

凝固型椰子酸奶品质分析

Analysis of the quality of set-type coconut yogurt

王庆科¹ 刘四新² 梁丛颖¹ 林雪¹ 马雅倩¹ 李从发¹

WANG Qing-ke¹ LIU Si-xin² LIANG Cong-ying¹ LIN Xue¹ MA Ya-qian¹ LI Cong-fa¹

(1. 海南大学食品学院,海南 海口 570228;2. 海南大学材料与化工学院,海南 海口 570228)

(1. College of Food Science and Technology, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China;

2. College of Materials and Chemical Engineering, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China)

摘要:采用固相微萃取—气相色谱—质谱联用技术(SPME-GC-MS)和高效液相色谱仪(HPLC)分别分析了椰子酸奶发酵前后的香气成分种类及含量的变化以及有机酸含量的变化,并结合物性分析仪和感官分析评价了椰子酸奶的质地品质。结果表明:椰奶经乳酸菌发酵后,香气成分种类增加,椰子酸奶成品中酯类化合物、酸类化合物含量分别降低7.38%,6.88%,醇类化合物、萜烯类化合物、酮类化合物和烷烃类化合物含量分别提高8.14%,0.81%,5.21%,0.13%;椰子酸奶中乳酸含量增加至11.3 g/L;得到椰子酸奶质构参数:硬度2.15 N,黏性13.13 N·s,内聚性0.317,咀嚼性0.57 N;椰子酸奶的糖度为14.8 °Brix,酸度为80.47 g/L,pH值为4.22,持水力为92.52%。综合以上得出:椰子酸奶凝固较好,酸甜比适宜,持水力较强,同时椰子香味和发酵香气较典型,品质优良。

关键词:椰奶;凝固型椰子酸奶;风味物质;品质分析

Abstract: Solid-phase microextraction (SPME) combined with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was employed to analyze the flavor compounds of set-type coconut yogurt. The organic acids were analyzed by high performance liquid chromatography. The quality of coconut yogurt was evaluated by texture analyzer, sensory analysis and physico-chemical analysis. Results showed that the flavor components of coconut milk increased after lactic acid fermentation, the contents of esters and acids in the coconut yogurt decreased by 7.38% and 6.88%, the contents of alcohols, terpenes, ketones and alkanes increased by 8.14%, 0.81%, 5.21% and 0.13%, respectively. The content of lactic acid in coconut yogurt increased to 11.3 g/L. The texture parameters of hardness, viscosity, cohesion and chewiness in coconut

yogurt were 2.15 N, 13.13 N·s, 0.317 and 0.57 N, respectively. The coconut yogurt had the solid content of 14.8 °Brix, the acidity of 80.47 g/L with pH 4.22, and water holding capacity of 92.52%. In general, the coconut yogurt set well and showed typical coconut flavor and fermentation aroma.

Keywords: coconut milk; set-type coconut yogurt; flavour component; quality analysis

椰子酸奶是以椰奶为主要原料,经乳酸菌发酵得到的植物基酸奶,兼具乳酸菌和椰奶的双重保健特性以及独特的风味口感。目前关于椰子酸奶的研究大多集中在其工艺条件,胡志勇等^[1]通过优化椰奶和奶粉的配比,采用植物乳杆菌得到了一款风味独特的搅拌型椰子酸奶;Sanful等^[2]研究了椰奶的添加对酸奶的影响,认为椰奶的添加可增加消费者对酸奶的接受程度;Yaakob等^[3]运用响应面法优化了搅拌型椰子酸奶的发酵温度、发酵时间和接种量;Yuliana等^[4]利用乳酸菌发酵椰奶,得到了一款品质较好的椰奶发酵饮料;Shana等^[5]将椰奶加入到Dahi(发酵食品),经感官分析具有良好的接受性。尚未见关于凝固型椰子酸奶的报道。

试验拟通过运用GC-MS分析椰子酸奶的香气成分,通过高效液相色谱仪、质构仪和感官评价对椰子酸奶的品质(有机酸、质构、口感)进行分析,以期为研究椰子酸奶及其工业化生产提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料

椰奶:海南菲诺食品有限公司;
氢氧化钠:分析纯,国药集团试剂有限公司;
甲酸、乙酸、L-乳酸、L-苹果酸:色谱纯,阿拉丁试剂有限公司;
柠檬酸、琥珀酸、丙酮酸:色谱纯,美国Sigma-Aldrich公司。

1.2 主要仪器与设备

质构仪:TA.XT型,英国Stable Micro System公司;

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:31760456,31660458)

作者简介:王庆科,男,海南大学在读硕士研究生。

通信作者:李从发(1967—),男,海南大学教授,博士。

E-mail: congfa@vip.163.com

收稿日期:2019-05-20

pH 计: Delta320-S 型, 梅特勒—托利多仪器有限公司;

智能型生化培养箱: SPX 型, 上海一恒科技有限公司;

萃取针: SPME 型, 75 μm CAR/PDMS 涂层的纤维头, 美国 Supelco 公司;

气相色谱—质谱联用仪: 7890A 型, 美国 Agilent 公司;

高效液相色谱仪: 1260 型, 美国 Agilent 公司。

1.3 椰子酸奶发酵工艺流程

椰奶 \rightarrow 调配(白砂糖 7%、乳清蛋白 1.5%、羟丙基二淀粉磷酸酯 0.3%) \rightarrow 混合 \rightarrow 预热(60 $^{\circ}\text{C}$) \rightarrow 均质(30 MPa, 20 min) \rightarrow 分装 \rightarrow 加热灭菌(85 $^{\circ}\text{C}$, 15 min) \rightarrow 冷却 \rightarrow 接种(保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌 3%) \rightarrow 发酵(42 $^{\circ}\text{C}$, 8 h) \rightarrow 冷藏后熟(4 $^{\circ}\text{C}$, 12 h) \rightarrow 成品

1.4 分析检测项目及方法

1.4.1 糖度的测定 采用手持糖度仪进行检测, 结果以 $^{\circ}\text{Brix}$ 表示。

1.4.2 总酸的测定 采用电位滴定法^[6]。

1.4.3 pH 值的测定 采用 pH 计法。

1.4.4 持水力的测定 根据文献^[7]。

1.4.5 椰子酸奶质构分析 根据文献^[8]。

1.4.6 椰子酸奶有机酸分析 根据参考文献^[9], 修改如下: 将 3 mL 样品与 50 μL 68% 硝酸混合, 用 1 mL 硫酸(0.49 g/L) 稀释, 离心(12 000 $\times g$) 20 min, 0.22 μm 滤膜过滤, 保存待用。以浓度为 0.49 g/L H_2SO_4 作为流动相, 控制流速 0.6 mL/min, 进样量 10 μL , 检测温度 55 $^{\circ}\text{C}$, 设置柱压 1 500 Pa, 检测波长 210 nm。将标准品和样品分别进样检测, 每个样品平均测定 3 次。

1.4.7 椰子酸奶香气分析 根据参考文献^[10], 修改如下: 采用顶空固相微萃取技术对椰子酸奶的风味物质进行萃取, 称取 2 g 样品于 20 mL 顶空瓶中, 并添加 100 mg/L 1,3-二氯苯溶液(内标) 50 μL , 密封, 水浴温度 60 $^{\circ}\text{C}$, 插入经过老化处理的固相微萃取头, 使萃取头处于样品之上 2 cm, 萃取 30 min 后取出, 迅速插入 GC-MS 联用仪的进样口, 于 250 $^{\circ}\text{C}$ 下解吸 3 min 后进行 GC-MS 分析。化合物定性: 未知化合物通过保留指数和 wiley7 n Database(Agilent Technologies Inc), 选择匹配度 >70 的化合物, 并结合已经发表的相关文献进行定性分析, 并采用内标法进行定量。

1.4.8 感官评定 参照 GB 19302—2010《食品安全国家标准 发酵乳》的相关内容对产品进行品评, 具体评价指标见表 1。

1.5 数据处理与统计分析

采用 Excel 2010 和 Origin 8.5 软件进行数据分析和作图, 独立进行 3 次平行试验, 结果以(平均值 \pm 标准差)表示。

表 1 椰子酸奶感官评价标准

Table 1 The sensory evaluation standard of coconut yogurt

项目	评分标准	分值
色泽 (10)	色泽呈乳白色, 色泽均匀, 有光泽	7~9
	色泽呈淡黄色	4~6
	色泽较深, 呈褐色	1~3
香气 (30)	椰子香气和发酵香气浓郁	21~30
	椰子香气和发酵香气较平淡、无异味	11~20
	椰子香气和发酵香气平淡、有异常气味	1~10
滋味 (30)	酸味和甜味比例适中	21~30
	过酸或过甜	11~20
	有其他异常滋味	1~10
组织状态 (30)	组织细腻、凝固型较好、无乳清析出	21~30
	组织细腻、凝固型一般、有少量乳清析出	11~20
	组织粗糙、凝固型稍差、乳清析出严重	1~10

2 结果与分析

2.1 香气成分

利用 SPME-GC-MS 技术从椰奶中鉴定出 13 种挥发性风味成分, 椰子酸奶中鉴定出 14 种挥发性风味成分。

由图 1 可知, 椰奶中挥发性香气物质主要为酸类(69.77%)、醇类(22.23%)、酯类(0.96%); 椰子酸奶主要挥发性香气物质为酸类(65.74%)、醇类(27.18%)、酮类(5.21%), 以及少量的酯类(0.96%)、萜烯(0.81%)和烷烃类(0.13%)。

由表 2 可知:

(1) 椰奶主要风味成分为酯类、醇类和酸类, 酯类中含量较高的分别为乙酸乙酯、丁位辛内酯、己酸乙酯和辛酸乙酯。其中, 乙酸乙酯具有菠萝的气味^[11], 丁位辛内酯具有桃子气味和椰子气味^[12], 醇类主要为 2,3-丁二醇, 呈水果味和洋葱气味^[13]; 酸类化合物含量较高的分别为乙酸、左旋乳酸、辛酸, 其中乙酸具有酸味, 辛酸具有奶酪气味^[12], 综上可知, 椰奶的香气特征主要为椰子香味和奶香味。桂青等^[14]基于 GC-MS 分析了浓缩椰浆的香气成分, 确定含量较高的 3 类物质是酯类、酸类和酮类, 与试验结果相似。Lin 等^[12]采用气相色谱和质谱联用技术分离鉴定了椰肉中的风味成分, 并确定了内酯和辛醛是椰肉的典型香气特征成分。对比试验结果, 表明椰奶经调配后与椰肉的风味成分有一定的差异。

(2) 椰子酸奶主要风味成分为醇类、酸类、酮类和酯类化合物, 与椰奶相比, 椰子酸奶的酸类、酯类和醇类化合物的种类减少, 萜烯类、酮类和烷烃类的种类增加。其中, 椰子酸奶的醇类化合物主要为 2,3-丁二醇, 呈水果味和洋葱气味^[14], 并且经乳酸菌发酵后 2,3-丁二醇含量明

表 2 椰奶和椰子酸奶的风味成分分析[†]

Table 2 The results of flavor component in coconut milk and set coconut yoghurt

类别	化合物名称	保留时间/min	含量/(mg·kg ⁻¹)	
			椰奶	椰子酸奶
酯类	乙酸乙酯	4.561	4.46	—
	己酸乙酯	10.983	0.79	—
	丁位己内酯	15.125	0.86	—
	辛酸乙酯	19.401	0.78	0.18
	丁位辛内酯	23.784	2.67	0.61
	癸酸乙酯	29.828	0.06	0.04
	丁位癸内酯	37.983	0.06	0.04
醇类	2,3-丁二醇	6.993	22.12	24.81
	乙酸	4.816	52.99	53.38
酸类	异戊酸	7.026	0.48	—
	左旋乳酸	8.451	17.83	2.49
	己酸	10.715	6.01	1.45
	辛酸	18.612	6.67	2.51
	甲位蒎烯	9.291	—	0.09
萜烯类	桉烯	10.725	—	0.11
	右旋柠檬烯	12.435	—	0.53
酮类	3-羟基-2-丁酮	5.483	—	4.75
烷烃类	桉叶素	12.648	—	0.12

† “—”未检出。

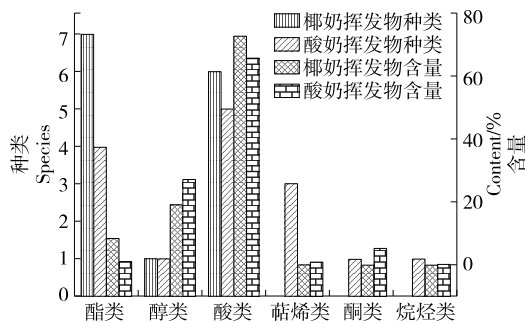


图 1 椰奶和椰子酸奶的风味成分比较

Figure 1 The comparison of flavor components in coconut milk and set coconut yoghurt

显增加,为 24.81 mg/kg;椰子酸奶香气成分中酸类化合物成分主要为乙酸、左旋乳酸、辛酸和己酸,其中乙酸呈酸味,辛酸具有奶酪气味^[15],乙酸经乳酸菌发酵后含量增加,为 53.38 mg/kg;左旋乳酸、辛酸和己酸经乳酸菌发酵后含量降低,分别为 2.49,2.51,1.45 mg/kg;椰子酸奶的酮类化合物主要为 3-羟基-2-丁酮,是乳酸菌发酵生成的新物质,含量为 4.75 mg/kg,具有令人愉快的奶香味和黄油味^[15];椰子酸奶中的主要酯类化合物为丁位-辛内酯、辛酸乙酯、癸酸乙酯、丁位癸内酯,其中丁位辛内酯、辛酸乙酯、癸酸乙酯和丁位癸内酯是呈现椰子气味典型风味物质^[12],酯类物质经过乳酸菌发酵后含量降低,但酯类化

合物阈值较低,仍对椰子酸奶的风味作用很大;椰子酸奶萜烯类风味物质主要为右旋柠檬烯、甲位蒎烯、桉烯,萜烯类物质是乳酸菌发酵后产生的新物质,其中右旋柠檬烯具有柑橘和薄荷的气味^[13],甲位蒎烯和桉烯具有松子油的气味^[16]。

综上所述,与椰奶香气成分相比,椰子酸奶中酯类、酸类化合物含量分别降低 7.38%,6.88%;醇类、萜烯类、酮类和烷烃类化合物含量分别提高 8.14%,0.81%,5.21%,0.13%,并且酮类和萜烯类化合物是乳酸菌发酵过程中产生的新物质,对椰子酸奶的风味具有良好的促进作用。椰奶经过乳酸菌发酵后,风味成分种类增加,同时确定了椰子酸奶的主要香气特征为椰子味、奶香味和清淡的酸味。

2.2 有机酸含量

由表 3 可知,椰奶中检测到了 3 种有机酸,分别为乳酸、苹果酸和延胡索酸,椰子酸奶检测出了 4 种有机酸,分别为乳酸、草酸、琥珀酸和延胡索酸。苹果酸经发酵后显著降低,推测由于预处理(加热或者均质)降低了其含量^[17]。其中乳酸经发酵后含量显著增加,可提高酸奶的酸味和芳香的口味,同时,草酸和琥珀酸是乳酸菌发酵过程中新生成的有机酸^[18],可增加椰子酸奶酸味的层次性。

2.3 质构指标

由表 4 可知,椰奶经乳酸菌发酵后,硬度、黏性和咀嚼性明显提高,其中硬度、黏性和咀嚼性分别提高了 3.06 N,21.00 N·S 和 0.03 N。与市售酸奶(卡士鲜酪乳)相比,椰子酸奶的硬度、黏性和内聚性均高于市售酸奶的,但椰子酸奶的咀嚼性数值低于市售酸奶的。表明椰子酸奶的整体凝固性较好,较黏稠,符合凝固型酸奶质构特性。

2.4 理化指标与微生物指标

由表 5 可知,椰奶经乳酸菌发酵后 pH 和糖度降低,酸度增大,并且椰子酸奶的酸度为 80.47 g/L、活菌数为

表 3 椰奶和椰子酸奶有机酸含量分析[†]

Table 3 The content of organic acids in coconut milk and coconut yoghurt g/L

样品	乳酸	苹果酸	草酸	琥珀酸	延胡索酸	合计
椰奶	2.72	0.08	—	—	0.03	2.83
椰子酸奶	11.30	—	0.07	0.07	0.02	11.46

† “—”表示未检出。

表 4 椰奶和椰子酸奶质构分析

Table 4 The texture analysis of coconut milk and coconut yoghurt

样品	硬度/N	黏性/(N·s)	内聚性	咀嚼性/N
椰奶	0.02±0.01	0.09±0.01	0.97±0.001	0.31±0.006
椰子酸奶	3.08±0.05	21.9±0.05	0.88±0.005	0.34±0.001
卡士鲜酪乳	1.39±0.02	2.17±0.02	0.55±0.002	0.69±0.003

表 5 椰奶和椰子酸奶理化和感官分析
Table 5 The quality analysis of coconut milk and coconut milk yogurt

类型	pH	酸度/(g · L ⁻¹)	糖度/°Brix	持水力/%	感官评分	活菌数/(10 ⁻² CFU · mL ⁻¹)
椰奶	6.38±0.01	15.40±0.30	16.37±0.30	—	—	—
椰子酸奶	4.22±0.01	80.47±0.20	14.82±0.20	92.52±0.10	85	8.6×10 ⁸
卡士鲜酪乳	4.32±0.02	98.87±0.50	19.30±0.30	93.12±0.31	84	1.0×10 ¹⁰

8.6×10⁸ CFU/100 mL,均符合 GB 19302—2010《食品安全国家标准 发酵乳》要求;椰子酸奶持水力为 92.52%,与市售卡士鲜酪乳接近。

3 结论

采用 SPME-GC-MS、HPLC、质构仪结合感官评价的方法系统分析了椰子酸奶发酵前后的品质变化。结果表明,椰奶经乳酸菌发酵后,酯类、酸类化合物相对含量显著降低,而醇类、萜烯类、酮类化合物和烷烃类化合物相对含量显著升高,其中酮类化合物、萜烯类化合物、草酸和琥珀酸是乳酸菌发酵过程中产生的新物质,确定了椰子酸奶以椰子香味、奶香味和淡淡酸味为主体的风味特征;同时,通过理化、质地和感官分析证实了椰子酸奶凝固性较好,酸甜比适宜,椰子香味突出,发酵香气浓郁,品质优良。但试验仅探讨了椰子酸奶风味和质地品质的变化,后续研究中可针对椰子酸奶的保存期限和微生物指标的变化做进一步研究。

参考文献

[1] 胡志勇, 郜佳雁, 周慧君, 等. 椰子酸奶发酵工艺[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(12): 135-138.
 [2] SANFUL R E. Promotion of coconut in the production of yoghurt[J]. African Journal of Food Science, 2009, 3(5): 147-149.
 [3] YAAKOB H, DAUD S K, MALEK R A, et al. Optimization of ingredient and processing levels for the production of coconut yogurt using response surface methodology[J]. Food Science and Biotechnology, 2012, 21(4): 933-940.
 [4] YULIANA N, RANGGA A. Manufacture of fermented coco milk-drink containing lactic acid bacteria cultures[J]. African Journal of Food Science, 2010, 4(9): 558-562.
 [5] SHANA R, SRIDHAR B S, ROOPA M C, et al. Optimization of a novel coconut milk supplemented dahi-a fermented milk product of Indian subcontinent[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(11): 7 486-7 492.
 [6] 中华人民共和国卫生部. GB 19302—2010 食品安全国家标准 发酵乳[J]. 北京: 中国标准出版社, 2010: 1-3.
 [7] REMEUF F, MOHAMMED S, SODINI I, et al. Preliminary observations on the effects of milk fortification and heating on microstructure and physical properties of stirred yogurt[J]. International Dairy Journal, 2003, 13(9): 773-782.
 [8] BHULLAR Y S, UDDIN M A, SHAH N P. Effects of in-

gredients supplementation on textural characteristics and microstructure of yoghurt[J]. Milchwissenschaft-milk Science International, 2002, 57(6): 328-332.
 [9] DONKOR O N, NILMINI S, STOLIC P, et al. Survival and activity of selected probiotic organisms in set-type yoghurt during cold storage[J]. International Dairy Journal, 2007, 17(6): 657-665.
 [10] LIN Xue, WANG Qing-ke, HU Xiao-ping, et al. Evaluation of different *Saccharomyces cerevisiae* strains on the profile of volatile compounds in pineapple wine[J]. Journal of Food Science and Technology-Mysore, 2018, 55(10): 4 119-4 130.
 [11] RYCHLIK M, SCHIEBERLE P, GROSCHE W. Compilation of odor thresholds, odor qualities and retention indices of key food odorants[J]. Supportive Care in Cancer Official Journal of the Multinational Association of Supportive Care in Cancer, 1998, 13(1): 5-17.
 [12] LING F M, WILKENS W F. Volatile flavor components of coconut meat[J]. Journal of Food Science, 2010, 35(5): 538-539.
 [13] JORDÁN M, MARGARÍA C, SHAW P, et al. Volatile components and aroma active compounds in aqueous essence and fresh pink guava fruit puree (*Psidium guajava* L.) by GC-MS and multidimensional GC/GC-O[J]. Journal of Agricultural Food Chemistry, 2003, 51(5): 1 421-1 426.
 [14] 桂青, 襍小凤. 基于 GC-MS 法的离心浓缩椰浆风味成分及脂肪酸组成分析[J]. 热带农业科学, 2016, 36(4): 77-81.
 [15] BARRON L J R, REDONDO Y, ORTIGOSA M, et al. Comparison of dynamic headspace methods used for the analysis of the volatile composition of Spanish PDO ewe's raw milk cheeses[J]. Dairy Science Technology, 2005, 85(6): 491-513.
 [16] MAYORGA H, KNAPP H, WINTERHALTER P, et al. Glycosidically bound flavor compounds of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.)[J]. Journal of Agricultural Food Chemistry, 2001, 49(4): 1 904-1 908.
 [17] TEMBO D T, HOLMES M J, MARSHALL L J. Effect of thermal treatment and storage on bioactive compounds, organic acids and antioxidant activity of baobab fruit (*Adansonia digitata*) pulp from Malawi[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2017, 58(1): 40-51.
 [18] TORMO M, IZCO J M. Alternative reversed-phase high-performance liquid chromatography method to analyse organic acids in dairy products[J]. Journal of Chromatography 2004, 1 033(2): 305-310.