

发酵过程中南瓜汁挥发性成分的变化

彭兴兴^{1,2}, 郭巧云¹, 杨士琳¹

(1. 江门职业技术学院, 广东 江门 529030;

2. 广东省绿色高性能新材料研发工程技术研究中心, 广东 江门 529030)

摘要: 为了比较瑞士乳杆菌在发酵过程中 0、24、36、48 h 南瓜汁挥发性物质的变化, 采用气相色谱-质谱法对发酵南瓜汁的挥发性成分进行检测和分析。结果表明: 微生物能增加南瓜汁风味物质的种类和含量, 且在不同的发酵时间内, 其挥发性物质种类和含量均存在差异性, 发酵 0 h 时检测出 29 种物质, 含量较高的物质主要有己醛(12.72%)、2-甲基丁醛(6.61%)、2,4-二叔丁基苯酚(6.17%); 发酵 12 h 时共鉴定出 44 种物质, 含量较高的物质主要有 3-羟基-2-丁酮(31.56%)、2,3-丁二酮(11.06%)、丙酮(6.95%); 发酵 24 h 时检测出 44 种物质, 含量较高的物质主要有 3-羟基-2-丁酮(38.87%)、2,3-丁二酮(12.35%)、丙酮(5.24%); 发酵 36 h 时检测出 40 种物质, 含量较高的物质主要有 3-羟基-2-丁酮(47.22%)、2,3-丁二酮(7.15%)、乙酸(5.26%); 发酵 48 h 时检测出 38 种挥发性成分, 含量较高的物质主要有 3-羟基-2-丁酮(32.36%)、2,3-丁二酮(7.79%)、乙酸(5.83%)。在感官上, 乳酸菌能显著影响发酵南瓜汁的风味, 瑞士乳杆菌倾向于将醛类和醇类物质转化成酮类和酸类物质, 发酵 12 h 的南瓜汁评分是最高的。

关键词: 发酵; 南瓜汁; 挥发性成分; 气质联用仪; 乳酸菌

The Change of Volatile Compounds in Fermented Pumpkin Juice

PENG Xing-xing^{1,2}, GUO Qiao-yun¹, YANG Tu-lin¹

(1. Jiangmen Polytechnic, Jiangmen 529030, Guangdong, China; 2. Guangdong Provincial Green and High Performance Novel Materials Engineering Research Center, Jiangmen 529030, Guangdong, China)

Abstract: In order to compare the change of volatile components in *Lactobacillus helveticus* fermentation pumpkin juice during 0, 24, 36, 48 h, the volatile compounds were detected by using headspace-solid-phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry. The results showed that microbes could increase species and content of flavor substances in pumpkin juice and those existed differences in different fermentation time. 29 kinds of volatile components were identified with 0 h fermentation and mainly included hexanal (12.72%), 2-methyl butyl aldehyde (6.61%) and 2, 4-2 tertiary butyl phenol (6.17%). 44 kinds of volatile components were identified with 12 h fermentation and mainly included 3-hydroxy-2-butanone (31.56%), 2,3-dione (11.06%) and acetone (6.95%). 44 kinds of volatile components were identified with 24 h fermentation and mainly included 3-hydroxy-2-butanone (38.87%), 2,3-dione (12.35%) and acetone (5.24%). 40 kinds of volatile components were identified with 36 h fermentation and mainly included 3-hydroxy-2-butanone (47.22%) and 2,3-dione (7.15%), acetic acid (5.26%). 38 kinds of volatile components were identified with 48 h fermentation and mainly included 3-hydroxy-2-butanone (32.36%) and 2,3-dione (7.79%), acetic acid (5.83%). On the sensory, *Lactobacillus* could significantly affect the flavor of fermented pumpkin juice. *Lactobacillus helveticus* tended to convert aldehydes and alcohols into ketones and acids. The score of fermented pumpkin juice for 12 h was the highest.

Key words: fermentation; pumpkin juice; the volatile flavor compounds; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS); *Lactobacillus*

基金项目: 广东省普通高校青年创新人才项目(2018GkQNCX136); 江门市科学技术局项目(2019JC02067); 广东大学生科技创新培育专项资金项目(pdjh2021b0967); 江门市高性能功能材料工程技术研究中心(江科[2018]359); 广东省绿色高性能新材料研发工程技术研究中心(江科[2019]131)

作者简介: 彭兴兴(1989—), 男(汉), 讲师, 硕士研究生, 研究方向: 食品科学与农产品加工。

引文格式:

彭兴兴,郭巧云,杨土琳.发酵过程中南瓜汁挥发性成分的变化[J].食品研究与开发,2021,42(15):8-14,19.

PENG Xingxing, GUO Qiaoyun, YANG Tulin. The Change of Volatile Compounds in Fermented Pumpkin Juice [J]. Food Research and Development, 2021, 42(15):8-14, 19.

南瓜是一种常见的蔬菜,种植范围广,全国各地都有栽培。南瓜营养丰富,含有人体所需的各种氨基酸、多糖、类胡萝卜素、矿质元素等营养物质,具有辅助降血脂、辅助降血糖、抗肿瘤、抗氧化等多种药用价值^[1-4]。根据 FAOSTAT 数据库,2014 年我国南瓜总产量超过 3 000 万吨,生产面积 110 万公顷,南瓜资源十分丰富^[5],但南瓜产品形式单一、加工产业处于下游,附加值低。乳酸菌广泛存在于自然界中,是一类可以利用碳水化合物发酵产生大量乳酸的细菌总称^[6]。乳酸菌具有调节胃肠道菌群平衡,改善人体消化吸收系统,降低胆固醇等生物保健功能^[7-10]。现今,发酵果蔬汁饮料发展迅猛^[11-12],已有多款同类产品上市,并且深得广大消费者青睐。因此,开发功能性乳酸菌发酵相关的南瓜饮品,不仅可以提高南瓜的精深加工附加值,而且可以促进南瓜行业发展,改变南瓜加工的初级阶段地位。风味一直是构成食品品质最重要的因素之一,也是其能否为广大消费者所接受的关键因素。通过利用原料当中的营养物质,乳酸菌可以改变果蔬汁的风味组成结构,生成挥发性成分和滋味物质,从而影响到产品的风味和口感^[13-14]。现今对发酵南瓜汁的研究多集中于菌种筛选^[15]和工艺优化^[16],对发酵过程中挥发性风味物质的变化探究较少。

该文选用瑞士乳杆菌^[17]作为发酵菌种,使用气质联用技术(gas chromatography-mass spectrometry, GCMS),测定南瓜汁发酵前后挥发性风味物质的变化,探究乳酸菌对南瓜风味感官品质产生的影响及其内在变化规律,为生产高品质的乳酸菌发酵南瓜汁的生产提供一定技术支持和依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

南瓜:市售;瑞士乳杆菌菌粉:丹尼斯克公司;NaCl(分析纯):广州化学试剂厂。

1.2 仪器与设备

SW-CJ-1FD 超净工作台:苏州净化设备有限公司;PYX-DHS 隔水式保温箱:上海博泰实验设备有限公司;75 μm CAR/PDMS 微萃取头:美国 Supelco 公司;DSQ II 气相色谱-质谱联用仪:美国 Thermo 公司;

WH-2 微型涡流混合仪:上海泸西分析仪器厂;yp202n 型电子天平:上海精密仪器仪表公司;榨汁机:九阳股份有限公司;pHS-25 型 pH 计:上海精密科学仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 南瓜汁的制备

选择成熟度合适、无明显缺陷的南瓜。将清洗好的南瓜先去皮和去囊处理,后切成小细块备用,按照南瓜:水(质量比)=1:1 的比例,将称好的南瓜放入榨汁机中,加水后榨汁,分装于干净的锥形瓶中,密封保存,将南瓜汁快速加热至 90 $^{\circ}\text{C}$,灭菌 10 min 后,冷却至室温备用。

1.3.2 样品制备

接种瑞士乳杆菌,以 10^6 cfu/mL 的接种量加入杀菌南瓜汁中^[6],在 37 $^{\circ}\text{C}$ 恒温条件下静置发酵 48 h,每隔 12 h(0、12、24、36、48 h)准确移取发酵液 10 mL 于进样瓶中,各加入 1.0 g NaCl,密封后上机进行检测。

1.3.3 理化指标测定

pH 值采用 pHS-25 型 pH 计进行测定;可滴定酸度的测定参考 GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》;乳杆菌活菌数的测定参考 GB 4789.35—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 乳酸菌检验》,采用稀释平板计数法测定;还原糖的测定参考 GB 5009.7—2016《食品安全国家标准 食品中还原糖的测定》,采用直接滴定法;每个样品平行测定 3 次。

1.3.4 GC-MS 测定条件

GC 条件:TR-5MS 弹性石英毛细色谱柱(30 m $\times$ 0.25 mm,0.25 μm);进样口温度 250 $^{\circ}\text{C}$,载气为高纯度氦气(纯度 99.999%,流速 1.0 mL/min),分流比 10:1。升温程序条件:起始温度 45 $^{\circ}\text{C}$,保留 2 min,以 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升到 150 $^{\circ}\text{C}$,保持 1 min,再以 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 220 $^{\circ}\text{C}$,保持 5 min。

MS 条件:电子轰击电离(EI)离子源,电子能量 70 eV;电子倍增器电压 350 V;离子源温度 230 $^{\circ}\text{C}$;传输线温度 250 $^{\circ}\text{C}$;质量扫描范围为质荷比 35~500。

1.3.5 感官评定

感官评价对样品的总体接受度、气味、口味进行评分,由 10 名专业人员对每项指标进行打分,最终评

分结果取平均值,评分标准见表1。

表1 感官评分标准
Table 1 Sensory evaluation standards

指标	说明	评分标准
气味	风味协调,具有南瓜清香味,无异味	4.0~5.0
	风味基本协调,南瓜或乳酸发酵的香味较淡	3.0~3.9
	无香味,风味不协调,有异味	0~2.9
口味	质地细腻、酸度适口、柔和爽口、无异味	4.0~5.0
	质地粗糙、酸略有刺激性、欠柔和	3.0~3.9
	质地粗糙、过酸或酸味不足	0~2.9
总体接受度	愉悦的感官体验	4.0~5.0
	感官体验一般	3.0~3.9
	不愉悦、无法适应的感官体验	0~2.9

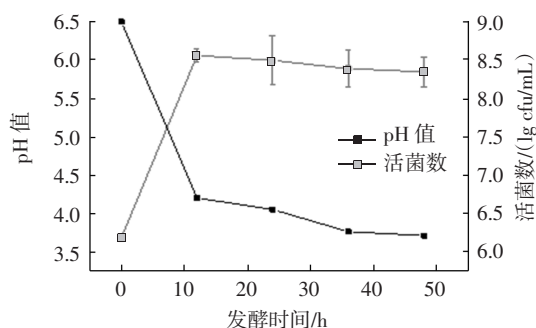


图1 发酵过程中南瓜汁的指标变化

Fig.1 The index change of pumpkin juice during fermentation

由初始的 6.0 lgcfu/mL 增加至 8.4 lgcfu/mL, 能够比较好的适应南瓜汁发酵,pH 值的下降和活菌数的变化呈现一种对应关系。多糖和葡萄糖是南瓜的主要糖类物质,瑞士乳杆菌在南瓜汁中代谢增殖,利用南瓜内的葡萄糖、氨基酸等营养物质发酵产生乳酸等代谢产物,使其总酸含量增加、总糖含量下降,影响到糖酸比,表现出酸味。有研究表明南瓜在发酵过程中大部分活性多糖成分能被保留^[9]。酸度和还原糖含量变化与前

1.3.6 数据分析

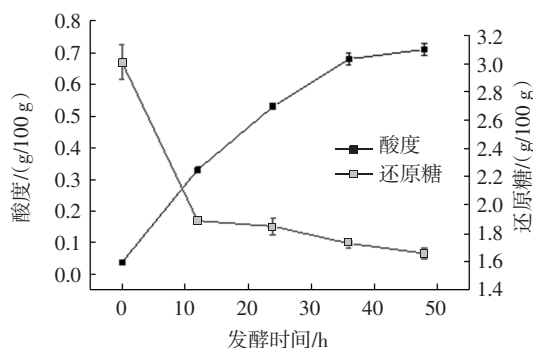
试验数据采用 Origin9.0 软件处理分析。挥发性风味物质的鉴定根据 NIST14 数据库进行检索,结合相关资料,选择匹配度大于 85 的物质作为有效的挥发性成分^[18],按照峰面积归一化法进行相对定量,计算各挥发性化合物的相对百分含量。

2 结果与分析

2.1 瑞士乳杆菌在南瓜汁中生长代谢情况

发酵过程中南瓜汁的指标变化见图1。

图1反映了瑞士乳杆菌在南瓜汁中的生长情况,发酵至 12 h 时,pH 值由最初的 6.5 下降至 4.2,活菌数



面南瓜汁中 pH 值和活菌数的变化情况相呼应,这与卢嘉懿等^[20]研究植物乳杆菌发酵不同果蔬汁中的结论相一致。

2.2 瑞士乳杆菌发酵南瓜汁挥发性成分变化

通过 GC-MS 气质联用技术对 0、12、24、36、48 h 发酵南瓜汁的挥发性物质进行检测和分析,根据图谱检索,发酵过程中南瓜汁的挥发性成分物质鉴定结果,如表2所示。

表2 发酵过程中南瓜汁挥发性成分相对含量

Table 2 Volatile component relative content of pumpkin juice during fermentation

种类	序列号	化合物	相对含量/%				
			发酵 0 h	发酵 12 h	发酵 24 h	发酵 36 h	发酵 48 h
醇类	1	1-丁醇	0.8	—	—	—	—
	2	3-甲基-3-丁烯-1-醇	—	0.1	0.07	0.06	0.06
	3	1-戊醇	4.93	0.18	0.16	—	—
	5	环丁醇	2.14	—	—	—	—
	6	2-甲基丙醇	—	1.51	1.59	1.98	2.64
	7	3-己醇	—	0.13	0.22	0.25	0.12
	8	1-己醇	4.04	0.24	—	—	—
	9	2-乙基己醇	3.29	0.32	0.39	0.45	0.71
	10	(E)-2-壬烯-1-醇	—	0.32	0.69	0.15	0.32
	11	1,9-壬二醇	—	0.13	0.25	0.15	0.10
	12	壬醇	0.19	—	—	—	—
		总和	15.39	2.93	3.37	3.04	3.95
		种类	6	8	7	6	6

续表2 发酵过程中南瓜汁挥发性成分相对含量
Continue table 2 Volatile component relative content of pumpkin juice during fermentation

种类	序列号	化合物	相对含量/%				
			发酵 0 h	发酵 12 h	发酵 24 h	发酵 36 h	发酵 48 h
酚类	1	2,6-二异丙基苯酚	—	—	0.2	0.18	0.41
	2	2,6-二叔丁基对甲酚	—	0.11	0.11	0.08	0.1
	3	2,4-二叔丁基苯酚	6.17	0.54	0.34	0.32	0.96
		总和	6.17	0.65	0.65	0.58	1.47
		种类	1	2	3	3	3
醛类	1	乙醛	—	3.06	2.46	0.99	1.13
	2	2-甲基丁醛	6.61	0.17	0.11	—	—
	3	戊醛	2	0.31	1.2	0.48	1.78
	4	己醛	12.72	0.84	0.32	—	—
	5	庚醛	1.53	0.06	0.11	—	—
	6	壬醛	0.97	0.32	0.58	0.15	0.32
	7	β -环柠檬醛	0.31	0.24	0.21	0.16	0.25
	8	十二醛	—	1.07	0.25	0.18	0.26
	9	肉豆蔻醛	—	3.99	2.02	1.07	1.45
	10	十六醛	—	1.69	2.62	0.55	3.67
	11	十八醛	—	0.75	1.57	0.8	0.3
		总和	24.14	12.50	11.13	4.38	9.16
		种类	6	11	11	9	9
酮类	1	丙酮	2.51	6.95	5.24	4.77	4.05
	2	2,3-丁二酮	—	11.06	6.68	7.15	7.79
	3	2-戊酮	—	0.14	0.22	0.23	0.38
	4	3-羟基-2-丁酮	—	31.56	38.87	47.22	32.36
	5	2-庚酮	—	0.72	0.98	0.7	1.36
	6	2-壬酮	—	0.71	0.69	0.32	0.8
	7	2,6,6-三甲基环己酮	1.24	—	—	—	—
	8	β -紫罗兰酮	0.81	—	—	—	—
	9	2-十九烷酮	—	0.28	0.27	—	—
	10	十七烷酮	—	0.39	0.53	0.15	0.36
		总和	4.56	51.81	53.48	60.54	47.1
		种类	3	8	8	7	7
		种类	3	8	8	7	7
酸类	1	乙酸	1.87	2.38	3.78	5.26	5.83
	2	2-乙基丁酸	—	—	0.16	0.33	—
	3	2-甲基丁酸	—	—	—	—	2.16
	4	苯甲酸	0.07	—	—	—	—
	5	邻苯二甲酸	—	0.39	0.25	0.13	0.13
	6	总和	1.94	2.77	4.19	5.72	8.12
酯类		种类	2	2	3	3	3
	1	丁二酸二乙酯	—	0.18	0.17	0.11	0.23
	2	肉桂酸乙酯	—	—	—	—	0.36
	3	丙酸乙酯	—	2.45	4.33	3.35	2.12
	4	辛酸乙酯	—	1.26	2.96	2.58	2.44
	5	邻苯二甲酸二丁酯	0.69	—	—	—	—
	6	邻苯二甲酸二异丁酯	0.54	0.33	—	0.14	—
	7	δ -十八内酯	—	0.24	0.12	—	—
	8	γ -十八内酯	—	0.5	0.39	0.13	0.16
	9	总和	1.23	6.96	7.97	6.51	5.31
		种类	2	6	5	5	5
		种类	2	6	5	5	5

续表2 发酵过程中南瓜汁挥发性成分相对含量
Continue table 2 Volatile component relative content of pumpkin juice during fermentation

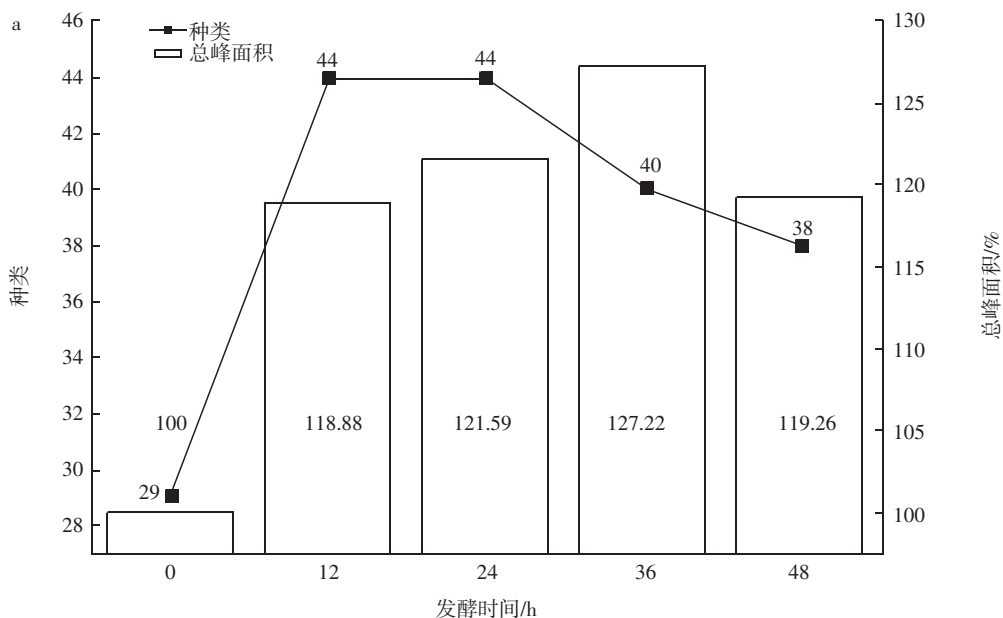
种类	序列号	化合物	相对含量/%				
			发酵 0 h	发酵 12 h	发酵 24 h	发酵 36 h	发酵 48 h
芳香族	1	苯	—	0.07	—	—	—
	2	甲苯	1.66	0.29	0.28	0.2	0.58
	3	1,4-二甲苯	—	—	0.17	0.18	—
	4	总和	1.66	0.36	0.45	0.38	0.58
		种类	1	2	2	2	1
烷烃类	1	2,2-二甲基-己烷	0.08	—	—	—	—
	2	1-甲基(1-甲基乙烯基)环己烯	3.82	0.22	0.49	0.24	0.29
	3	十五烷	—	1.65	1.51	1.44	1.6
	4	十六烷	1.27	—	—	—	—
	5	十七烷	1.32	0.5	0.15	0.14	0.16
	6	二十烷	0.95	—	—	—	—
	7	二十一烷	1.1	—	—	—	—
		总和	8.54	2.37	2.15	1.82	2.05
其它类		种类	6	3	3	3	3
	1	二甲基二硫	0.73	0.07	0.11	0.1	—
	2	2-戊基呋喃	1.22	0.31	0.43	0.36	0.59
		总和	1.95	0.38	0.54	0.46	0.59
		种类	2	2	2	2	1

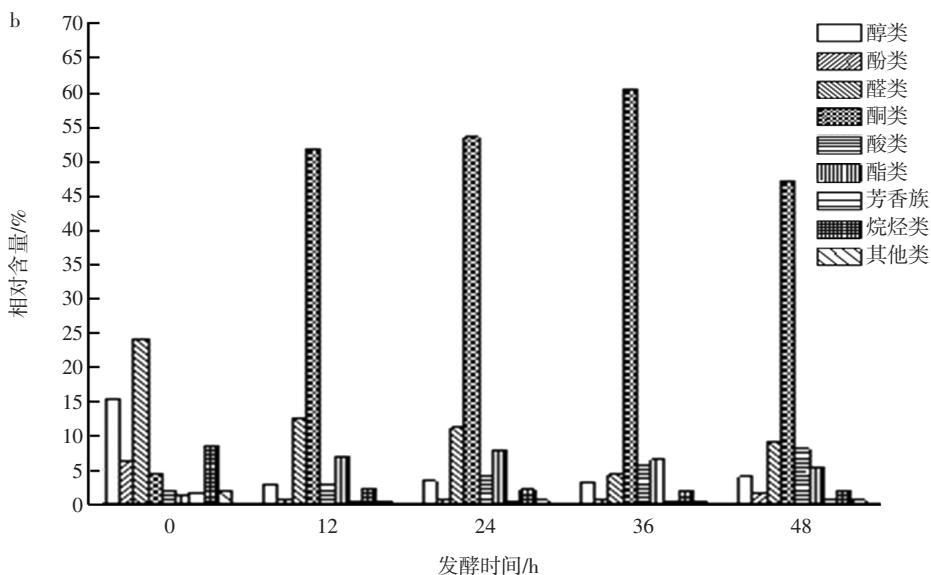
注:—表示未检出。

由表2可知,南瓜汁的挥发性物质鉴定出29种化合物,南瓜汁中主要挥发性物质有己醛、2-甲基丁醛、2,4-二叔丁基苯酚、1-戊醇和1-己醇,含量依次为12.72%、6.61%、6.17%、4.93%和4.04%。羰基化合物是南瓜汁中挥发性成分含量最高的一类,总共占28.7%,相对含量第二高的是醇类物质。李瑜^[21]在研究酶解后南瓜汁挥发性成分时也有类似结果。一般来说,链状的醇、醛、酮、酸、酯等化合物,在低分子量范围内由于挥发性强,官能团的比重大,官能团特有的气味也较强烈。随着分子碳链的增长,其气味也由果实香型→

清香型→脂肪臭型的方向变化,而且气味的持续性也随着增强。通常低级饱和醇和醛C₁-C₁₀范围内具有令人愉快的气味,低级饱和酮具有特殊香气,低级饱和羧酸一般都有不愉快的嗅感,酯类物质大多具有水果香味,芳香族化合物都有其特殊的嗅感。比如,己醛具有清香和果香味、丁醇和戊醇有醉人的香气、壬醇有芳香味,丙酮有薄荷味。南瓜汁中己醛、2-甲基丁醛、1-戊醇、1-己醇的含量占28.30%,可能是赋予南瓜清香的主要原因。发酵南瓜汁挥发性物质的变化见图2。

由图2可以看出,经瑞士乳杆菌发酵后,南瓜汁挥





a.以未发酵南瓜汁的挥发性物质的总峰面积为100,其它以其为基准算出相应百分比;b.各类物质相对含量。

图2 发酵南瓜汁挥发性物质的变化

Fig.2 The changes of volatile compound in fermented pumpkin juice

发性物质种类和含量均增加,不同发酵时间其各类物质含量存在差异。由表2知发酵南瓜汁共有相同成分34种,主要是3-羟基-2-丁酮、2,3-丁二酮和丙酮。与未发酵的南瓜汁相比,共有相同成分11种,这说明瑞士乳杆菌对南瓜汁风味物质的变化是有影响的。

羰基化合物是发酵南瓜汁的主要风味物质,含量最高的挥发性成分是3-羟基-2-丁酮,是南瓜汁的主要特征香气成分^[22]。发酵过程中,南瓜汁中酮类物质占比迅速增加,至发酵36h达最大值,特别是以乳酸菌发酵所特有的3-羟基-2-丁酮、2,3-丁二酮和丙酮的增加量最为明显。与此相对的是醛类占比呈下降趋势,特别是己醛占比大量减少,至发酵36h后,未再检测到该物质,但整个发酵过程中,醛类的种类是相对增加的。有研究报告醛、酮的产生与乳酸菌代谢氨基酸和糖类有关^[23-24],其中3-羟基-2-丁酮、2,3-丁二酮具有清香气味。

相比未发酵南瓜汁,发酵后的南瓜汁醇和酚类物质大幅下降,醇和酚类含量的变化可能与菌种以及菌内胞内酶有关。发酵后丁醇和环丁醇消失不见,转而产生新的(E)-2-壬烯-1-醇、1,9-壬二醇,新增的不饱和醇往往比饱和醇具有更强烈的风味。另外,发酵后醇的种类略有增多,发酵0h时为6种,12h时有8种,最后又变为6种。发酵12h之后,随着发酵时间的延长,醇类含量呈上升趋势,从2.93%上升至3.95%,而酚类物质有下降的趋势,这可能是瑞士乳杆菌存在某种能分解酚类物质的酶,使之转化成其他物质而减少。

酯类物质是一类影响风味物质重要化合物,通常酯类的生成是由醇和酸发生反应转化而来的,也可以由微生物代谢脂类物质得到,如QIN等^[25]研究发现脂肪酸是梨中多种水果香味的前体物质。发酵南瓜汁酯类物质种类和含量均有不同程度的增加,这与发酵过程中醇类含量下降相对应。0h时有2种,占比1.23%;12h时有6种,占比6.96%;24h时有5种,占比7.97%;36h时有5种,占比6.51%;48h时有5种,占比5.31%。新增加的酯类物质主要有丙酸乙酯、辛酸乙酯,尽管某些酯类的含量相对较低,但对南瓜汁风味的改变影响甚大,有时起关键作用。

发酵南瓜汁酸类含量明显增多,随着发酵时间的延长,逐渐递增。由0h时的1.94%,到24h时的4.19%,再到36h时的5.72%,最后增至48h时的8.12%,增加的酸类物质主要是乙酸,这与发酵过程中乳酸菌大量增殖,不断消耗葡萄糖,累积代谢生成乙酸有关。

对于芳香族化合物来说,苯的气味不好闻,但在苯环上引入烃基后,其嗅感就会发生变化,如甲基异丙苯具有胡萝卜气味,在发酵南瓜汁中检测到甲苯和1,4-二甲苯。发酵后,南瓜汁中烷烃类含量和种类均变少,其阈值相对较高,变化与脂肪代谢相关。此外,在南瓜汁中还发现有2-戊基呋喃和 β -环柠檬醛,这可能与南瓜发生美拉德反应和类胡萝卜素降解反应有关。

2.3 瑞士乳杆菌发酵南瓜汁感官评定变化

瑞士乳杆菌发酵南瓜汁感官评价见图3。

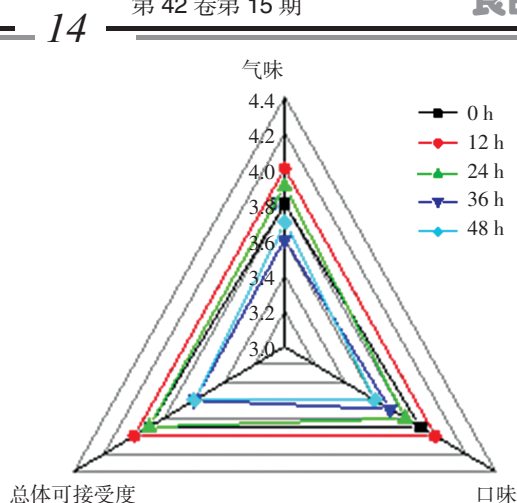


图3 瑞士乳杆菌发酵南瓜汁感官评价

Fig.3 Sensory evaluation of pumpkin juice fermented by *Lactobacillus helveticus*

瑞士乳杆菌消耗南瓜汁中的糖类、氨基酸等物质进行代谢生成酸类、酮类、酯类等风味物质,使得南瓜汁甜味逐步下降,酸味开始增加。发酵0 h时,南瓜汁有一股蒸煮味,掩盖了南瓜的清香味;发酵12 h时,瑞士乳杆菌在南瓜汁中大量增殖,南瓜汁中风味物质在发酵12 h后开始迅速累积,酮类、酯类物质增加,香味增强,酸度适口,使得南瓜汁在发酵12 h时各项评分最高;发酵24 h后,由于酸类、酮类物质含量过高,使得南瓜汁整体气味不协调,具有刺激性,令人不愉快,总体可接受度变低。

3 结论

本研究通过GC-MS气质联用技术,从发酵0、12、24、36、48 h的南瓜汁中分别鉴定出29、44、44、40、38种挥发性物质,相同的挥发性物质有11种,经瑞士乳杆菌发酵后,其风味物质种类和含量均增多,显著影响了南瓜汁风味的改变,且发酵时间不同,挥发性物质种类和含量存在差异。未发酵时南瓜汁的主要挥发性成分是己醛、2-甲基丁醛、2,4-二叔丁基苯酚、1-戊醇、1-己醇;发酵后南瓜汁的主要挥发性成分是3-羟基-2-丁酮、2,3-丁二酮、丙酮、乙酸、丙酸乙酯等物质。瑞士乳杆菌倾向于将南瓜汁中的醛类和醇类物质转化成酮类和酸类物质。发酵12 h时南瓜汁感官评分最高,发酵时间的控制对南瓜汁风味影响较大,这为发酵南瓜汁饮料工艺优化提供一定参考价值。

参考文献:

- [1] 宋丽君.南瓜多糖对糖尿病大鼠血糖、血脂及氧化应激能力的影响[J].中国应用生理学杂志,2015,31(1):65-66,71.
SONG Lijun.Effects of pumpkin polysaccharide on blood glucose,

blood lipid and oxidative stress in diabetic rats[J].Chinese Journal of Applied Physiology,2015,31(1):65-66,71.

- [2] NOOR AZIAH A A, KOMATHI C A. Physicochemical and functional properties of peeled and unpeeled pumpkin flour[J]. Journal of Food Science, 2009,74(7):328-333.
- [3] 王燕,车振明.南瓜的功能特性及其深加工[J].食品研究与开发, 2005,26(3):7-9.
WANG Yan,CHE Zhenming.Functional character and deep processing of pumpkin[J]. Food Research And Development,2005,26(3):7-9.
- [4] ADAMS G G,IMRAN S,WANG S,et al. The hypoglycaemic effect of pumpkins as anti-diabetic and functional medicines[J]. Food Research International, 2011,44(4):862-867.
- [5] 孙小武.2014年度南瓜产业技术发展报告[R].林口:中国园艺学会南瓜研究分会,2015.
SUN Xiaowu.The pumpkin industry technology development report in 2014[R].Linkou:Pumpkin Research Branch of Chinese Society of Horticulture, 2015.
- [6] 张刚.乳酸细菌—基础、技术和应用[M].北京:化学工业出版社, 2007.
ZHANG Gang.Lactic acid bacteria—fundamentals, techniques and applications[M].Beijing:Chemical Industry Press,2007.
- [7] FUMIKO H,MASAFUMI N,TOMOKAZU A,et al. Improvement of constipation and liver function by plant-derived lactic acid bacteria: a double-blind, randomized trial [J]. Nutrition, 2010,26(4):367-374.
- [8] LIM H J,KIM S Y,LEE W K. Isolation of cholesterol-lowering lactic acid bacteria from human intestine for probiotic use[J]. Journal of Veterinary Science, 2005,5(4):391-395.
- [9] KANOKPORN K,RAWEE T,LEDDER R G,et al. Oral bacterial communities in individuals with type 2 diabetes who live in southern Thailand[J]. Applied & Environmental Microbiology, 2013,80(2):662-671.
- [10] 赖婷,刘汉伟,张名位,等.乳酸菌发酵对果蔬中主要活性物质及其生理功能的影响研究进展[J].中国酿造, 2015,34(3):1-4.
LAI Ting,LIU Hanwei,ZHANG Mingwei,et al.Effect of lactic acid bacteria fermentation on active components and physiological function of fruit and vegetable[J].China Brewing,2015,34(3):1-4.
- [11] 杭锋,陈卫.益生乳酸菌的生理特性研究及其在发酵果蔬饮料中的应用[J].食品科学技术学报, 2017,35(4):33-41.
HANG Feng,CHEN Wei.Research of beneficial lactic acid bacteria and its application for fermented fruit and vegetable juices[J].Journal of Food Science and Technology, 2017,35(4):33-41.
- [12] 熊涛.果蔬益生菌发酵关键技术与产业化应用[J].饮料工业, 2016,19(5):71-73.
XIONG Tao. The key technology and industrialization application of probiotics fermentation for fruit and vegetable[J].Beverage Industry, 2016,19(5):71-73.
- [13] DI C R, FILANNINO P, GOBBETTI M. Lactic acid fermentation drives the optimal volatile flavor-aroma profile of pomegranate juice [J]. International Journal of Food Microbiology, 2017, 248: 56-62.
- [14] SMID E J, KLEEREBEZEM M. Production of aroma compounds in

(下转第19页)