

1.3 方法

1.3.1 基本成分测定

本试验对马铃薯(冀张12)的基本成分进行了测定,包括干物质、还原糖、淀粉、直链淀粉、维生素C、蛋白质、灰分、脂肪和膳食纤维的含量,为试验奠定了一定的理论基础^[6]。

1.3.2 工艺路线

原料→清洗去皮→切片→护色→预煮→蒸制→乳化→制泥→包装^[7]

1.3.3 香气成分测定

1.3.3.1 电子鼻测定

检测时间60 s,清洗时间90 s,预进样时间5 s,进样流量400 mL/min,载气流速400 mL/min。开始测定时传感器随时间变化波动,50 s后趋于平缓,取56、57、58 s处数据进行分析。每个样品测定3次。新鲜马铃薯泥与-18℃冷冻30 d、4℃解冻12 h的马铃薯泥各取10 g装入样品瓶,保鲜膜封口后,使用电子鼻测定,分析数据。

1.3.3.2 电子舌测定

新鲜马铃薯泥与-18℃冷冻30 d、4℃解冻12 h的马铃薯泥各取5 g,加入100 mL煮沸的去离子水,浸泡5 min后转移至离心管,3 000 r/min离心5 min上清液冷却至室温(25℃)后取30 mL于样品容器中用于甜味检测,取60 mL于样品容器中用于其他味检测。可检测鲜、咸、苦、涩、酸5种味道及其回味,使用系统自带数据库对数据进行味觉特征分析^[8]。

1.3.3.3 气相色谱-质谱联用测定

色谱柱为DB-5(30 m×0.25 mm,0.25 μm),氦气载气流速1.0 mL/min,进样口与接口温度250℃,不分流进样模式。

质谱条件:采用EI离子源为电离方式,电离电压70 eV,离子源温度250℃,传输线温度250℃,质量扫描范围30~400 m/z,溶剂延迟时间1 min。

程序升温条件:采用三段式升温程序,第一阶段起始温度50℃,持续2 min;第二阶段从50℃升温至110℃,速度20℃/min,保持1 min;第三阶段以5℃/min的速度从110℃升温到230℃,时间5 min^[9]。

1.3.4 感官品质评价

由10名食品专业人员分别进行品尝,对新鲜和冷冻贮藏马铃薯泥的质地、凝聚性、色泽、风味进行综合评价打分,总分100分,取10人平均值形成最终感官评价分值。感官品质评价标准见表1^[10]。

1.3.5 数据分析与处理

利用SPSS22.0软件进行统计处理。利用Ori-

表 1 马铃薯泥感官品质评价标准

Table 1 Evaluation criteria for sensory quality of potato puree

指标	感官描述	评分
质地	均一稳定	11~20
(满分 20 分)	稳定性差	0~10
凝聚性	入口绵软、有很好的粉质感	21~30
(满分 30 分)	较耐咀嚼,粉质感较轻	11~20
	耐咀嚼,无粉质感	0~10
色泽	无褐变	21~30
(满分 30 分)	有轻微褐变	11~20
	褐变较严重	0~10
马铃薯风味	浓郁马铃薯香味	11~20
(满分 20 分)	无马铃薯香味或有马铃薯生味	0~10

gin2018 绘制图表。

2 结果与分析

2.1 马铃薯(冀张 12) 基本成分结果分析

马铃薯(冀张 12) 基本成分测定结果见表 2。

表 2 马铃薯(冀张 12) 基本成分测定结果

Table 2 Results of determination of basic components of potato (Jizhang12)

指标	含量/%
水分	78.18
干物质	21.82
还原糖	0.25
淀粉	19.44
直链淀粉	15.15
维生素 C	0.017
蛋白质	2.37
灰分	1.04
脂肪	0.11
膳食纤维	0.67

由表 2 可知,相较于其它主粮作物,冀张 12 马铃薯,水分含量较低、干物质含量较高,有利于贮藏;还原糖含量较低,有利于油炸食品的加工^[4];淀粉含量较高、直链淀粉含量较低,是其能量的主要来源^[2];维生素 C 含量较高,约为苹果的 10 倍,素有“地下苹果”之称;蛋白质含量较高,富含人体所需的全部 8 种必需氨基酸,营养价值全面;脂肪含量偏低,食之不易致人肥胖;提供人体所需的“第七大营养素”——膳食纤维含量较高,有助于维持消化系统健康。

2.2 马铃薯泥工艺路线结果分析

根据实验室前期的研究,马铃薯制泥最佳工艺条件是厚度 0.8 cm 马铃薯片,用 0.7 % 柠檬酸、0.05 % 抗

坏血酸、0.71 % L-半胱氨酸护色 20 min, 蒸制 40 min, 乳化剂添加量为二乙酰酒石酸单甘酯 0.26 %、单甘酯 0.4 %、蔗糖脂肪酸酯 0.14 %,制泥方式选择挤压,在此条件下制得的马铃薯泥光泽度好,为均匀的半固体状,组织细腻,颜色呈淡黄色且均匀一致,软硬适中,入口绵软,有较好的粉质感,且无粘牙感,具有马铃薯特有的浓郁香味,感官品质综合评分达 96 分。

2.3 新鲜与冷冻贮藏马铃薯泥香气成分结果分析

2.3.1 电子鼻测定结果分析

新鲜和冷冻贮藏马铃薯泥的电子鼻测定对比见图 1。

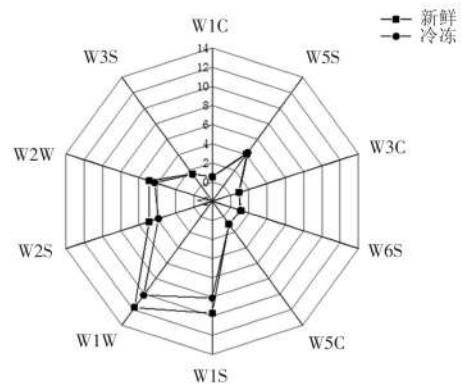


图 1 新鲜和冷冻贮藏马铃薯泥电子鼻测定结果

Fig.1 Results of electronic nose determination of fresh and frozen potato puree

电子鼻传感器性能与参数如表 3 所示。

表 3 传感器性能描述

Table 3 Performance description of sensors

序号	传感器名称	性能描述	备注
1	W1C	对芳香型化合物敏感	甲苯 10 mL/m ³
2	W5S	对氮氧化物敏感	NO ₂ 1 mL/m ³
3	W3C	对氨类和芳香族化合物敏感	苯 10 mL/m ³
4	W6S	对氢类敏感	H ₂ 100 mL/m ³
5	W5C	对烷烃、芳香族化合物敏感	丙烷 1 mL/m ³
6	W1S	对甲基类敏感	CH ₄ 100 mL/m ³
7	W1W	对无机硫化物和萜烯类敏感	H ₂ S 1 mL/m ³
8	W2S	对醇类和部分芳香族化合物敏感	CO 100 mL/m ³
9	W2W	对芳香族化合物和有机硫化物敏感	H ₂ S 1 mL/m ³
10	W3S	对烷烃敏感	CH ₄ 100 mL/m ³

由图 1 可知,新鲜马铃薯泥冷冻贮藏后,香气成分减少,说明此过程降低了香气的浓郁度。在检测的传感器中,W1W、W1S、W2S、W2W 的变化较为明显,说明这些传感器对应的香气成分出现明显减少。W1W 传感器对无机硫化物和萜烯类敏感,W1S、W2S 和 W2W

分别对甲基类敏感,对醇类和芳香族化合物敏感,对芳香族化合物和有机硫化物敏感,表明这些物质在新鲜和冷冻贮藏的马铃薯泥中均含量丰富且挥发性大,对其香气构成贡献较大,是其香气的主要来源^[3]。W1W 主要检测的是萜烯类化合物,萜烯类化合物在植物中分布极广,因此在检测时较为明显,而在马铃薯泥中这些萜烯类化合物不但自身具有生物活性成分的功能,同时还赋予了马铃薯泥水果香和花香的特殊香气,是马铃薯泥香气的重要组成部分。在马铃薯泥中,萜烯类化合物具有调节生理节奏、预防疾病以及促进康复的功效,因此萜烯类化合物含量丰富的马铃薯泥对人们的健康也有一定的作用^[4]。W2S 检测的是醇类物质,醇类物质在马铃薯泥中既是芳香成分又是呈味物质,适量的醇类可赋予马铃薯泥特殊的香味,并且可以衬托酯香,使马铃薯泥的香味更完美^[5]。在 $P < 0.05$ 水平下,新鲜和冷冻贮藏马铃薯泥 W1S 和 W2W 传感器的响应值有显著性差异,二者响应值的降低表明在马铃薯泥的冷冻贮藏过程中甲基类、芳香族化合物以及有机硫化物有明显的下降^[6]。此外,对氨基、氢类等易造成马铃薯泥不良风味成分敏感的 W3C 和 W6S 传感器响应值几乎相同,说明在此过程并没有产生不良风味。

2.3.2 电子舌测定结果

新鲜和冷冻贮藏马铃薯泥的电子舌测定对比见图 2。

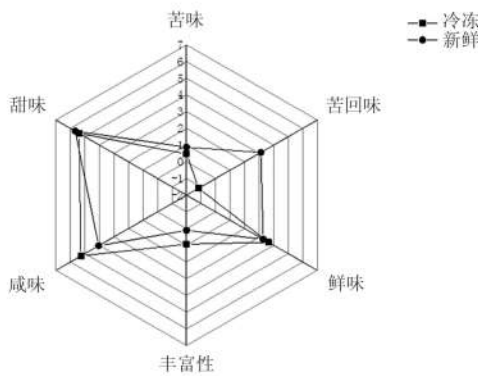


图 2 新鲜和冷冻贮藏马铃薯泥电子舌测定结果

Fig.2 Determination of electronic tongue of fresh and frozen potato puree

由图 2 可知,新鲜马铃薯泥呈味较明显的是甜味和咸味,其次是鲜味和苦回味,苦味和丰富性呈味较弱。马铃薯泥经冷冻贮藏后,变化最突出的呈味是苦回味,其次为咸味和丰富性,其它滋味相对稳定,变化不明显。马铃薯泥在冷冻贮藏后甜味和苦味略微下降,咸味、丰富性和鲜味则有所上升,苦回味下降明显,

说明适度冷冻贮藏可有效降低马铃薯泥的苦回味。上述表明,在此过程中,苦味和咸味这两种令人不适的风味物质未明显改变,没有破坏马铃薯产品的特殊口感,延长了马铃薯泥的最适食用期。

2.4 气相色谱-质谱联用测定结果

新鲜和冷冻贮藏马铃薯泥的气相色谱-质谱联用测定对比见表 4。

表 4 新鲜和冷冻马铃薯泥香气成分
Table 4 Aroma ingredients for fresh and frozen potato puree

类别	香气成分	含量/%	
		新鲜	冷冻
醇类	1,4-丁烯二醇		0.21
	2,4-己二烯-1-醇		0.22
	1-甲基环丙烷甲醇		0.24
	2,6-壬二烯醇	0.82	
	2-甲基-3-丁醇		0.32
	2-壬炔-1-醇		0.59
	3-壬二醇	0.33	0.23
	3-辛醇		0.29
	4-环戊烯-1,3-二醇	0.44	
	1-薄荷醇		5.79
	反式-2-己烯-1-醇		1.68
	环庚醇	0.23	
	环己醇	0.91	
	顺-2-己烯-1-醇		1.2
	顺-2-戊烯-1-醇		0.24
酸类	[1,1'-二氯丙基]-2-辛酸	0.22	
	2-丙烯酸	0.26	0.2
	2-庚炔酸	0.2	
	2-己酸	0.21	
	2-甲基-2-羟基丙酸	0.2	
	2-萘甲酸	0.22	
	2-辛炔酸	0.23	
	3-氨基丁酸		0.37
	4-己酸	0.23	
	5-氨基戊酸	0.25	0.3
蝶呤-6-羧酸	1.53	8.99	
环戊十酸	0.27		
烃类	1-己炔		0.39
	2-环丙基羰基氧十四烷	0.28	0.32
	2-三氟乙酰氧十二烷	8.8	2.18
	2-硝基丁烷	0.27	
	八甲基环四硅氧烷	1.04	0.3
	丙烷	0.29	
	环己烷		0.33
	羟甲基环丙烷	0.23	
	十二甲基环六硅氧烷	1.5	2.89
	十甲基环五硅氧烷	6.45	3.16

续表4 新鲜和冷冻马铃薯泥香气成分
Continue table 4 Aroma ingredients for fresh and frozen mashed potatoes

类别	香气成分	含量/%	
		新鲜	冷冻
酮类	3-叔丁基-5-氯-2-羟基苯甲酮	0.25	2.8
	5-壬酮		0.48
	环丁酮	0.46	
	环己酮		1.73
	螺[4,4]壬烷-1,6-二酮		0.32
醛类	异薄荷酮	2.21	6.29
	3-环戊烯-1-乙醛	0.27	
	3-羟基丁醛		0.22
	丙烯醛	2.95	0.36
	戊醛	0.31	0.48
酯类	异戊醛		0.44
	3,6-十八烷二酸甲酯	0.45	1.21
	β -丁内酯		0.24
其它	氯甲酸烯丙酯	0.23	0.25
	1,1-环丙二醇酰胺	0.28	0.26
	1,5-二甲基己胺		0.2
	2-(甲硫基)乙胺	0.26	
	2-苯氧基乙胺		0.23
	2-丁二胺	0.25	
	二甲胺	0.24	0.2
	乙胺	0.38	
	乙醇胺	1.09	0.95
	乙酰胺	0.2	0.3
	正丁胺	0.2	
2-硫脲嘧啶	0.21	0.21	
乙腈	0.25	0.36	

由表4可知,新鲜和冷冻贮藏的马铃薯泥香气成分存在明显差异,通过气相色谱-质谱联用测定,新鲜和冷冻贮藏的马铃薯泥均检出42种成分,主要有醇类、酸类、烃类、酮类、醛类、酯类等物质^[7]。在新鲜马铃薯泥的检出物质中酸类化合物最多,有11种,此外还检出8种烃类化合物、5种醇类化合物、3种酮类化合物、3种醛类化合物和2种酯类化合物,表明酸类、烃类和醇类在新鲜马铃薯泥的香气成分中占主导地位;在冷冻贮藏后马铃薯泥的检出物质中醇类化合物最多,有11种,此外还检出7种烃类化合物、5种酮类化合物、4种酸类化合物、4种醛类化合物和3种酯类化合物,表明醇类、烃类和酮类在冷冻贮藏后马铃薯泥的香气成分中起关键作用^[8]。3-壬二醇、2-丙烯酸、5-氨基戊酸、蝶呤-6-羧酸、2-环丙基羰基氧十四烷、2-三氟乙酰氧十二烷、八甲基环四硅氧烷、十二甲基环六硅氧烷、十甲基环五硅氧烷、3-叔丁基-5-氯-2-羟

基苯甲酮、异薄荷酮、丙烯醛、戊醛、3,6-十八烷二酸甲酯、氯甲酸烯丙酯、1,1-环丙二醇酰胺、二甲胺、乙醇胺、乙酰胺、2-硫脲嘧啶、乙腈是新鲜和冷冻贮藏后马铃薯泥共有的物质。新鲜马铃薯泥中的一些物质在冷冻贮藏后马铃薯泥中已检测不出,说明在冷冻贮藏过程中损失了一部分香气成分,同样在此过程中也产生了一些新的挥发性物质。在冷冻贮藏过程中相较新鲜马铃薯泥产生了较多的(10种)醇类和(2种)醛类物质,这可能是马铃薯蒸制过程中脂肪氧合酶催化不饱和脂肪酸氧化形成过氧化物时生成的,这也从侧面说明了脂质氧化是形成马铃薯特殊风味的重要途径^[19-20]。

2.5 感官品质评价结果

参照本试验制定的马铃薯泥感官品质评价标准,新鲜马铃薯泥光泽度好,为均匀的半固体状,组织细腻,颜色呈淡黄色且均匀一致,软硬适中,入口绵软,有较好的粉质感,且无粘牙感,具有马铃薯特有的浓郁香味,综合评分96分;冷冻贮藏后马铃薯泥颜色淡黄,为均匀的半固体状,组织较新鲜马铃薯泥粗糙,软硬适中,有马铃薯香味但不浓郁,无粘牙感,易咀嚼,粉质感较轻,综合评分90分。

3 结论

本试验以冀张12马铃薯为原料,对新鲜和-18℃冷冻30d、4℃解冻12h马铃薯泥的香气成分进行了测定对比,得出结论:有机硫化物、萜烯类、烃类、醇类和芳香族化合物在新鲜和冷冻贮藏马铃薯泥中均含量丰富且挥发性大,是其香气的主要来源,冷冻贮藏过程降低了香气的浓郁度但并没有产生不良风味;在冷冻贮藏过程中,苦味和咸味浓郁度未明显改变,有效降低了苦回味;新鲜和冷冻贮藏马铃薯泥香气成分存在明显差异,均检出42种成分,主要有醇类、酸类、烃类、酮类、醛类、酯类等物质,新鲜马铃薯泥在冷冻贮藏过程中损失了一部分香气成分,同时在此过程中也产生了较多的醇类物质。综上所述,-18℃冷冻放置可作为一种行之有效的马铃薯泥贮藏方式。

参考文献:

- [1] 贾艺悦,牟感恩,龙伟,等.马铃薯营养健康功效的评价及其主粮化问题的思考[J].食品科技,2018,43(7):169-174
- [2] Spector A. Oxidative stress-induced cataract: mechanism of action[J]. The FASEB Journal, 1995, 9(12): 1173-1182
- [3] 张庆柱,张彩霞.实施我国马铃薯主粮化的战略[J].农业科技与装备,2015(7):74-75
- [4] 张娟,李琴,贾志玲.马铃薯酥皮月饼的工艺[J].食品研究与开

- 发, 2014, 35(14): 58-61
- [5] 张笑笑, 李瑜, 朱叶. 马铃薯泥面条质构特性的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2016(10): 26-30
- [6] 李璐, 向珊珊, 宾石玉, 等. 挤压膨化对谷物营养成分的影响[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(14): 11-14
- [7] 童军茂, 魏长庆, 单春会. 马铃薯全粉生产过程中的质量控制[J]. 安徽农学通报, 2006, 12(6): 203-204
- [8] 曾艳, 张颖, 郝学财, 等. 电子舌对不同工艺制备的海带调味品味感特征分析[J]. 中国调味品, 2017, 42(1): 80-84
- [9] 李文博, 罗玉龙, 刘畅, 等. 饲养方式对苏尼特羊肉挥发性风味成分和脂肪酸组成的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(24): 207-213
- [10] 张爱霞, 陆淳, 生庆海, 等. 感官分析技术在食品工业中的应用[J]. 中国乳品工业, 2005, 33(3): 39-40
- [11] 李韵涛. 马铃薯薯条及其余料加工工艺的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005
- [12] 毕玉, 方芳, 洪雁, 等. 西米淀粉结构及消化特性[J]. 食品科学, 2014, 35(13): 70-73
- [13] 曾辉, 刘璇, 吴昕焯, 等. 基于电子鼻技术的不同苹果品种香气的表征与识别[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(4): 197-203
- [14] 丁海龙, 敖灵, 邓波, 等. 中国白酒微量健康成分分析[J]. 中国酿造, 2018, 37(2): 11-14
- [15] 关蕊. 欧李果实香气成分分析及理化特征指标的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2011
- [16] 唐琳. 基于电子鼻技术评价脊尾白虾新鲜度的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012
- [17] 王东, 丁德龙, 李华. 发酵兔肉酱挥发性风味物质的研究[J]. 中国调味品, 2018, 43(8): 37-41
- [18] 杨妍, 马晓军, 王黎瑾. 马铃薯泥挥发性风味物质研究[J]. 食品科技, 2007, 32(2): 100-105
- [19] 吴燕, 周君, 明庭红, 等. 基于电子鼻结合气相色谱-质谱联用技术解析不同产地马铃薯挥发性物质的差异[J]. 食品科学, 2016, 37(24): 130-136
- [20] Mikael Agerlin Petersen, Leif Poll, Lone Melchior Larsen. Identification of Compounds Contributing to Boiled Potato Off-flavour (POF)[J]. Lebensmittel-Technologie, 1999, 32: 32-40

收稿日期: 2019-08-23

(上接第 21 页)

- [4] ANUCHITA M, NATTAWT S. Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice [J]. Food Chemistry, 2017, 122(3): 782-788
- [5] Prasad K. HP19LC Analysis of Amino Acid and Antioxidant Composition of Three Medicinal Plants of (Pithoragarh) Uttarakhand Himalayas[J]. Journal of Analytical & Pharmaceutical Research, 2017, 6(4): 186
- [6] WANG R L. Study on the activity of alpha siltase in germinated wheat[J]. Journal of Henan University of Technology, 2018, 21(4): 18-21
- [7] IORDAN M, STOICA A, POPESCU E C. Changes in quality indices of wheat bread enriched with biologically active preparations[J]. Annals of Food Science and Technology, 2013, 14(2): 165-170
- [8] 吴立根, 屈凌波. 谷子的营养功能特性与加工研究进展[J]. 食品研究与开发, 2018, 8(15): 191-195
- [9] 刘明, 岳崇慧, 朱运恒, 等. 糙米复配粉中淀粉直/支比对挤压速食粥品质与结构的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(1): 73-78
- [10] 石磊, 周柏玲, 孟婷婷, 等. 不同地域晋谷 21 号黏度特性比较研究[J]. 农产品加工, 2010(5): 74-75, 78
- [11] XU J, ZHANG H, GUO X N, et al. The impact of germination on the characteristics of brown rice flour and starch[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2012, 92(2): 380-387
- [12] 夏金丹, 曹玉敏, 孙玉敬, 等. 常见八宝粥的蛋白质优化研究[J]. 中国食品学报, 2014, 14(1): 162-171
- [13] 陈敏. 食品化学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008: 134-136
- [14] Lioe H N, Apriyantono A, Takara K, et al. Umami taste enhancement of MSG/NaCl mixtures by subthreshold L- α -aromatic amino acids[J]. Journal of Food Science, 2005, 70(7): s401-s405
- [15] 韩粉丽, 韩飞, 李爱科, 等. AccQ-Tag 柱前衍生反相高效液相色谱法测定谷物及食糜中氨基酸含量[J]. 食品科学, 2018, 39(4): 165-170
- [16] 冯耐红, 侯东辉, 杨成元, 等. 不同品种小米主要营养成分及氨基酸组分评价[J]. 食品工业科技, 2020, 41(8): 224-229
- [17] 宁健婷, 岳喜庆, 武俊瑞, 等. 梅花鹿初乳主要营养成分及氨基酸组成分析[J]. 食品科学, 2015, 36(6): 173-177
- [18] 翟会生, 李俏, 张玉红, 等. 青稞氨基酸组成与营养价值评价[J/OL]. 植物遗传资源学报: 1-16 [2020-01-14]. <https://www.cnki.net/kcms/doi/10.13430/j.cnki.jpgr.20190102002.html>
- [19] 杨永涛, 潘思源, 靳欣欣, 等. 不同品种核桃的氨基酸营养价值评价[J]. 食品科学, 2017, 38(13): 207-212
- [20] 张爱霞, 刘敬科, 赵巍, 等. 小米加工副产物的成分分析和营养评价[J]. 河北农业科学, 2017, 21(1): 73-76
- [21] 罗新也, 李麟波, 冉焱, 等. 五谷杂粮粥的研制[J]. 食品与发酵科技, 2015, 51(4): 100-103
- [22] PARK, Sang Ha, MORITA, Naofumi. Changes of bound lipids and composition of fatty acids in germination of quinoa seeds[J]. Food Science & Technology Research, 2014, 10(3): 303-306

收稿日期: 2020-04-01