DOI:10.12441/spyswjs.20220803002 [文章编号] 1673-1689(2025)04-0135-15

中国主要马铃薯品种煮制风味特征分析

张倩茹 王鑫鑫 江 昊*

(西北农林科技大学食品科学与工程学院,陕西 杨凌 712100)

摘要:【目的】研究不同品种马铃薯在煮制前后挥发性风味物质的变化,为马铃薯品质育种中的亲本选择和品种筛选提供理论依据与数据支撑。**【方法】**以34种不同品种的马铃薯为试验对象,采用气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)对其煮制前后的挥发性风味物质进行分析,并结合电子鼻检测,通过主成分分析(PCA)方法建立风味评价模型,探究主要风味成分及其品种特异性。**【结果】**在新鲜马铃薯样品中共检测出50种挥发性成分,煮制后样品中检测出52种挥发性成分。PCA结果表明,不同品种马铃薯的风味差异明显,且热处理对风味成分种类与相对质量分数产生明显影响。电子鼻检测结果显示,‘Crop60’‘荷兰15号’‘大西洋’‘冀张薯’‘克新1号’‘尤金薯’和‘太和9号’新鲜马铃薯风味较强;而‘陇薯7号’‘云薯506号’‘太和6号’‘闽薯6号’和‘Caribou’在煮制后风味较强。**【结论】**不同品种马铃薯的挥发性风味物质在煮制前后呈现出明显差异,部分品种风味特征突出,GC-MS结合电子鼻可有效辅助马铃薯品种筛选与品质育种。

关键词:马铃薯;煮制;GC-MS;电子鼻;挥发性风味物质

Cooking Flavor Characteristics of Major Potato Cultivars in China

*ZHANG Qianru WANG Xinxin JIANG Hao**

(College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

Abstract: [**Objective**] This study aimed to investigate the changes in volatile flavor compounds of different potato cultivars before and after cooking, providing theoretical support and data reference for parent selection and cultivar screening in potato quality breeding. [**Method**] Thirty-four potato cultivars were selected as experimental materials. The volatile flavor compounds of potatoes before and after cooking were analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), complemented by electronic nose analysis. A flavor evaluation model was established by principal component analysis (PCA) to identify key flavor compounds and cultivar specificity. [**Result**] A total of 50 volatile compounds were identified in fresh potato samples, while 52 volatile compounds were detected in cooked samples. PCA results indicated evident differences in flavor profiles among cultivars, with thermal processing markedly affecting both the types and relative mass fractions of volatile compounds. Electronic nose analysis revealed that ‘Crop60’ ‘Dutch No. 15’ ‘Atlantic’ ‘Jizhangshu’ ‘Kexin No.1’ ‘Youjinshu’ and ‘Taihe No.9’ exhibited stronger flavor profiles in the fresh state, while ‘Longshu No.7’ ‘Yunshu No.506’ ‘Taihe No.6’ ‘Minshu No.6’ and ‘Caribou’ exhibited stronger flavor profiles after cooking. [**Conclusion**] Distinct differences in volatile flavor profiles were observed among potato cultivars before and after cooking. Certain cultivars exhibited prominent flavor characteristics. The combined use of GC-MS and electronic nose can effectively assist potato cultivar screening and quality breeding.

Keywords: potato; cooking; GC-MS; electronic nose; volatile flavor compound

---

基金项目:国家自然科学基金面上项目(32072350)。

通信作者:江昊(1986—),男,博士,教授,博士研究生导师,主要从事农产品加工研究。E-mail:jh1812@163.com

收稿日期:2022-08-03 **修回日期:**2022-09-30

马铃薯是世界各地饮食中最常见的食物，并且在许多国家是重要主食[1-2]。由于马铃薯营养丰富且能给人类提供必需的能量，近年来其种植面积和消费量稳步提升[3]。马铃薯含有丰富的营养成分，包括蛋白质、膳食纤维、维生素、矿物质、酚类化合物等。马铃薯是食品加工的主要原料之一，可制成各种主粮、休闲食品、转化糖、淀粉等初级及精深加工品[4]。我国已于2015年启动“马铃薯主食化战略”。随着我国粮食进口量和粮食需求量齐增，综合考虑国际形势，马铃薯种植及加工将更上一步台阶。为改变马铃薯在我国消费中的地位，解决消费结构单一的问题，需要对我国马铃薯特征进行更深层次的分析。

食品的风味是影响消费者购买的最主要因素之一。食品研发一般利用GC-MS和电子鼻分析物料的风味。GC-MS主要用于挥发性成分的定性和半定量[5]，电子鼻能够快速且准确地检测出不同的气味类型，通常对产品的整体信息提供综合评估[6]。国内外采用电子鼻和GC-MS联用技术研究食品挥发性成分的应用已十分广泛。Fu等[7]采用电子鼻和GC-MS结合的方法快速评价银耳的品质和挥发性成分，同时利用PCA方法可以更准确地判别银耳的种植区域；Cervellieri等[8]采用质谱结合电子鼻表征了100%意大利硬粒小麦面粉的挥发性风味物质，分析鉴定了面食样品的潜在鉴别标志物。He等[9]基于电子鼻和GC-MS数据相关性分析了茶树品种在加工乌龙茶时香气适宜性，揭示了不同品种茶叶的香气特征。Rahimzadeh等[10]以电子鼻结合生物启发算法对老化过程中稻米香气的变化进行了PCA分析，认为将电子鼻系统与开发的无监督算法相结合，可作为分析稻米香气变化的可靠快速工具。Lu等[11]采用GC-MS、气相色谱-嗅觉（GC-O）、气味活性值（OAV）、香气重组和漏检试验对4个品种石榴汁的主要香气成分进行了表征，确定了11种挥发性化合物为石榴整体香气的主要贡献者。曾著莉等[12]采用顶空-固相微萃取-气相色谱-质谱联用法分析了马铃薯挥发性风味物质。经分析鉴定，在鲜马铃薯、蒸熟的马铃薯泥、60 ℃下保温3 h的马铃薯泥中分别得到30种、31种、37种挥发性风味物质。

以我国34个主要马铃薯品种为研究对象，结合电子鼻及GC-MS技术，分析其煮制前后的挥发性风味物质，通过主成分分析建立评价模型，分析马铃薯煮制前后及不同品种马铃薯之间挥发性风味物质的差别，筛选出较好的品种，为马铃薯育种品种的选择和消费者的选购提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

34个品种的马铃薯，1~34号分别为：‘闽薯6号’‘布尔邦克’‘KLB’‘Alverstone’‘希森6号’‘V7’‘青薯9号’‘久恩2号’‘Crop60’‘Ranger’‘青原高’‘久恩8号’‘陇薯7号’‘Blazer’‘king’‘云薯502号’‘麦肯5号’‘Dakota’‘黄金薯’‘Caribou’‘麦肯1号’‘太和9号’‘尤金薯’‘土岩2号’‘克新1号’‘中佳2号’‘太和6号’‘冀张薯’‘荷兰15号’‘云薯506号’‘大西洋’‘东农310号’‘闽薯4号’‘clean water’，由麦肯食品（哈尔滨）有限公司提供，在干燥室温条件下储存。煮制用水为自来水。

1.2 仪器与设备

电磁炉：C21-RT2170型，广东美的生活电器制造有限公司；电子鼻：PEN3型，德国AIRSENSE公司；GC-MS联用仪：GCMS-QP2010型，日本岛津公司；萃取头（50/30 μm）：二乙烯基苯/碳分子筛/聚二甲基硅氧型，美国Supelco公司。

1.3 方法

1.3.1 马铃薯处理

新鲜马铃薯洗净去皮，切成5 mm厚的马铃薯片，在沸水中煮5 min捞出，确保马铃薯煮熟。

取3 g新鲜马铃薯样品和煮制后的马铃薯样品分别置于20 mL顶空瓶中待分析。

1.3.2 电子鼻检测

PEN3便携式电子鼻由金属氧化物气体传感器阵列、气体采样装置和信号处理单元组成，传感器有10种金属氧化物半导体型化学传感元件，每种传感元件对应的敏感物质类型不同。取3 g切碎的马铃薯样品于20 mL顶空瓶中。在25 ℃下富集12 h后，插入电子鼻探头检测顶端空气。顶空瓶的顶部空气逐渐被吸收并被干净的空气代替。挥发性气体以恒定速率传输至检测器，持续60 s，直到传感器信号达到稳定值。两个样品之间需用干净的空气清洗检测器300 s，直到传感器信号返回基线为止。每个样品做3组

平行[13]。

程序设置：测试时间为60 s，传感器清洗时间为300 s，进样流量为400 mL/min。50 s后传感信号基本稳定，选定信号采集时间为57~59 s。

1.3.3 挥发性成分测定

各取3 g新鲜马铃薯样品和煮制熟化后的样品，分别置于15 mL顶空瓶中，用有聚四氟乙烯隔垫的盖子密封，顶空瓶置于25 ℃下平衡12 h。将已活化好的萃取头（50/30 μm）推入顶空瓶，富集50 min，解吸5 min。

用GC-MS联用仪进行挥发性成分鉴定和定量分析。GC条件：使用DB-1 MS毛细管色谱柱（60 m×0.25 mm×0.25 μm），进样口温度为250 ℃；载气为氦气，流量为1 mL/min；进样方式为不分流模式。起始温度为40 ℃，保持3 min，以4 ℃/min升温至120 ℃，然后以6 ℃/min升温至240 ℃，保持12 min。MS条件：电子电离源；电子能量70 eV；离子源温度为230 ℃；接口温度为230 ℃；质荷比扫描范围为35~500。根据挥发性成分总离子流图，利用NIST和Wiley标准谱库检索比对各色谱峰的质谱信息，选择相似度80%以上的成分结构信息，以标准物质保留时间结合标准质谱图和文献资料进行核对确认。采用峰面积归一化法确定各主要成分的相对质量分数。

1.4 数据处理

电子鼻数据分析：采用SPSS 19.0对煮制前后马铃薯样品挥发性成分的相对质量分数进行差异性检验，并采用Minitab软件对数据进行PCA分析，采用Origin处理电子鼻响应信号。

2 结果与讨论

2.1 马铃薯样品的挥发性成分分析

由表1~6可知，马铃薯的挥发性成分可以分为6类，分别是醛类、醇类、烷类、酯类、酮类、呋喃类。这些物质对风味的贡献主要由其相对质量分数与风味阈值的比值决定，其中醛类、酯类的风味阈值较低，能产生较强的果蔬香味；醇类是酯类的前体物质，可以酯化成酯，同时起到烘托主体香味的作用；酮类物质具有奶油香和果香，但相对质量分数少、风味阈值较高，贡献较小；呋喃类物质具有类似于氯仿的气味[14-17]。

表1 不同品种新鲜马铃薯样品（1~12号）挥发性成分的化学组成与相对质量分数

Table 1 Chemical composition and relative mass fractions of volatile components in fresh potato samples of different cultivars (No. 1~12)

分类	化合物	保留时间/min	CAS号	相对质量分数/%											
				闽薯6号	布尔邦克	KLB	Alverstone	希森6号	V7	青薯9号	久恩2号	Crop60	Ranger	青原高	久恩8号
醛类	2-甲基丁醛	7.68	96-17-3	0.44	0.29	5.51	2.49	3.00	0.77	2.55	6.43	0.19	3.55	4.39	2.54
	壬醛	25.65	124-19-6	5.96	—	—	—	2.13	—	3.06	0.54	2.26	2.66	—	—
	己醛	12.13	66-25-1	3.01	—	—	10.35	—	—	6.12	3.49	1.32	1.48	9.50	—
	癸醛	29.42	112-31-2	4.70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2-甲基丙醛	5.78	78-84-2	—	0.14	4.01	—	2.61	—	5.10	0.27	2.07	10.65	4.59	2.03
	十一醛	29.42	112-44-7	—	—	8.27	—	—	—	—	—	—	—	—	—
醇类	2-甲基丙醇	5.34	78-83-1	12.92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2-甲基-1-丁醇	10.16	137-32-6	1.38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16.85
	3-甲基-1-丁醇	10.02	123-51-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.55
	2-乙基己醇	22.81	104-76-7	5.46	—	11.78	—	11.69	7.75	—	4.56	2.26	5.03	2.37	—
	甲硫醇	4.81	74-93-1	0.63	51.47	—	—	—	—	—	—	—	—	26.73	—
	2,3-丁二醇	11.89	513-85-9	5.77	0.38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.35
	2,4-丁二醇	12.12	513-85-9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2-异丙基-5-甲基环己醇	28.65	541-02-6	0.07	—	5.01	—	—	1.55	2.55	—	—	0.59	2.35	—
	1-戊烯-3-醇	8.36	616-25-1	—	—	1.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3-戊醇	8.92	584-02-1	—	—	—	1.12	—	—	—	—	—	—	—	—
	桉叶油醇	23.07	470-82-6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
烷类	2-乙酰基环氧乙烷	6.66	4401-11-0	—	—	15.54	—	2.03	1.27	14.54	5.63	8.47	10.06	12.20	—
	二氯甲烷	5.53	75-09-2	1.88	—	6.27	0.12	—	—	0.77	—	—	—	—	1.93
	2,4-二甲基戊烷	6.67	108-08-7	7.47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

续表

分类	化合物	保留时间/min	CAS号	相对质量分数/%											
				闽薯6号	布尔邦克	KLB	Alverstone	希森6号	V7	青薯9号	久恩2号	Crop60	Ranger	青原高	久恩8号
烷类	1,1-二乙氧基乙烷	9.99	105-57-7	1.38	—	4.51	1.00	2.32	0.15	3.01	4.02	13.18	5.03	12.60	—
	1,2-环氧丁烷	7.02	106-88-7	—	—	—	—	—	—	—	5.90	—	—	—	—
	萘	28.88	91-20-3	6.27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1-溴二十四烷	35.69	6946-24-3	2.70	—	7.27	2.37	—	—	—	—	—	—	—	—
	十七烷	40.41	629-78-7	1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	二十六烷	29.85	630-01-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	环氧乙烷	4.69	75-21-8	—	43.39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,4-二甲基己烷	13.03	589-43-5	—	0.91	—	—	—	—	—	—	—	—	0.12	—
	三氯甲烷	6.75	67-66-3	—	—	17.29	6.23	5.51	6.01	9.44	5.90	8.85	8.88	3.47	—
	环己烷	32.95	110-82-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.12
	1-氯戊烷	10.68	543-59-9	—	—	5.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	正辛烷	13.01	111-65-9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13.71
	十二烷	29.84	112-40-3	—	—	8.02	—	—	—	—	5.63	1.50	2.37	8.73	—
	正十三烷	32.95	629-50-5	—	—	—	—	3.57	—	2.81	—	—	—	—	—
	正戊烷	5.50	109-66-0	—	—	—	36.03	—	—	—	—	—	—	—	—
酯类	乙酸乙酯	6.66	141-78-6	0.63	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.54
	戊二酸二甲酯	26.38	1119-40-0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	乙酸苯乙酯	30.85	103-45-7	35.01	0.83	—	37.78	32.37	29.67	47.70	48.26	48.96	30.18	7.90	—
	2-甲基-1-丙醇丙酸酯	42.38	540-42-1	7.47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	邻苯二甲酸二丁酯	47.43	84-74-2	1.38	—	4.51	1.00	2.32	0.15	3.01	4.02	13.18	5.03	12.60	—
	丁酸乙酯	12.40	105-54-4	—	—	—	—	—	—	—	5.90	—	—	—	—
	乙酸丁酯	6.68	123-86-4	6.27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
酮类	6-甲基-3,5-戊二烯-2-酮	15.10	1604-28-0	2.70	—	7.27	2.37	—	—	—	—	—	—	—	—
	3-羟基-2-丁酮	8.79	513-86-0	1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,3-丁二酮	6.14	431-03-8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2-庚酮	5.14	110-43-0	—	43.39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	丙酮	5.13	67-64-1	—	0.91	—	—	—	—	—	—	—	—	0.12	—
	4-氨基异恶唑烷-3-酮	5.35	4834-58-6	—	—	17.29	6.23	5.51	6.01	9.44	5.90	8.85	8.88	3.47	—
呋喃类	四氢呋喃	7.02	109-99-9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.12
	2-正戊基呋喃	21.15	3777-69-3	—	—	5.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注:“—”表示未检出。

表2 不同品种新鲜马铃薯样品(13~23号)挥发性成分的化学组成与相对质量分数

Table 2 Chemical composition and relative mass fractions of volatile components in fresh potato samples of different cultivars (No. 13~23)

分类	化合物	保留时间/min	CAS号	相对质量分数/%										
				陇薯7号	Blazer	king	云薯502号	麦肯5号	Dakota	黄金薯	Caribou	麦肯1号	太和9号	尤金薯
醛类	2-甲基丁醛	7.68	96-17-3	0.33	2.27	2.34	0.71	4.19	0.52	1.35	1.87	3.51	1.96	10.43
	壬醛	25.65	124-19-6	3.06	0.66	5.37	2.53	1.28	—	—	—	—	—	—
	己醛	12.13	66-25-1	1.31	4.12	1.24	3.95	1.92	0.20	8.90	3.01	2.87	0.49	2.82
	癸醛	29.42	112-31-2	1.42	0.86	9.99	5.13	5.05	—	—	—	—	—	—
	2-甲基丙醛	5.78	78-84-2	4.92	3.11	4.61	16.91	0.30	1.50	3.67	5.34	8.88	5.89	0.70
	十一醛	29.42	112-44-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

续表

分类	化合物	保留时间/min	CAS号	相对质量分数/%										
				陇薯7号	Blazer	king	云薯502号	麦肯5号	Dakota	黄金薯	Caribou	麦肯1号	太和9号	尤金薯
醇类	2-甲基丙醇	5.34	78-83-1	5.90	9.93	5.03	2.47	7.49	—	1.12	2.22	1.44	0.47	1.48
	2-甲基-1-丁醇	10.16	137-32-6	—	—	—	—	—	1.77	6.95	1.87	2.56	—	2.91
	3-甲基-1-丁醇	10.02	123-51-3	1.42	7.95	12.19	1.36	9.33	—	—	—	—	—	—
	2-乙基己醇	22.81	104-76-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	甲硫醇	4.81	74-93-1	—	—	—	—	—	—	42.53	0.59	11.37	20.12	0.70
	2,3-丁二醇	11.89	513-85-9	15.85	16.93	2.96	10.31	—	17.79	9.67	9.29	5.97	7.30	17.33
	2,4-丁二醇	12.12	513-85-9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11.29
	2-异丙基-5-甲基环己醇	28.65	541-02-6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1-戊烯-3-醇	8.36	616-25-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3-戊醇	8.92	584-02-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	桉叶油醇	23.07	470-82-6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
烷类	2-乙酰基环氧乙烷	6.66	4401-11-0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	二氯甲烷	5.53	75-09-2	7.21	5.70	16.74	3.71	8.13	2.94	6.07	6.17	2.01	1.88	2.82
	2,4-二甲基戊烷	6.67	108-08-7	—	—	—	—	—	—	0.52	10.74	0.93	5.98	—
	1,1-二乙氧基乙烷	9.99	105-57-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1,2-环氧丁烷	7.02	106-88-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	萘	28.88	91-20-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1-溴二十四烷	35.69	6946-24-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	十七烷	40.41	629-78-7	5.46	3.80	7.58	—	—	—	—	—	—	—	—
	二十六烷	29.85	630-01-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	环氧乙烷	4.69	75-21-8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,4-二甲基己烷	13.03	589-43-5	—	—	—	25.75	4.27	10.07	1.25	1.70	0.86	1.70	3.56
	三氯甲烷	6.75	67-66-3	—	—	—	—	—	—	—	—	30.15	32.67	1.48
	环己烷	32.95	110-82-7	—	—	—	—	17.37	5.10	—	—	—	—	—
	1-氯戊烷	10.68	543-59-9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13.99
	正辛烷	13.01	111-65-9	38.47	11.81	16.05	—	—	20.27	1.02	14.90	4.63	6.03	—
	十二烷	29.84	112-40-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	正十三烷	32.95	629-50-5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	正戊烷	5.50	109-66-0	—	—	—	—	—	28.97	—	—	—	—	—
酯类	乙酸乙酯	6.66	141-78-6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	戊二酸二甲酯	26.38	1119-40-0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	乙酸苯乙酯	30.85	103-45-7	—	15.61	3.17	2.53	6.21	4.97	1.35	2.77	1.44	12.58	6.69
	2-甲基-1-丙醇丙酸酯	42.38	540-42-1	13.44	7.31	3.10	4.60	11.00	1.50	0.60	0.87	—	—	2.09
	邻苯二甲酸二丁酯	47.43	84-74-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	丁酸乙酯	12.40	105-54-4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	乙酸丁酯	6.68	123-86-4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
酮类	6-甲基-3,5-戊二烯-2-酮	15.10	1604-28-0	—	—	—	18.68	1.96	—	—	—	—	—	—
	3-羟基-2-丁酮	8.79	513-86-0	—	—	—	—	—	3.92	14.99	27.62	14.50	2.12	21.72
	2,3-丁二酮	6.14	431-03-8	—	—	—	—	—	—	—	11.05	8.88	0.80	—
	2-庚酮	5.14	110-43-0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	丙酮	5.13	67-64-1	1.20	9.93	9.64	1.36	9.68	—	—	—	—	—	—
	4-氨基异恶唑烷-3-酮	5.35	4834-58-6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
呋喃类	四氢呋喃	7.02	109-99-9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2-正戊基呋喃	21.15	3777-69-3	—	—	—	—	11.82	—	—	—	—	—	—

注：“—”表示未检出。

表 3 不同品种新鲜马铃薯样品（24~34 号）挥发性成分的化学组成与相对质量分数

Table 3 Chemical composition and relative mass fractions of volatile components in fresh potato samples of different cultivars (No. 24~34)

分类	化合物	保留时间/min	CAS 号	相对质量分数/%										
				土岩 2 号	克新 1 号	中佳 2 号	太和 6 号	冀张薯	荷兰 15 号	云薯 506 号	大西洋	东农 310 号	闽薯 4 号	clean water
醛类	2-甲基丁醛	7.68	96-17-3	2.48	7.42	3.62	0.20	0.75	10.61	9.91	1.37	3.08	9.85	7.29
	壬醛	25.65	124-19-6	3.19	15.10	12.32	0.40	4.87	18.86	7.19	1.17	2.69	10.26	5.89
	己醛	12.13	66-25-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	癸醛	29.42	112-31-2	0.35	7.16	6.52	0.67	4.38	3.46	4.56	5.68	13.75	2.16	1.14
	2-甲基丙醛	5.78	78-84-2	3.90	1.24	—	—	—	—	—	1.36	—	—	—
	十一醛	29.42	112-44-7	5.67	0.59	9.42	—	—	—	—	—	—	—	—
醇类	2-甲基丙醇	5.34	78-83-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2-甲基-1-丁醇	10.16	137-32-6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3-甲基-1-丁醇	10.02	123-51-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2-乙基己醇	22.81	104-76-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	甲硫醇	4.81	74-93-1	—	—	—	—	30.88	29.69	18.28	2.09	14.71	0.94	1.76
	2,3-丁二醇	11.89	513-85-9	4.61	13.72	3.19	5.95	1.27	2.68	12.93	3.72	15.87	1.03	7.91
	2,4-丁二醇	12.12	513-85-9	—	—	—	—	9.13	5.34	—	—	—	—	—
	2-异丙基-5-甲基环己醇	28.65	541-02-6	—	0.56	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1-戊烯-3-醇	8.36	616-25-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3-戊醇	8.92	584-02-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	桉叶油醇	23.07	470-82-6	—	1.64	7.17	—	—	—	—	—	—	—	—
烷类	2-乙酰基环氧乙烷	6.66	4401-11-0	—	—	—	—	—	—	—	4.72	—	1.87	—
	二氯甲烷	5.53	75-09-2	—	—	—	—	0.34	0.23	3.57	8.55	1.15	23.40	10.02
	2,4-二甲基戊烷	6.67	108-08-7	7.09	10.11	11.29	—	—	—	—	—	—	0.78	—
	1,1-二乙氧基乙烷	9.99	105-57-7	—	0.59	1.45	—	—	—	—	—	—	2.61	—
	1,2-环氧丁烷	7.02	106-88-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	萘	28.88	91-20-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1-溴二十四烷	35.69	6946-24-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	十七烷	40.41	629-78-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	二十六烷	29.85	630-01-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.60	1.41
	环氧乙烷	4.69	75-21-8	—	—	—	58.69	9.43	4.98	5.05	17.30	—	—	—
	2,4-二甲基己烷	13.03	589-43-5	—	—	—	—	0.64	—	6.24	0.10	1.25	—	—
	三氯甲烷	6.75	67-66-3	7.80	0.85	1.01	0.67	—	—	—	—	—	4.63	—
	环己烷	32.95	110-82-7	—	—	—	1.20	0.79	0.49	3.27	2.55	1.63	2.74	6.85
	1-氯戊烷	10.68	543-59-9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	正辛烷	13.01	111-65-9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.94	—
	十二烷	29.84	112-40-3	—	2.20	—	—	—	—	—	2.11	—	0.95	—
	正十三烷	32.95	629-50-5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	正戊烷	5.50	109-66-0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
酯类	乙酸乙酯	6.66	141-78-6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	戊二酸二甲酯	26.38	1119-40-0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	乙酸苯乙酯	30.85	103-45-7	32.98	4.06	5.65	2.01	1.38	1.58	9.21	11.88	40.67	1.97	12.83
	2-甲基-1-丙醇丙酸酯	42.38	540-42-1	9.22	3.22	4.43	1.00	0.64	0.71	4.01	0.42	—	—	—
	邻苯二甲酸二丁酯	47.43	84-74-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

续表

分类	化合物	保留时间/min	CAS号	相对质量分数/%										
				土岩2号	克新1号	中佳2号	太和6号	冀张薯	荷兰15号	云薯506号	大西洋	东农310号	闽薯4号	clean water
酯类	丁酸乙酯	12.40	105-54-4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	乙酸丁酯	6.68	123-86-4	—	—	—	—	—	—	—	—	1.15	10.03	18.63
酮类	6-甲基-3,5-戊二烯-2-酮	15.10	1604-28-0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3-羟基-2-丁酮	8.79	513-86-0	22.70	7.34	21.01	4.35	21.78	18.53	15.78	35.12	—	1.03	26.28
	2,3-丁二酮	6.14	431-03-8	—	—	—	1.00	—	2.55	—	—	—	—	—
	2-庚酮	5.14	110-43-0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	丙酮	5.13	67-64-1	—	24.19	12.90	23.40	13.74	—	—	0.29	—	—	—
	4-氨基异恶唑烷-3-酮	5.35	4834-58-6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20.21	—
呋喃类	四氢呋喃	7.02	109-99-9	—	—	—	—	—	0.29	—	1.57	4.04	1.01	—
	2-正戊基呋喃	21.15	3777-69-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注：“—”表示未检出。

表4　不同品种熟化马铃薯样品（1~12号）挥发性成分的化学组成与相对质量分数

Table 4　Chemical composition and relative mass fractions of volatile components in cooked potato samples of different cultivars (No. 1~12)

分类	化合物	保留时间/min	CAS号	相对质量分数/%										
				闽薯6号	布尔邦克	KLB	Alverstone	希森6号	V7	青薯9号	久恩2号	Crop60	Ranger	青原高	久恩8号
醛类	2-甲基丁醛	7.68	96-17-3	—	—	—	—	—	—	—	0.41	—	0.63	—	—
	己醛	12.13	66-25-1	—	1.14	—	—	—	—	—	—	—	1.17	—	0.38
	2-甲基丙醛	5.78	78-84-2	0.54	0.52	—	—	1.76	—	0.92	—	—	0.46	—	—
	异戊醛	7.43	590-86-3	2.71	6.91	—	0.84	4.06	—	1.93	—	—	—	—	—
醇类	2-甲基丙醇	5.34	78-83-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2-甲基-1-丁醇	10.15	137-32-6	6.83	11.25	6.16	7.16	10.05	5.18	2.85	5.95	15.66	3.46	1.52	11.38
	3-甲基-2-丁醇	5.24	104-76-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3-甲基-3-丁烯-1-醇	9.82	763-32-6	—	—	—	0.47	1.94	—	—	—	0.66	0.34	—	—
	桉叶油醇	23.07	470-82-6	—	2.48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	甲硫醇	4.81	74-93-1	—	—	—	37.27	4.59	—	—	—	—	—	—	—
	正己醇	15.50	111-27-3	4.55	—	—	—	—	36.93	7.80	22.16	19.74	13.01	8.39	—
	2,3-丁二醇	11.89	513-85-9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1-辛烯-3-醇	20.55	3391-86-4	—	—	—	—	—	—	2.85	—	—	—	—	—
	1-戊烯-3-醇	8.36	616-25-1	—	1.24	—	—	—	0.58	—	—	6.62	0.57	—	0.68
	1-戊醇	11.20	71-41-0	—	12.28	6.74	2.20	5.64	6.35	2.35	4.45	7.28	3.88	4.95	—
	异戊醇	10.04	123-51-3	62.49	20.85	32.99	41.82	15.70	15.96	55.83	24.15	41.46	15.29	16.38	5.71
烷类	壬烷	17.46	111-84-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.48
	十一烷	17.48	1120-21-4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.01	0.20	—
	2,4-二甲基戊烷	6.67	108-08-7	—	—	—	—	4.23	—	—	—	—	—	—	—
	2-甲基戊烷	6.14	107-83-5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.76
	甲基环戊烷	7.23	96-37-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.21
	1-甲氧戊烷	9.86	628-80-8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.33	—	—
	正己烷	6.66	110-54-3	1.31	5.57	—	2.25	12.52	0.38	6.37	—	—	0.23	0.61	—
	环氧乙烷	4.68	75-21-8	18.71	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,4-二甲基己烷	13.03	589-43-5	—	—	1.16	—	—	—	—	—	—	—	—	0.34
	三氯甲烷	6.75	67-66-3	0.28	—	—	0.84	2.29	—	—	—	—	0.43	—	—
	正辛烷	13.03	111-65-9	—	—	—	—	—	—	—	—	1.76	1.49	—	—

续表

分类	化合物	保留时间/min	CAS号	相对质量分数/%											
				闽薯6号	布尔邦克	KLB	Alverstone	希森6号	V7	青薯9号	久恩2号	Crop60	Ranger	青原高	久恩8号
烷类	正戊烷	5.35	109-66-0	—	—	35.46	—	—	25.44	—	20.11	—	50.07	50.66	63.03
酯类	异戊酸甲酯	11.48	556-24-1	—	—	—	—	—	—	2.01	—	—	—	—	—
	乙酸乙酯	6.67	141-78-6	—	—	0.51	1.52	13.40	0.67	—	—	0.66	—	—	—
	丁酸乙酯	12.41	105-54-4	—	21.47	1.23	0.04	—	—	—	—	—	—	—	—
	乙酸异戊酯	15.69	123-92-2	1.94	6.71	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	异戊酸乙酯	14.72	108-64-5	—	—	1.23	0.38	3.17	0.08	2.35	0.27	—	0.10	—	—
	甲酸己酯	15.49	629-33-4	—	—	9.72	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	正己酸乙酯	19.72	123-66-0	—	—	0.44	0.18	—	—	—	—	—	—	—	0.47
	异丁酸乙酯	10.84	97-62-1	—	—	—	—	—	—	2.18	—	—	—	—	—
	丙酸乙酯	9.10	105-37-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.19	—	—
	庚酸乙酯	24.35	106-30-9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.21
	异丁酸甲酯	8.38	547-63-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	乙酸己酯	21.81	142-92-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.80
酮类	2-戊酮	6.15	107-87-9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.08
	3-辛酮	20.56	106-68-3	—	—	—	1.81	9.52	—	4.36	—	—	—	—	5.75
	3-戊酮	8.53	96-22-0	—	—	0.51	0.26	3.00	—	—	0.68	2.20	0.86	0.71	1.18
	仲辛酮	20.71	111-13-7	—	1.34	—	—	—	1.09	0.08	1.44	0.88	0.57	0.61	1.52
	2,3-丁二酮	6.14	431-03-8	—	—	—	—	—	—	—	3.90	—	—	—	—
	2-庚酮	16.12	110-43-0	—	—	—	—	—	—	—	0.48	—	0.29	—	—
	6-甲基-3-庚酮	20.55	624-42-0	0.38	5.37	2.61	—	4.76	3.88	—	—	0.22	1.92	13.35	—
	丙酮	5.15	67-64-1	—	—	—	—	—	2.17	4.36	—	—	—	—	—
	3-羟基-2-丁酮	8.79	513-86-0	—	—	—	—	—	—	—	14.71	—	—	—	—
	2-丁酮	6.28	78-93-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
呋喃类	2-正戊基呋喃	21.15	3777-69-3	—	2.89	—	—	—	—	2.60	1.30	2.87	1.34	2.63	4.57
	2-乙基呋喃	8.93	3208-16-0	0.26	—	1.23	2.98	3.35	1.29	1.17	—	—	0.35	—	1.44

注：“—”表示未检出。

表5　不同品种熟化马铃薯样品（13~23号）挥发性成分的化学组成与相对质量分数

Table 5　Chemical composition and relative mass fractions of volatile components in cooked potato samples of different cultivars (No. 13~23)

分类	化合物	保留时间/min	CAS号	相对质量分数/%										
				陇薯7号	Blazer	king	云薯502号	麦肯5号	Dakota	黄金薯	Caribou	麦肯1号	太和9号	尤金薯
醛类	2-甲基丁醛	7.68	96-17-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	己醛	12.13	66-25-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.55	0.66
	2-甲基丙醛	5.78	78-84-2	—	1.12	1.67	1.95	1.52	0.85	2.69	0.09	8.32	4.94	0.87
	异戊醛	7.43	590-86-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
醇类	2-甲基丙醇	5.34	78-83-1	—	—	8.76	—	2.60	5.35	10.56	11.56	9.51	0.61	1.07
	2-甲基-1-丁醇	10.15	137-32-6	4.65	4.10	17.09	2.32	3.49	3.61	10.81	16.80	—	3.75	7.87
	3-甲基-2-丁醇	5.24	104-76-7	—	—	—	8.29	—	—	1.84	12.36	4.21	—	—
	3-甲基-3-丁烯-1-醇	9.82	763-32-6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	桉叶油醇	23.07	470-82-6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	甲硫醇	4.81	74-93-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	正己醇	15.50	111-27-3	15.47	9.00	10.07	10.79	31.72	9.03	8.32	0.89	—	18.13	35.84

续表

分类	化合物	保留时间/min	CAS号	相对质量分数/%										
				陇薯7号	Blazer	king	云薯502号	麦肯5号	Dakota	黄金薯	Caribou	麦肯1号	太和9号	尤金薯
醇类	2,3-丁二醇	11.89	513-85-9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1-辛烯-3-醇	20.55	3391-86-4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1-戊烯-3-醇	8.36	616-25-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1-戊醇	11.20	71-41-0	4.35	2.67	2.46	4.39	15.14	2.88	2.44	8.70	4.92	23.72	5.32
	异戊醇	10.04	123-51-3	35.79	47.86	43.88	30.10	4.48	2.40	36.57	20.55	0.97	17.14	33.08
烷类	壬烷	17.46	111-84-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.64	—
	十一烷	17.48	1120-21-4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,4-二甲基戊烷	6.67	108-08-7	—	—	—	0.73	—	—	1.69	3.61	9.02	—	—
	2-甲基戊烷	6.14	107-83-5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	甲基环戊烷	7.23	96-37-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1-甲氧戊烷	9.86	628-80-8	—	—	—	—	4.21	0.66	2.29	9.34	12.64	2.34	—
	正己烷	6.66	110-54-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	环氧乙烷	4.68	75-21-8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,4-二甲基己烷	13.03	589-43-5	—	—	—	—	1.43	10.18	6.48	1.31	7.56	1.03	0.82
	三氯甲烷	6.75	67-66-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	正辛烷	13.03	111-65-9	1.52	8.32	3.04	1.40	—	—	—	—	—	—	—
	正戊烷	5.35	109-66-0	28.41	14.90	5.94	35.71	22.85	47.05	13.75	6.33	1.40	25.42	—
酯类	异戊酸甲酯	11.48	556-24-1	1.21	0.81	2.10	—	—	—	—	—	—	—	—
	乙酸乙酯	6.67	141-78-6	—	9.19	0.14	—	—	—	—	—	—	—	—
	丁酸乙酯	12.41	105-54-4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	乙酸异戊酯	15.69	123-92-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.20
	异戊酸乙酯	14.72	108-64-5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	甲酸己酯	15.49	629-33-4	0.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	正己酸乙酯	19.72	123-66-0	—	—	—	—	—	—	—	0.25	—	—	—
	异丁酸乙酯	10.84	97-62-1	0.12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	丙酸乙酯	9.10	105-37-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	庚酸乙酯	24.35	106-30-9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	异丁酸甲酯	8.38	547-63-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	乙酸己酯	21.81	142-92-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
酮类	2-戊酮	6.15	107-87-9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3-辛酮	20.56	106-68-3	2.00	1.99	4.85	—	—	—	2.24	8.19	—	—	—
	3-戊酮	8.53	96-22-0	5.06	0.06	—	2.74	3.84	8.55	—	—	1.03	0.80	1.12
	仲辛酮	20.71	111-13-7	—	—	—	—	—	—	—	—	3.35	—	2.40
	2,3-丁二酮	6.14	431-03-8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.74	—
	2-庚酮	16.12	110-43-0	—	—	—	—	—	—	—	—	0.86	—	0.92
	6-甲基-3-庚酮	20.55	624-42-0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	丙酮	5.15	67-64-1	—	—	—	—	8.70	9.44	0.30	—	30.08	0.19	—
	3-羟基-2-丁酮	8.79	513-86-0	—	—	—	—	—	—	—	—	0.54	—	1.84
	2-丁酮	6.28	78-93-3	—	—	—	—	—	—	—	—	5.20	—	—
呋喃类	2-正戊基呋喃	21.15	3777-69-3	—	—	—	1.58	—	—	—	—	0.38	—	5.98
	2-乙基呋喃	8.93	3208-16-0	1.31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注：“—”表示未检出。

表 6 不同品种熟化马铃薯样品（24~34 号）挥发性成分的化学组成与相对质量分数

Table 6 Chemical composition and relative mass fractions of volatile components in cooked potato samples of different cultivars (No. 24~34)

分类	化合物	保留时间/min	CAS 号	相对质量分数/%										
				土岩 2 号	克新 1 号	中佳 2 号	太和 6 号	冀张薯	荷兰 15 号	云薯 506 号	大西洋	东农 310 号	闽薯 4 号	clean water
醛类	2-甲基丁醛	7.68	96-17-3	—	—	—	3.15	4.22	1.82	1.01	—	4.28	10.73	16.58
	己醛	12.13	66-25-1	—	—	—	8.83	—	—	—	1.38	—	—	—
	2-甲基丙醛	5.78	78-84-2	0.18	0.21	—	4.22	3.25	1.36	1.31	1.12	1.18	13.41	3.70
	异戊醛	7.43	590-86-3	—	—	—	6.64	—	9.65	—	—	—	—	—
醇类	2-甲基丙醇	5.34	78-83-1	—	12.92	1.73	—	—	—	1.73	—	—	—	—
	2-甲基-1-丁醇	10.15	137-32-6	2.82	63.35	7.69	7.65	5.00	7.38	5.62	8.72	0.73	4.73	24.17
	3-甲基-2-丁醇	5.24	104-76-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3-甲基-3-丁烯-1-醇	9.82	763-32-6	—	—	0.36	—	—	—	—	—	—	—	—
	桉叶油醇	23.07	470-82-6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	甲硫醇	4.81	74-93-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	正己醇	15.50	111-27-3	15.95	11.65	—	32.45	1.21	2.61	35.74	51.04	13.08	2.02	1.61
	2,3-丁二醇	11.89	513-85-9	—	1.91	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1-辛烯-3-醇	20.55	3391-86-4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1-戊烯-3-醇	8.36	616-25-1	0.53	1.06	—	0.96	—	—	—	1.55	1.95	—	—
	1-戊醇	11.20	71-41-0	2.73	—	1.09	7.71	20.19	5.11	7.05	9.33	15.83	17.01	9.07
	异戊醇	10.04	123-51-3	—	0.85	22.46	—	—	—	18.88	8.55	41.72	28.69	28.39
烷类	壬烷	17.46	111-84-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	十一烷	17.48	1120-21-4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,4-二甲基戊烷	6.67	108-08-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2-甲基戊烷	6.14	107-83-5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	甲基环戊烷	7.23	96-37-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1-甲氧戊烷	9.86	628-80-8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	正己烷	6.66	110-54-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	环氧乙烷	4.68	75-21-8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,4-二甲基己烷	13.03	589-43-5	—	1.69	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	三氯甲烷	6.75	67-66-3	—	—	—	0.67	0.54	1.82	0.21	—	—	0.81	3.76
	正辛烷	13.03	111-65-9	1.59	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	正戊烷	5.35	109-66-0	66.26	0.64	—	16.82	28.57	2.27	22.33	9.84	10.09	16.64	2.12
酯类	异戊酸甲酯	11.48	556-24-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	乙酸乙酯	6.67	141-78-6	2.64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	丁酸乙酯	12.41	105-54-4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	乙酸异戊酯	15.69	123-92-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	异戊酸乙酯	14.72	108-64-5	—	—	—	—	—	1.82	—	—	—	1.30	—
	甲酸己酯	15.49	629-33-4	—	—	4.07	—	20.92	—	—	—	—	—	—
	正己酸乙酯	19.72	123-66-0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	异丁酸乙酯	10.84	97-62-1	—	—	0.52	—	—	—	—	—	—	—	—
	丙酸乙酯	9.10	105-37-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	庚酸乙酯	24.35	106-30-9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	异丁酸甲酯	8.38	547-63-7	—	—	0.85	—	—	—	—	—	—	—	—
	乙酸己酯	21.81	142-92-7	—	—	—	0.67	—	—	—	—	—	—	—

续表

分类	化合物	保留时间/min	CAS号	相对质量分数/%										
				土岩2号	克新1号	中佳2号	太和6号	冀张薯	荷兰15号	云薯506号	大西洋	东农310号	闽薯4号	clean water
酮类	2-戊酮	6.15	107-87-9	4.14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3-辛酮	20.56	106-68-3	—	—	2.62	—	—	1.70	1.87	—	—	—	—
	3-戊酮	8.53	96-22-0	0.53	1.27	0.44	3.88	—	—	—	—	—	0.12	—
	仲辛酮	20.71	111-13-7	—	—	0.28	1.12	8.74	—	—	—	—	—	—
	2,3-丁二酮	6.14	431-03-8	—	—	—	1.29	1.57	4.54	—	—	—	—	—
	2-庚酮	16.12	110-43-0	—	—	0.40	—	—	—	—	—	—	—	—
	6-甲基-3-庚酮	20.55	624-42-0	—	—	—	—	4.04	—	—	—	—	—	—
	丙酮	5.15	67-64-1	—	—	55.56	—	—	—	—	3.89	4.80	1.14	4.25
	3-羟基-2-丁酮	8.79	513-86-0	—	—	—	—	—	58.46	—	—	—	—	—
	2-丁酮	6.28	78-93-3	—	4.03	0.72	—	—	—	—	—	—	—	—
呋喃类	2-正戊基呋喃	21.15	3777-69-3	2.64	0.42	0.76	2.31	1.75	1.48	2.19	2.50	6.33	3.39	6.35
	2-乙基呋喃	8.93	3208-16-0	—	—	0.44	1.35	—	—	2.06	2.07	—	—	—

注：“—”表示未检出。

由表1~3可知，从34个品种的新鲜马铃薯中共检测出50种挥发性成分，其中‘闽薯6号’的挥发性成分最多，为23种。‘闽薯6号’中，挥发性风味物质乙酸苯乙酯相对质量分数最高，为35.01%，证明乙酸苯乙酯是‘闽薯6号’的主要风味来源。萘仅存在于‘闽薯6号’中，相对质量分数为6.27%，因此萘是区分‘闽薯6号’和其余33个品种新鲜马铃薯的重要物质。挥发性成分较多的品种还有‘闽薯4号’‘大西洋’‘KLB’‘克新1号’，其挥发性成分分别有19种、17种、17种、16种。在‘V7’和‘布尔邦克’的新鲜马铃薯样品中仅检测到9种挥发性成分。2-甲基丁醛在34个品种的新鲜马铃薯中均存在，证明它是新鲜马铃薯的主要挥发性风味物质之一。此外，一些挥发性风味物质仅存在于特定的马铃薯品种中，因此这些挥发性风味物质是区分马铃薯品种的重要物质。

由表4~6可知，在熟化马铃薯样品中共检测出52种挥发性成分，其中‘Ranger’的挥发性成分最多，为23种，熟化马铃薯样品中挥发性成分较多的品种还有‘久恩8号’‘希森6号’‘青薯9号’‘太和6号’‘中佳2号’和‘麦肯1号’，分别为18种、16种、16种、16种、16种、16种。在‘东农310号’和‘clean water’的熟化马铃薯样品中仅检测到10种挥发性成分。此外，一些挥发性风味物质仅在特定马铃薯品种熟化后出现，因此这些挥发性风味物质是区分马铃薯品种的重要物质。

由表1~3可知，2-正戊基呋喃仅存在于‘KLB’和‘麦肯5号’中，2-正戊基呋喃易与氨和硫化氢发生反应，它具有水果香、青草香、豆香和蔬菜香[18]，因此‘KLB’和‘麦肯5号’具有其余品种没有的水果香等香味。此外，2-甲基丁醛、壬醛、己醛、癸醛、2-甲基丙醛、甲硫醇、2,3-丁二醇、二氯甲烷、1,1-二乙氧基乙烷、2,4-二甲基己烷、三氯甲烷、乙酸苯乙酯、2-甲基-1-丙醇丙酸酯和3-羟基-2-丁酮存在于多个品种的新鲜马铃薯中，对区分不同品种的马铃薯意义不大。

由表4~6可知，熟化的‘布尔邦克’样品中有桉叶油醇，这使得熟化的‘布尔邦克’样品中有樟脑味。2-甲基丙醛、2-甲基-1-丁醇、正己醇、1-戊醇、异戊醇、正戊烷、3-戊酮、仲辛酮、2-正戊基呋喃和2-乙基呋喃存在于多个品种的熟化马铃薯样品中，对区分不同品种的熟化马铃薯意义不大。

2.2 电子鼻分析

由图1可知，新鲜马铃薯样品PC1和PC2的贡献率分别为58.3%和14.4%，计72.7%。‘闽薯4号’‘king’‘太和6号’‘太和9号’‘尤金薯’和‘土岩2号’在PC1上与其余样品距离较大，‘克新1号’‘闽薯6号’和‘Crop60’在PC2上与其余样品距离较大，表明这些品种的挥发性成分与其余样品有一定差异。而其余样品在PC1和PC2上未能完全分开，说明其余品种的新鲜马铃薯样品挥发性成分整体差异相

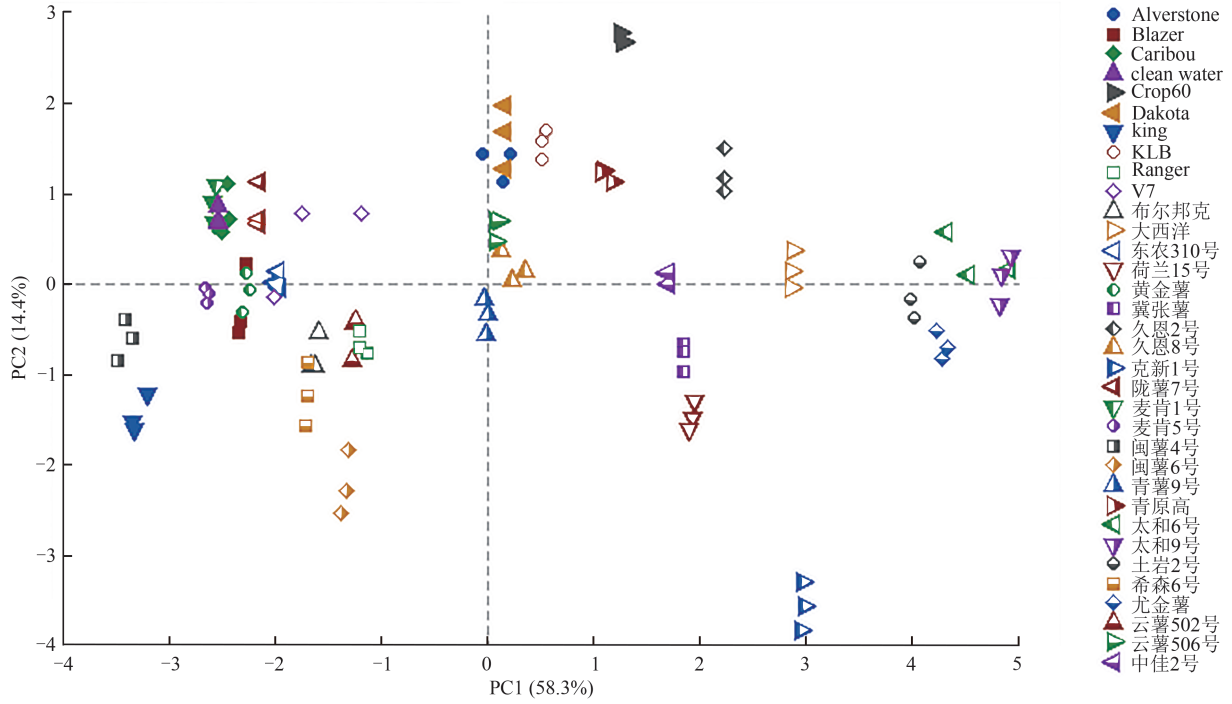


图 1　不同品种新鲜马铃薯样品的电子鼻传感器响应值 PCA 图

Fig. 1　PCA plots of electronic nose sensor response values for fresh potato samples of different cultivars

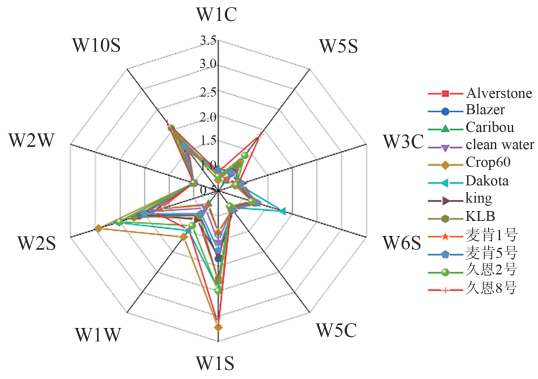
对较小，挥发性成分有一定的共性。

由图 2(a)可知，‘Crop60’的响应值明显高于其余马铃薯样品；由图 2(b)可知，‘荷兰 15 号’‘大西洋’和‘冀张薯’的响应值明显高于其余样品；由图 2(c)可知，‘克新 1 号’‘尤金薯’和‘太和 9 号’的响应值明显高于其余样品。图 2(d)是传感器对 34 个不同品种新鲜马铃薯样品综合对比得到的结果，其中‘Crop60’‘荷兰 15 号’‘大西洋’‘冀张薯’‘克新 1 号’‘尤金薯’和‘太和 9 号’的响应值明显高于其余品种，说明这些品种的新鲜马铃薯样品具有较强的风味，其余新鲜马铃薯样品的响应值差异不明显，说明风味差异较小。

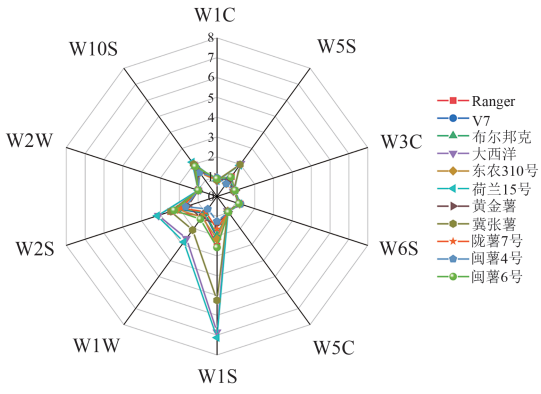
由图 3 可知，熟化马铃薯样品 PC1 和 PC2 的贡献率分别为 65.9% 和 15.8%，计 81.7%，说明前两个主成分能够代表样品的绝大部分信息[19-20]。‘布尔邦克’‘云薯 502 号’‘黄金薯’‘太和 9 号’‘Caribou’‘Dakota’‘闽薯 6 号’‘麦肯 1 号’‘闽薯 4 号’和‘尤金薯’在 PC1 上与其余样品距离较大，‘Dakota’‘麦肯 5 号’‘闽薯 6 号’‘布尔邦克’和‘V7’在 PC2 上与其余样品距离较大，表明其在挥发性成分上与其余样品有一定差异。而其余样品在 PC1 和 PC2 上未能完全分开，说明其余品种熟化马铃薯样品的挥发性成分整体差异相对较小，挥发性成分有一定的共性。

由图 4(a)可知，‘clean water’‘Blazer’‘Caribou’和‘麦肯 1 号’的响应值明显高于其余马铃薯样品；由图 4(b)可知，‘闽薯 6 号’‘大西洋’‘陇薯 7 号’‘布尔邦克’和‘东农 310 号’的响应值明显高于其余样品。由图 4(c)可知，‘云薯 506 号’‘太和 9 号’‘太和 6 号’和‘尤金薯’的响应值明显高于其余样品。图 4(d)是传感器对 34 个不同品种熟化马铃薯样品综合对比得到的结果，其中‘陇薯 7 号’‘云薯 506 号’‘太和 6 号’‘闽薯 6 号’和‘Caribou’的响应值明显高于其余品种，说明这些品种熟化马铃薯样品具有较强的风味，其余品种熟化马铃薯样品的响应值差异不明显，说明风味差异较小。

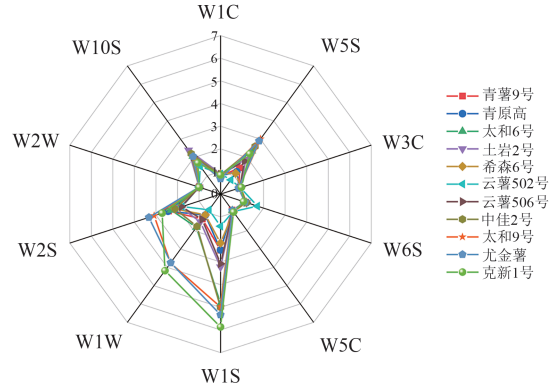
由图 2(d)和图 4(d)可知，在电子鼻的 10 个传感器中，W1S 传感器对不同样本的响应值最高，它对甲基类化合物敏感，其次是 W1W、W2S、W5S 传感器的响应值较大，它们分别对无机硫化物、醇类化合物、氮氧化合物敏感[21]，说明这些物质是马铃薯样品中的主要风味物质。且 W1S 与 W1W、W2S、W5S 传感器之间的响应值差异较明显，说明



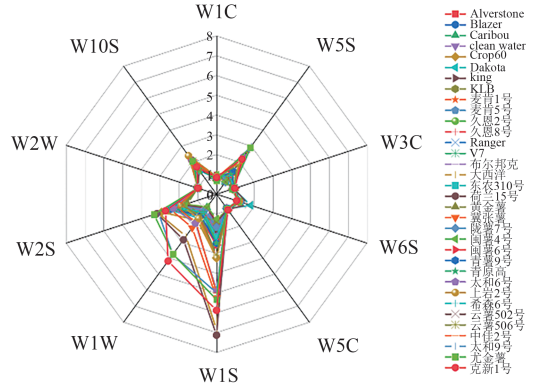
(a) 部分新鲜马铃薯样品的电子鼻传感器响应值雷达图之一



(b) 部分新鲜马铃薯样品的电子鼻传感器响应值雷达图之二



(c) 部分新鲜马铃薯样品的电子鼻传感器响应值雷达图之三



(d) 34种新鲜马铃薯样品的电子鼻传感器响应值雷达图

图 2　不同品种新鲜马铃薯样品的电子鼻传感器响应值雷达图

Fig. 2　Radar plots of electronic nose sensor response values for fresh potato samples of different cultivars

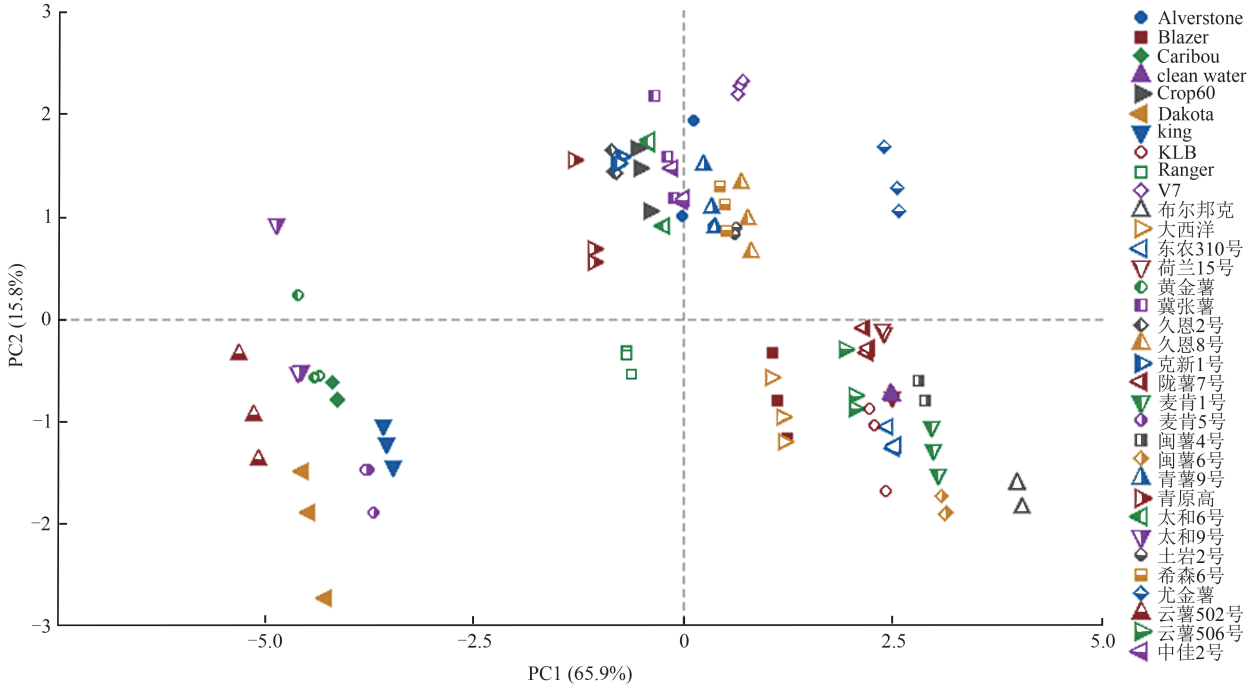
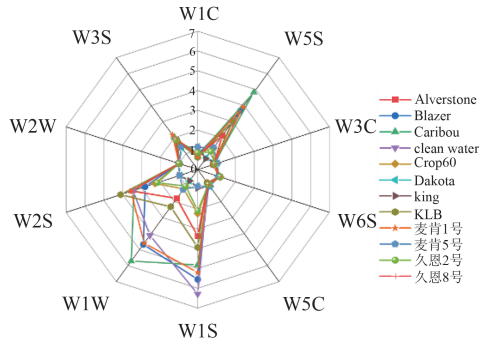
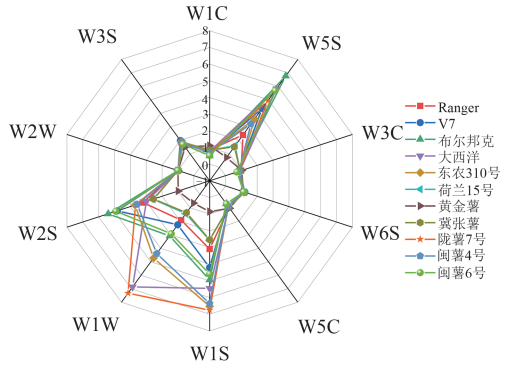


图 3　不同品种马铃薯煮制熟化后的电子鼻传感器响应值 PCA 图

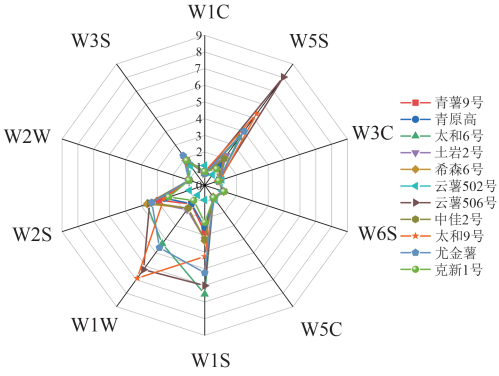
Fig. 3　PCA plots of electronic nose sensor response values for different potato cultivars after cooking



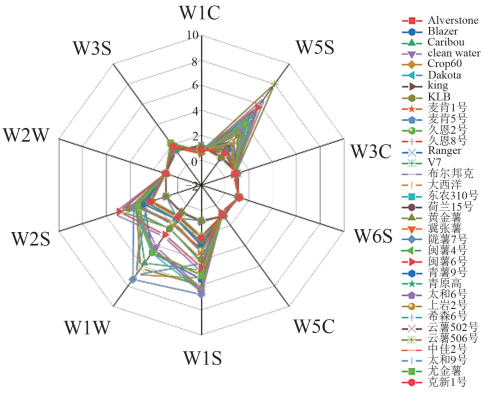
(a) 部分煮制熟化后马铃薯样品的电子鼻传感器响应值雷达图之一



(b) 部分煮制熟化后马铃薯样品的电子鼻传感器响应值雷达图之二



(c) 部分煮制熟化后马铃薯样品的电子鼻传感器响应值雷达图之三



(d) 34种煮制熟化后的马铃薯样品的电子鼻传感器响应值雷达图

图 4　不同品种马铃薯样品煮制熟化后的电子鼻传感器响应值雷达图

Fig. 4　Radar plots of electronic nose sensor response values for different potato cultivars after cooking

这些传感器对区分不同品种的新鲜马铃薯和熟化马铃薯有重要作用。

综上所述，‘Crop60’‘荷兰 15 号’‘大西洋’‘冀张薯’‘克新 1 号’‘尤金薯’和‘太和 9 号’的新鲜马铃薯样品具有较强的风味，‘陇薯 7 号’‘云薯 506 号’‘太和 6 号’‘闽薯 6 号’和‘Caribou’的熟化马铃薯样品具有较强的风味。通过电子鼻传感器响应值对不同品种的新鲜马铃薯和熟化马铃薯样品的挥发性成分进行分析，发现 PCA 能够较好地区分各个品种，说明 PCA 是对马铃薯挥发性风味物质进行分析的有效方法。

3　结论

采用 GC-MS 测定马铃薯中挥发性成分的种类和相对质量分数，在新鲜马铃薯样品中检出 50 种挥发性成分，在煮制熟化后的马铃薯样品中检出 52 种挥发性成分，煮制过程影响了马铃薯挥发性成分的组成。不同类型的化合物可作为关键指标，有效区分马铃薯煮制前后的风味差异，也可区分马铃薯的品种。

不同品种马铃薯的挥发性成分存在差异，‘Crop60’‘荷兰 15 号’‘大西洋’‘冀张薯’‘克新 1 号’‘尤金薯’和‘太和 9 号’的新鲜马铃薯样品具有较强的风味，‘KLB’和‘麦肯 5 号’的新鲜马铃薯样品具有水果香、青草香、豆香和蔬菜香。‘陇薯 7 号’‘云薯 506 号’‘太和 6 号’‘闽薯 6 号’和‘Caribou’的熟化马铃薯风味较强，‘布尔邦克’的熟化马铃薯样品有樟脑味。电子鼻和 GC-MS 联用可以较好地区分不同品种的马铃薯，为马铃薯的品种筛选提供了一定数据支持，也为马铃薯品质育种中的亲本选择提供了理论依据。

参考文献

[1] BURLINGAME B，MOUILLÉ B，CHARRONDIÈRE R. Nutrients，bioactive non-nutrients and anti-nutrients in potatoes [J]. Journal of Food Composition and Analysis，2009，22（6）：494-502.

[2] ZAHEER K，AKHTAR M H. Potato production，usage，and nutrition：a review [J]. Critical Reviews in Food

Science and Nutrition，2016，56(5)：711-721.

[3] NAVARRE D A，PILLAI S S，SHAKYA R，et al. HPLC profiling of phenolics in diverse potato genotypes[J]. Food Chemistry，2011，127(1)：34-41.

[4] AMADO I R，FRANCO D，SÁNCHEZ M，et al. Optimisation of antioxidant extraction from *Solanum tuberosum* potato peel waste by surface response methodology[J]. Food Chemistry，2014，165：290-299.

[5] CUI S Q，WANG J，YANG L C，et al. Qualitative and quantitative analysis on aroma characteristics of ginseng at different ages using E-nose and GC-MS combined with chemometrics[J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis，2015，102：64-77.

[6] NOGUEROL-PATO R，GONZÁLEZ-ÁLVAREZ M，GONZÁLEZ-BARREIRO C，et al. Evolution of the aromatic profile in *Garnacha Tintorera* grapes during raisining and comparison with that of the naturally sweet wine obtained[J]. Food Chemistry，2013，139(1)：1052-1061.

[7] FU L J，TIAN J，LIU L，et al. Analysis of volatile components in *Tremella fuciformis* by electronic nose combined with GC-MS[J]. Journal of Food Quality，2022，2022(1)：9904213.

[8] CERVELLIERI S，LIPPOLIS V，MANCINI E，et al. Mass spectrometry-based electronic nose to authenticate 100% Italian durum wheat pasta and characterization of volatile compounds[J]. Food Chemistry，2022，383：132548.

[9] HE C，LI Y C，ZHOU J T，et al. Study on the suitability of tea cultivars for processing oolong tea from the perspective of aroma based on olfactory sensory，electronic nose，and GC-MS data correlation analysis[J]. Foods，2022，11(18)：2880.

[10] RAHIMZADEH H，SADEGHI M，MIREEI S A，et al. Unsupervised modelling of rice aroma change during ageing based on electronic nose coupled with bio-inspired algorithms[J]. Biosystems Engineering，2022，216：132-146.

[11] LU C，ZHANG Y Y，ZHAN P，et al. Characterization of the key aroma compounds in four varieties of pomegranate juice by gas chromatography-mass spectrometry，gas chromatography-olfactometry，odor activity value，aroma recombination，and omission tests[J]. Food Science and Human Wellness，2023，12(1)：151-160.

[12] 曾著莉，魏晋梅，牛黎莉，等. HS-SPME-GC-MS分析马铃薯挥发性风味物质[J]. 食品与生物技术学报，2019，38(6)：123-130.
ZENG Z L，WEI J M，NIU L L，et al. Analysis of flavor in potato by headspace-solid phase microextration-gas chromatography-mass spectrometry[J]. Journal of Food Science and Biotechnology，2019，38(6)：123-130.(in Chinese)

[13] GUIAMBA I R F，SVANBERG U，AHRNÉ L. Effect of infrared blanching on enzyme activity and retention of β-carotene and vitamin C in dried mango[J]. Journal of Food Science，2015，80(6)：E1235-E1242.

[14] 王榛，陈雷，潘超，等. 不同熟化方法对紫色马铃薯挥发性风味物质形成的影响[J]. 中国粮油学报，2017，32(6)：128-133.
WANG Z，CHEN L，PAN C，et al. The effect of different cooking methods on volatile compounds of purple potato[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association，2017，32(6)：128-133.(in Chinese)

[15] 龚兴旺，郭华春. 马铃薯风味的研究进展[J]. 食品科学，2016，37(9)：264-268.
GONG X W，GUO H C. Advances in potato flavor[J]. Food Science，2016，37(9)：264-268.(in Chinese)

[16] 赵兵，张敏，梁杉. 过度蒸煮对马铃薯风味化合物组成的影响[J]. 食品科学，2017，38(22)：200-204.
ZHAO B，ZHANG M，LIANG S. Effect of overcooking on flavor compounds of potato[J]. Food Science，2017，38(22)：200-204.(in Chinese)

[17] 孙莹，苗榕芯，江连洲. 电子鼻结合气相色谱-质谱联用技术分析贮存条件对马铃薯面包挥发性成分的影响[J]. 食品科学，2019，40(2)：222-228.
SUN Y，MIAO R X，JIANG L Z. Analysis of volatile components of potato bread under different storage conditions by electronic nose combined with HS-SPME-GC-MS[J]. Food Science，2019，40(2)：222-228.(in Chinese)

[18] FENG T，ZHUANG H N，YE R，et al. Analysis of volatile compounds of *Mesona* Blumes gum/rice extrudates *via* GC-MS and electronic nose[J]. Sensors and Actuators B：Chemical，2011，160(1)：964-973.

[19] HADDI Z，ALAMI H，EL BARI N，et al. Electronic nose and tongue combination for improved classification of Moroccan virgin olive oil profiles[J]. Food Research International，2013，54(2)：1488-1498.

[20] 薛婷. 电子鼻与GC-MS联用于不同烘烤度橡木片陈酿的葡萄酒的区分研究[D]. 上海：上海交通大学，2014.

[21] 王伟静，张松山，谢鹏，等. 电子鼻和电子舌快速检测炖制下牛肉的品质[J]. 食品研究与开发，2017，38(17)：124-128.
WANG W J，ZHANG S S，XIE P，et al. Quick detection of the quality of stewed beef using e-nose and e-tongue[J]. Food Research and Development，2017，38(17)：124-128.(in Chinese)

（责任编辑：金文苑）