

炒制工艺对青稞酒风味和品质的影响

Effect of roasting on the flavor and quality of highland barley wine

杨海晴¹ 彭锡钰¹ 任柳阳¹ 吕莹¹ 郭顺堂²

YANG Hai-qing¹ PENG Xi-yu¹ REN Liu-yang¹ LV Ying¹ GUO Shun-tang²

(1. 北京农学院食品科学与工程学院食品质量与安全北京市实验室, 北京 102206;

2. 中国农业大学食品科学与营养工程学院植物蛋白与谷物加工北京市重点实验室, 北京 100083)

(1. College of Food Science and Engineering, Beijing University of Agriculture, Food Quality and Safety Beijing Laboratory, Beijing 102206, China; 2. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing Key Laboratory of Plant Protein and Cereal Processing, Beijing 100083, China)

摘要:以青稞为原料,采用不同酒曲发酵炒制和未炒制的青稞制备青稞酒,以青稞酒的 pH、总酸、总糖和酒精度及关键性风味成分为考察指标,研究炒制工艺对青稞酒风味和品质的影响。结果表明,炒制青稞酒的酸度、含糖量以及感官评价均高于未炒制青稞酒。炒制工艺提高了挥发性风味物质的种类,其中,壬醛、苯乙醇、苯乙醛和癸醛是青稞酒共有的关键性风味化合物($ROAV > 1$);苯乙酮和香叶基丙酮是青稞酒共有的具有修饰作用的化合物($0 < ROAV < 1$),而 4-乙基-2-甲氧基苯酚是炒制青稞酒特有的修饰性化合物,2-壬酮是未炒制青稞酒特有的修饰性化合物。增加青稞原料炒制工艺,可以达到改善青稞酒风味和品质的目的。

关键词:青稞酒;炒制工艺;风味

Abstract: In this study, highland barley wine was produced with roasted barley to increase the flavor of the wine. Physical-chemical properties such as pH value, total acid, total sugar, alcohol content of the wine and flavor were determined. The evaluations of acidity, sugar content and sensory of the wine were found increased with roasted barley, and roasting improved the variety of flavor substances for the highland barley wine. Nonanal, phenylethyl alcohol, benzeneacetaldehyde and decanal were determined to be the key flavor substances of the four barley wines ($ROAV > 1$). Acetophenone and geranylacetone were found to be the modified compounds to barley wines ($0 < ROAV < 1$), and 4-ethyl-2-methoxyphenol was a modified compound unique to dry roasting. 2-Nonanone was a modified com-

pound unique to the non-roasted barley wine. Our study confirmed that roasting could improve the flavor and quality of the highland barley wine.

Keywords: barley wine; dry roasting; flavor

青稞营养丰富,常用于酿造青稞酒。西藏传统青稞酒是将青稞蒸煮摊凉后添加西藏酒曲发酵而成^[1-2]。西藏酒曲中微生物种类复杂,主要有酵母、根霉和曲霉以及球菌、芽孢杆菌和微球菌^[3-4]。地区、气候和酿造工艺的差异会影响西藏酒曲中微生物种类的多样性,导致青稞酒出现品质参差不齐、口感偏酸略苦、产生不愉悦风味和不易储存等问题。

炒制工艺常用于谷物、豆类熟化增香,是干热熟化加工的一种手段。研究^[5]表明,高温焙炒会使糯米中的蛋白质和淀粉熟化,促进焦糖化反应和美拉德反应的发生,有利于产品预糊化,并增加米酒独特的炒米香气。同时,焙炒处理(160~180℃)也有利于降低燕麦甜醅的破碎率,并显著改善燕麦甜醅的感官品质^[6]。目前,炒制工艺是否可以改善青稞酒品质和风味尚未见文献报道。试验拟以炒制的青稞为原料,以未炒制的青稞为对照,利用甜酒曲和西藏酒曲分别酿造青稞酒,通过测定青稞酒的 pH、总酸含量、总糖含量和酒精度,并利用气相色谱-质谱(GC-MS)和感官评价来分析炒制工艺对青稞酒品质和风味的影响,进一步采用相对风味活度值(relative odor activity values, ROAV)法分析几种酒类的关键性风味成分,为青稞酒的加工提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与方法

青稞(藏青 320)、西藏酒曲:西藏自治区农牧科学院;甜酒曲:市售;

基金项目:国家重点研发计划(编号:2018YFD0400103)

作者简介:杨海晴,女,学士。

通信作者:吕莹(1976—),女,北京农学院副教授,博士。

E-mail:lvying@bua.edu.cn

收稿日期:2020-04-07

浓盐酸等化学试剂:分析纯;

试验用水:去离子水。

1.2 仪器与设备

浩迈鲜米机:HM-3200 型,哈尔滨浩迈农业科技发展有限公司;

气相色谱检测仪:GC-2014 型,日本津岛公司;

SPME 手动进样柄:PK1-57330-U 型,美国 Supelco 公司;

固相微萃取头:50/30 μ m DVB/CAR/PDMS 型,美国 Supelco 公司;

附温比重瓶:25 mL,上海信谊仪器厂有限公司;

恒温水浴锅:EWK-100 型,日本 Edobori Nishiku 公司。

1.3 方法

1.3.1 炒制青稞样品制备 称取未经任何处理的生青稞 1.5 kg 备用。在炒锅中放入石子(石子粒径约为青稞籽粒粒径的 5 倍,并确保炒锅干燥无油),石子与青稞质量比为 1:4,待石子升温至 180~200 $^{\circ}$ C 后加入生青稞样品并用木勺不断翻炒 13~15 min,炒至青稞样品表面金黄,爆腰率高于 80%,并无炒糊籽粒。

1.3.2 青稞酒加工工艺

青稞→清洗除杂→浸泡(4 h)→蒸煮→冷却→接种→保温发酵(28 $^{\circ}$ C)→加水搅拌→过滤→煎酒→青稞酒

(1) 菌种活化和接种:将煮熟的青稞(100 g)冷却至室温,加入 4 g 用 8 mL 去离子水活化 30 min 后的甜酒曲和西藏酒曲。

(2) 保温发酵:甜酒曲发酵 48 h,西藏酒曲发酵 24 h^[7]。

(3) 加水搅拌、过滤和煎酒:发酵结束后加入 200 mL 去离子水搅拌均匀,后用双层纱布过滤。将过滤后的青稞酒在 70~80 $^{\circ}$ C 水浴锅中煎酒 30 min。

1.3.3 理化指标测定

(1) 总酸含量:参照 GB/T 13662—2018。

(2) 总糖含量:参照 GB/T 13662—2018。

(3) 酒精度:参照 GB/T 5009.225—2016 密度瓶法。

1.3.4 香气成分检测 参照马洁等^[8]糌粑粉中风味物质的顶空固相萃取—气相色谱—质谱联用(GC-MS)条件进行测定。

(1) 数据处理:通过 NIST、Wiley 图谱库进行化合物的检索与分析,确认不同青稞酒风味物质。通过峰面积归一化法确定各挥发性物质的相对含量。

$$C = \frac{M}{N} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

C ——单组分挥发性化合物成分的相对含量,%;

M ——单组分挥发性化合物成分的峰面积;

N ——总峰面积。

(2) 风味物质的评价:采用相对气味活度值(ROAV)

的方法^[9]评价各挥发性化合物对样品总体风味的贡献,对样品总体风味贡献最大的组分定义为:ROAV_{stan} = 100,当挥发性成分 ROAV $\geq$ 1 时,认为其对样品风味有重要贡献,为关键风味物质,当 0.1 $\leq$ ROAV $<$ 1.0 时,确认其对样品风味有着重要的修饰作用。挥发性风味成分的 ROAV 计算公式:

$$ROAV_i \approx 100 \times \frac{C_i}{C_s} \times \frac{T_s}{T_i}, \quad (2)$$

式中:

C_i ——各挥发性化合物的相对含量,%;

T_i ——各挥发性化合物的感觉阈值, μ g/kg;

C_s ——样品整体风味贡献最大挥发性化合物的相对含量,%;

T_s ——样品整体风味贡献最大挥发性化合物的感觉阈值, μ g/kg。

1.3.5 感官评价 参照张海涛^[10]多酶法酿造青稞清酒感官评价方法,由 6 位具有一定专业知识的技术人员(年龄 20~40 岁,3 男 3 女)从青稞酒风味方面进行感官评分,具体感官评价标准见表 1。

1.4 数据分析

所有试验结果均以平均数 $\pm$ 标准差(Means $\pm$ SD)形式表示, $n=3$,以方差分析 ANOVA 来检测平均值之间的差异,以 $P<0.05$ 为差异显著。统计分析使用 SPSS 18.0 统计分析软件。

2 结果分析

2.1 不同工艺和酿造酒曲发酵青稞酒理化性质

炒制工艺及发酵酒曲对青稞酒理化指标的影响见表 2。无论是甜酒曲还是西藏酒曲,炒制工艺都能明显提

表 1 青稞酒感官评价标准

Table 1 Criteria of sensory evaluation of highland barely wine

指标	评分标准	评分
外观	浅茶色,清亮透明	9~10
	浅茶色,透明,稍有沉淀	7~8
	浅茶色,有悬浮物,少量沉淀	3~6
	色泽较差,混浊,沉淀较多	0~2
气味	酒香浓郁,有青稞焙炒香味,无异香	14~15
	酒香较浓郁,青稞焙炒香味较淡,无异香	10~13
	酒香不明显,无青稞焙炒香味,稍有异香	5~9
	酒香寡淡,无青稞焙炒香味,异杂味明显	0~4
口感	柔净,清爽,醇厚,酸甜适中	18~20
	较柔净,醇厚,酸甜适中	12~17
	淡薄,略酸,稍有苦味	6~11
	酸苦味重,粗糙,异杂味明显	0~5

表 2 不同工艺发酵青稞酒理化性质[†]

Table 2 Physicochemical properties of highland barley wine with different process

工艺	总糖含量/(g·L ⁻¹)	总酸含量/(g·L ⁻¹)	pH	酒精度/%vol
甜炒制青稞	1.07±0.07 ^d	2.99±0.06 ^b	4.98±0.10 ^b	5.45±0.45 ^b
甜未炒制青稞	0.76±0.04 ^c	2.10±0.26 ^a	5.31±0.01 ^b	5.18±0.22 ^b
西炒制青稞	0.42±0.02 ^b	4.05±0.45 ^c	4.35±0.04 ^a	4.46±0.38 ^{ab}
西未炒制青稞	0.30±0.02 ^a	1.95±0.26 ^a	5.72±0.33 ^c	3.54±1.11 ^a

[†] 字母不同表示差异显著(P<0.05)。

高青稞酒总糖含量(P<0.05)。霉菌是酿造酒曲中起主要作用的糖化菌种^[11-12],在发酵前期快速增殖的同时分泌淀粉酶。青稞淀粉经炒制后膨化,为酶水解提供有利的淀粉结构和更大的表面积,从而提高青稞淀粉的糊化率^[13],促进青稞酒总糖含量升高。

炒制青稞酒总酸含量显著高于未炒制青稞酒(P<0.05)。酸是酒精饮料中重要的呈味物质和协调成分,酸度值影响着青稞酒的口感^[14]。青稞酒发酵过程中乳酸菌是重要的产酸微生物属^[15]。青稞经炒制工艺处理后,淀粉糊化率升高,易于被酒曲中微生物利用转化为糖并进一步转化为酸,促进青稞酒中总酸含量的升高。青稞酒的pH与总酸含量呈负相关,总酸含量越高,其pH值越低。炒制工艺对青稞酒酒精度的影响不明显。

2.2 炒制工艺对青稞酒香气成分的影响

不同工艺的青稞酒挥发性风味化合物结果见表3。在甜酒曲酿造炒制青稞酒中共发现42种挥发性化合物,未炒制青稞酒33种;西藏酒曲酿造炒制青稞酒32种,未炒制青稞酒30种。整体来看,炒制青稞酒挥发性化合物种类高于未炒制青稞酒。分析其原因为青稞在高温炒制过程中发生了美拉德反应和不饱和脂肪酸的氧化反应,生成了醇类、酮类和醛类物质,其中的醇类与发酵过程中生成的酸反应生成酯类,进一步提升了炒制青稞酒的风味^[16]。

醇类物质是所有青稞酒中的主要挥发性化合物,分

别在甜酒曲酿造炒制青稞酒和未炒制青稞酒中占比为76.93%,57.26%;在西藏酒曲酿造炒制青稞酒以及未炒制青稞酒中占比为67.41%,54.14%。其中,乙醇和苯乙醇含量最高,呈现指甲油气味的3-甲基丁醇是炒制青稞酒所特有的醇类风味,1-辛醇和十八醇是未炒制青稞酒所特有的醇类风味。研究^[14]表明,青稞酒中主要的醇类风味物质有苯乙醇和3-甲基丁醇,与上述气质分析结果一致。十九醇、十八醇、2-十二烯醛醇和A-毕橙茄醇均首次在青稞酒中检测到。

醛类物质在酒中多呈现青香、脂肪香、花香和果香^[17],有助于提升酒品的香甜风味。在甜酒曲酿造炒制青稞酒和未炒制青稞酒中分别检测得到6种和4种醛类物质;在西藏酒曲酿造青稞酒中分别检测出4种醛类物质。其中3,5-二叔丁基-4-羟基苯甲醛是甜酒曲未炒制青稞酒所特有醛类物质。十四醛、铃兰醛以及3,5-二叔丁基-4-羟基苯甲醛均为首次在青稞酒中检测到。

酯类物质在所有青稞酒中种类最丰富,多呈现果香和花香。其中,乙酸乙酯和乙酸苯乙酯含量最高。在甜酒曲酿造炒制青稞酒和未炒制青稞酒中分别检测得到12种和8种酯类物质;在西藏酒曲酿造炒制青稞酒以及未炒制青稞酒中分别检测出8种和5种酯类物质。其中邻苯二甲酸二丁酯和对甲氧基肉桂酸辛酯为炒制青稞酒所特有酯类物质。油酸乙酯是首次在青稞酒中检测到的。

表 3 不同工艺青稞酒中挥发性化合物及含量[†]

Table 3 Volatile compounds in highland barley wine with different process

类别	挥发性化合物	保留时间/min	呈味	挥发性化合物含量/%			
				甜炒制青稞	甜未炒制青稞	西炒制青稞	西未炒制青稞
醇类	乙醇	1.900	辛辣气味	47.98	43.69	32.07	25.67
	3-甲基丁醇	3.587	指甲油气味	13.01	—	11.53	—
	异辛醇	9.742		1.19	1.13	1.00	0.97
	1-辛醇	10.703		—	0.02	—	3.01
	2-壬醇	11.531	青香、奶油香、果香	—	—	2.10	6.04
	苯乙醇	11.823	面包香、花香	14.55	12.30	20.65	17.42
	1-十一醇	13.142		0.01	—	—	—
	十九醇	14.261		0.03	—	—	—
	十八醇	14.209		—	0.04	—	1.03
	A-毕橙茄醇	24.000		0.16	0.08	0.06	0.03

续表 3

类别	挥发性化合物	保留时间/min	呈味	挥发性化合物含量/%			
				甜炒制青稞	甜未炒制青稞	西炒制青稞	西未炒制青稞
醛类	苯乙醛	10.003	风信子香气	0.26	0.18	0.19	0.09
	壬醛	11.624	脂肪香、花香、柑橘香	0.50	0.46	1.23	0.12
	癸醛	14.219	甜香、柑橘香、花香、蜡香	0.33	0.27	0.25	0.13
	十一醛	16.662	蜡香、柑橘香、花香	0.03	—	—	—
	反,反-2,4-癸二烯醛	16.918	青香、脂肪香	0.05	—	—	—
	十四醛	21.067	脂肪香、蜡香、果香、牛奶香、奶油香	—	—	0.18	—
	铃兰醛	21.424	百合香	—	—	—	0.05
	3,5-二叔丁基-4-羟基苯甲醛	25.798		1.24	0.73	—	—
	乙酸乙酯	2.897	水果香	2.13	2.09	1.57	1.54
	乙酸己酯	9.107	醚香、果香	—	—	0.18	—
酯类	乙酸苯乙酯	15.416	果花香、蜜糖、热带水果	1.12	0.68	0.41	0.38
	丙酸-2-苯乙酯	17.618		0.09	—	—	—
	苯甲酸苄酯	26.036	果香、花香	0.22	0.04	0.03	—
	水杨酸辛酯	26.628		—	0.10	—	0.37
	肉豆蔻酸异丙酯	26.941		0.55	0.57	0.06	0.23
	邻苯二甲酸二异丁酯	27.558		0.64	0.77	—	—
	水杨酸高孟酯	28.078		0.03	—	—	—
	棕榈酸甲酯	28.662		0.33	0.53	0.40	0.60
	棕榈酸乙酯	28.662		0.33	0.53	0.40	0.60
	邻苯二甲酸二丁酯	29.151		0.45	—	0.14	—
酸类	油酸乙酯	32.484		0.18	0.09	—	—
	硬脂酸乙酯	32.929		0.02	—	—	—
	对甲氧基肉桂酸辛酯	35.339		0.11	—	0.04	—
	辛酸	13.241	酸败、稀释呈酸干酪味	0.32	0.27	0.16	0.15
	月桂酸	21.979	月桂油香气	0.26	0.16	0.16	0.07
	肉豆蔻酸	25.760		0.27	0.60	0.24	0.37
	正十五酸	27.501		0.17	—	0.04	—
	棕榈酸	29.257		3.08	6.43	2.24	4.03
	反油酸	31.997		0.97	0.35	0.60	0.13
	油酸	32.003		—	0.86	0.28	0.82
其他	顺式-十八碳烯酸	32.014		0.37	0.45	0.24	0.38
	硬脂酸	32.370		1.02	0.87	0.96	0.68
	4-乙基-2-甲氧基苯酚	15.844	辛香、药香、丁香	0.37	—	0.28	—
	2,6-二叔丁基对甲酚	20.921		0.93	—	—	—
	2,4-二叔丁基苯酚	20.945		1.21	0.78	—	—
	苯乙酮	10.591	杏仁, 稀释甜坚果、水果香	0.22	0.12	0.25	0.17
	2-壬酮	11.241	青香、果香、甜香	—	0.12	—	0.24
	(R)-(+) -3-甲基环己酮	13.868		0.20	—	—	—
	香叶基丙酮	19.726	青香、果香	0.41	0.35	0.36	0.33
	2-十三烷酮	24.691		—	—	—	0.03
	2-十五烷酮	24.688		1.03	0.97	0.91	0.87
	2-叔丁基-4-羟基茴香醚	19.963		3.32	4.09	—	—
	4-羟基-3-叔丁基-苯甲醚	20.537		2.51	1.74	0.86	0.20

† “—”表示未检测到或含量低到难以定性。

挥发性化合物对样品风味的贡献由其含量和气味阈值共同决定的,因此进一步利用 ROAV 法确定青稞酒中关键性风味物质。由表 4 中可以看出,炒制青稞酒的关键性风味物质多于未炒制青稞酒。其中,壬醛、苯乙醇、苯乙醛和癸醛是 4 种青稞酒共有的关键性风味化合物

(ROAV>1),苯乙酮和香叶基丙酮是 4 种青稞酒共有的具有修饰作用的化合物(0.1<ROAV<1);4-乙基-2-甲氧基苯酚是炒制青稞酒共有的具有修饰作用的化合物(0.1<ROAV<1),2-壬酮是未炒制青稞酒特有的具有修饰作用的化合物(0.1<ROAV<1)。

表 4 不同工艺青稞酒挥发性成分 ROAV 值[†]

Table 4 ROAV value of volatile components of highland barley wine with different process

挥发性化合物	感觉阈值 ^[18] / ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	ROAV			
		甜炒制青稞	甜未炒制青稞	西炒制青稞	西未炒制青稞
壬醛	1	100.00	100.00	100.00	100.00
苯乙醇	750	3.77	3.28	5.50	4.11
香叶基丙酮	60	1.37	1.16	1.03	0.94
苯甲酸苄酯	1	44.00	8.00	6.00	——
苯乙醛	4	13.00	9.00	9.50	4.50
4-乙基-2-甲氧基苯酚	90	0.82	——	0.62	——
苯乙酮	65	0.68	0.37	0.77	0.52
2-壬酮	50	——	0.48	——	0.96
癸醛	2	33.00	27.00	25.00	13.00
十一醛	5	1.20	——	——	——

† “——”表示未检测到或含量低到难以定性。

2.3 不同工艺青稞酒感官评价

由表 5 可知,无论是甜酒曲还是西藏酒曲,炒制青稞酒感官评价分数均高于未炒制青稞酒,其中甜酒曲酿造炒制青稞酒的评分最高。表 3 中,炒制青稞酒的挥发性风味物质的种类和数量均多于未炒制青稞酒,与感官评价结果一致,进一步证明了炒制青稞酒风味优于未炒制青稞酒。

3 结论

炒制青稞酒含糖量、总酸含量以及挥发性化合物种类均高于未炒制青稞酒。利用 ROAV 法确定青稞酒中关键性风味物质,炒制青稞酒关键性风味物质多于未炒制青稞酒。其中,壬醛、苯乙醇、苯乙醛和癸醛是 4 种青稞酒共有的关键性风味化合物(ROAV>1.0),而苯乙酮和香叶基丙酮是 4 种青稞酒共有的具有修饰作用的化合物(0.1<ROAV<1.0);4-乙基-2-甲氧基苯酚是炒制青稞酒共有的具有修饰作用的化合物(0.1<ROAV<1.0),

2-壬酮是未炒制青稞酒特有的具有修饰作用的化合物(0.1<ROAV<1)。进一步对 4 种青稞酒进行感官评价,甜酒曲酿造炒制青稞酒的评分最高。

后续研究应在试验的基础上,采用 GC-MS-嗅探联用的方法,计算炒制青稞酒风味物质的线性保留指数与相对浓度,获得风味活度值,制作关键性风味化合物的标准曲线并进行复配验证,从而进一步鉴定出炒制青稞酒的关键性风味化合物。

参考文献

[1] 车富红, 张有香, 赵文娟, 等. 富含营养型牡丹花青稞酒的功效与成分研究[J]. 酿酒, 2017, 44(3): 88-90.

[2] 王丽华. 西藏传统青稞酒的生产菌株选育及生产技术研究[D]. 重庆: 西南大学, 2008: 1-8.

[3] 曹妍, 杜木英, 阚建全, 等. 多菌种发酵青稞酒化学成分变化研究[J]. 食品科学, 2012, 33(11): 252-256.

[4] 王晗, 潘明, 刘念, 赵晨婕, 等. 青稞燕麦酒复合酒曲发酵工艺的研究[J]. 酿酒科技, 2019, 12(4): 61-64.

[5] 赵慧君, 朱科帆, 钟小丹, 等. 不同酒曲和炒米时间对米酒滋味品质的影响研究[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(7): 67-70.

[6] 麻宸睿, 王新宇, 桂颖, 等. 焙炒处理对燕麦甜醅品质及功能因子含量的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(11): 199-203.

[7] 彭锡钰. 分级糌粑粉的性质、应用及糌粑能量棒开发[D]. 北京: 北京农学院, 2018: 17-29.

表 5 不同工艺青稞酒感官评价结果[†]

Table 5 Sensory evaluation of barley wines with different process

样品	感官评分
甜炒制青稞	35.00±2.16 ^b
甜未炒制青稞	31.25±2.21 ^a
西炒制青稞	34.75±1.50 ^{ab}
西未炒制青稞	33.25±2.87 ^{ab}

† 字母不同表示差异显著(P<0.05)。

(下转第 200 页)

平行实验,实际检测抑制率为 81.39%,多酚保全率为 85.76%, $\cdot\text{OH}$ 清除率为 63.61%,综合评价指标为 80.27,实验值与验证值的误差为 0.07%,说明回归模型较好地拟合了最优配方的抑制实验。

3 结论

通过应用 PB 试验选出单因素试验中的显著效应抑制剂和爬坡试验设计等方法,确定野木瓜汁的最佳复配抑制剂配方为: L -半胱氨酸 0.97%、 D -异抗坏血酸钠 0.05%、植酸 0.015%。该优化条件下实测的褐变抑制率可达 81.39%,多酚保全率为 85.76%, $\cdot\text{OH}$ 清除率为 63.61%。

研究虽然证实不使用亚硫酸盐和 EDTA,只用较低浓度且对人体无害的抑制剂就可达到较好的褐变抑制效果,并能够较好地保全野木瓜果汁的多酚成分和 $\cdot\text{OH}$ 清除功效,但仍需要进一步通过果汁的贮藏试验确定在贮藏过程中的非酶褐变抑制效果,同时对野木瓜果汁主要成分在褐变中的作用及其反应底物进行研究。在果汁营养保全方面还需对果汁中的其他主要营养成分如氨基酸、多糖等的变化进行研究,并全面测试其抗氧化功效。

参考文献

- [1] 国家中医药管理局《中华本草》编辑委员会. 中华本草: 第四卷[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999: 111.
- [2] 邱顺华, 金李芬, 钱民章. 正安野木瓜果实乙醇粗提物的抗菌性能及其稳定性研究[J]. 时珍国医国药, 2013, 24(3): 588-590.
- [3] 吴国卿, 王文平, 陈燕. 野木瓜的资源状况与食用加工研究综述[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(2): 163-164.
- [4] 李鹏, 张海生, 黎碧波. 柿子汁非酶褐变抑制技术研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(8): 271-274.
- [5] 常大伟, 魏送送, 刘树兴, 等. 抑制剂对梨浊汁酶促褐变的控制研究[J]. 食品与机械, 2016, 32(2): 106-110.
- [6] 张淑娟, 徐怀德. 微波结合抑制剂抑制光皮木瓜汁褐变研究[J]. 中国食品学报, 2013, 13(3): 140-146.
- [7] 陈晨, 文怀秀, 罗智敏, 等. 白刺色素和黑果枸杞色素中花色苷与总多酚的测定[J]. 光谱实验室, 2010, 27(5): 1796-1798.
- [8] 刘存芳, 吴睿, 赵桦, 等. 野菊茎叶多糖微波辅助法提取工艺及抗氧化活性研究[J]. 食品与机械, 2018, 34(2): 171-175.
- [9] 白家玮, 苏党, 应铁进. 碱性条件下几种添加剂对不同体系非酶褐变的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(4): 283-292.
- [10] 闫公听, 牛广财, 朱丹, 等. 沙棘酒非酶褐变抑制方法的研究[J]. 中国酿造, 2016, 35(8): 57-60.
- [11] 阚建全. 食品化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 207.
- [12] 朱珈庆, 李帅斐. 米糠蛋白碱法提取联合微波与酶法改性工艺的优化[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(7): 60-64.
- [13] DU Yun-jian, DOU Si-qi, WU Sheng-jun. Efficacy of phytic acid as an inhibitor of enzymatic and non-enzymatic browning in apple juice[J]. Food Chemistry, 2012, 135(2): 580-582.
- [14] 库尔班·吐松, 展锐, 张宏, 等. 顶羽菊抗氧化活性研究[J]. 生物技术通讯, 2010, 21(3): 406-412.
- [15] MOHANTY S S, JENA H M. Process optimization of butachlor bioremediation by *Enterobacter cloacae* using Plackett Burman design and response surface methodology[J]. Process Safety and Environmental Protection, 2018, 119: 198-206.
- [16] 陈坚生, 杨幼慧. 果酒中酚类物质及其非酶褐变的研究进展[J]. 食品科学, 2009, 30(7): 281-284.
- [17] 舒年辉. 野木瓜发酵酒褐变机理及控制研究[D]. 重庆: 西南大学, 2012: 9.
- [18] 薛楚然, 刘树文. 响应面试验优化荔枝酒褐变抑制工艺条件[J]. 食品科学, 2015, 36(20): 43-48.
- [19] 李亚, 杨艳. L -抗坏血酸自降解过程的非酶褐变反应动态研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(4): 117-127.
- [20] 统酿造青稞酒风味特征的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(2): 7-14.
- [21] 刘冲冲, 冯声宝, 吴群, 等. 青稞酒发酵过程中的风味功能微生物及其风味代谢特征解析[J]. 微生物学通报, 2020, 47(1): 151-161.
- [22] 张婷, 陈小伟, 张沙沙, 等. 不同酒曲发酵生产木薯酒香气成分 GC-MS 分析[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(2): 125-131.
- [23] ZENG Zhi, HAN Zhang, ZHANG Tao, et al. Analysis of flavor volatiles of glutinous rice during cooking by combined gas chromatography-mass spectrometry with modified head-space solid-phase microextraction method[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2009, 22(4): 347-353.
- [24] 孙宝国. 食用调香术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 25-32, 123.

(上接第 187 页)

- [8] 马洁, 周洋, 陈璐瑶, 等. 3 种青稞糈粉分级粉性质差异及相关性分析[J]. 食品与机械, 2018, 34(5): 49-53.
- [9] 刘登勇, 周光宏, 徐幸莲. 确定食品关键风味化合物的一种新方法: “ROAV”法[J]. 食品科学, 2008, 29(7): 370-374.
- [10] 张海涛. 多酶法酿造青稞清酒的工艺研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2016: 13-14.
- [11] 闫华文. 甜酒曲中真菌多样性的研究及甜酒酿营养成分分析[D]. 曲阜: 曲阜师范大学, 2015: 3-4.
- [12] 张晓蒙, 李德美, 金玮璠, 等. 西藏青稞酒酿造小曲微生物多样性分析[J]. 中国酿造, 2018, 37(9): 28-33.
- [13] 陈建新. 过热蒸汽焙炒黄酒酿造大米机理及其工程优化研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014: 39-41.
- [14] 樊杉杉, 董雅君, 杨兴华, 等. 不同地区来源藏曲对西藏传