

HS-SPME-GC-MS技术分析黑苦荞奶茶的挥发性成分

全令君, 迟雪露, 张晓梅, 艾娜丝*, 王 静, 孙宝国

(北京工商大学 北京食品营养与人类健康高精尖创新中心, 北京市食品添加剂工程技术研究中心,
北京市食品风味化学重点实验室, 北京 100048)

摘 要:以黑苦荞、鲜牛奶、白砂糖为原料制备黑苦荞奶茶, 采用双柱定性并结合固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术对其风味物质进行分离、鉴定。结果表明, DB-WAX极性柱分离鉴定出44种物质, HP-5MS弱极性柱分离鉴定出33种物质, 且HP-5MS弱极性柱分离得到的化合物相对含量较极性柱高。双柱共鉴定出57种挥发性成分, 包括吡嗪类15种、醛类6种、酮类5种、醇类3种、酯类3种、酸类3种、酚类3种、烯烃类2种、杂环及其他种类17种; 其中吡嗪类、醛类和杂环及其他种类的含量较多。

关键词:黑苦荞奶茶; 挥发性成分; 顶空固相微萃取; 气相色谱-质谱联用

Analysis of Volatile Compounds of Black Buckwheat Milk Tea by HS-SPME-GC-MS

TONG Lingjun, CHI Xuelu, ZHANG Xiaomei, AI Nasi*, WANG Jing, SUN Baoguo

(Beijing Advanced Innovation Center for Food Nutrition and Human Health, Beijing Engineering and Technology Research Center of Food Additives, Beijing Key Laboratory of Flavor Chemistry, Beijing Technology & Business University, Beijing 100048, China)

Abstract: Black buckwheat is widely used in many foods because it contains unique aroma components. This study aimed to prepare black buckwheat milk tea from black buckwheat tea infusion and fresh milk with added sugar. Volatile compounds were extracted by headspace-solid phase microextraction (HS-SPME) from black buckwheat milk tea and analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) using a polar DB-WAX column or an HP-5MS weak polar column. The results showed that 44 and 33 compounds were separated on the two columns, respectively, and the relative contents of volatile compounds separated on the HP-5MS column were higher than on the DB-WAX column. A total of 57 volatile compounds were identified by using these two columns, including 15 pyrazines, 6 aldehydes, 5 ketones, 3 alcohols, 3 esters, 3 acids, 3 phenols, 2 alkenes, 17 heterocyclic and other compounds. The prominent compounds were pyrazines, aldehydes, heterocyclic and other compounds.

Key words: black buckwheat milk tea; volatile aroma compounds; headspace-solid phase microextraction (HS-SPME); gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201716021

中图分类号: TS252.59

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2017) 16-0134-06

引文格式:

全令君, 迟雪露, 张晓梅, 等. HS-SPME-GC-MS技术分析黑苦荞奶茶的挥发性成分[J]. 食品科学, 2017, 38(16): 134-139. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201716021. <http://www.spkx.net.cn>

TONG Lingjun, CHI Xuelu, ZHANG Xiaomei, et al. Analysis of volatile compounds of black buckwheat milk tea by HS-SPME-GC-MS[J]. Food Science, 2017, 38(16): 134-139. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201716021. <http://www.spkx.net.cn>

苦荞麦又称鞑靼荞麦 (*Fagopyrum tataricum*) 为蓼科家族中荞麦属。苦荞依据外壳的色泽分为普通苦荞和黑苦

荞, 普通苦荞外壳为黄白色, 黑苦荞外壳呈深黑色^[1]。由于苦荞麦含有丰富且全面的营养物质 (如抗氧化物、蛋

收稿日期: 2016-09-23

基金项目: “十三五”国家重点研发计划重点专项 (2016YFD0401100); 北京工商大学青年教师科研启动基金项目 (QNJJ2016-16)

作者简介: 全令君 (1992—), 男, 硕士研究生, 研究方向为乳与乳制品风味。E-mail: m18754030882@163.com

*通信作者: 艾娜丝 (1986—), 女, 讲师, 博士, 研究方向为乳与乳制品风味。E-mail: ainasi@btbu.edu.cn

白质、膳食纤维、抗性淀粉)以及疾病的预防作用,因此最近成为主要的研究对象^[2-6]。中医认为:苦荞味甘、性凉,具有健脾除湿、清热解毒之功效^[7-8];目前,在传统医学上,苦荞麦的多个部位已经被用于一系列炎症、食欲不振等疾病的治疗^[9-10]。因苦荞麦中含有较多芦丁,具有降低毛细血管脆性、改善微循环的作用,在临床上用于糖尿病、高血压的辅助治疗^[9,11-12],黑苦荞中的芦丁含量是黄苦荞的3~5倍。近年来,随着人们生活水平的提高,人们的健康饮食观念变得越来越强;而极具营养和保健功能的黑苦荞保健及休闲食品越来越受到人们的喜爱。

本实验以黑苦荞茶、鲜牛奶为主料,以白砂糖为辅料,制备黑苦荞奶茶。并采用固相微萃取(headspace-solid phase microextraction, HS-SPME)-气相色谱-质谱(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)联用仪对黑苦荞奶茶的挥发性成分进行分析,运用双柱定性法(DB-WAX和HP-5MS)对黑苦荞奶茶中挥发性物质进行全面的分离鉴定,为黑苦荞奶茶的品质控制及其食用安全性,开发黑苦荞功能性食品提供基础数据和理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鲜牛奶样品采自北京三元食品有限公司所属牧场泌乳期荷斯坦乳牛,并将样品转移至避光容器中置于手提式的冷藏盒中,并在2 h之内运回实验室,立即采用MilkoScan™ Minor小型乳成分分析仪测试(质量分数)鲜牛奶脂肪为3.40%、蛋白质为3.10%、乳糖为3.70%。测试结束后置于(4±1)℃冰箱,然后进行后期实验。

黑苦荞茶 四川环太实业有限责任公司;白砂糖(食品级)、羧甲基纤维素钠(carboxyl methyl cellulose, CMC)(分析纯)、单甘酯(分析纯)、正构烷烃(色谱纯) 北京百灵威科技有限公司。

1.2 仪器与设备

ME104电子分析天平 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;CR22N高速离心机 日本Hitachi公司;APV-1000型高压均质机(实验型) 美国SPX集团APV德国工厂;T25 digital数显型高速分散机 德国IKA集团;DF-101S集热式恒温加热磁力搅拌器 巩义市予华仪器有限责任公司;手动SPME进样器、固定搭载装置及65 μm PDMS/DVB纤维 美国Supelco公司;7890-5975 GC-MS联用仪、DB-WAX(30.0 m×320 μm, 0.25 μm)色谱柱、HP-5MS(30.0 m×250 μm, 0.25 μm)色谱柱 美国安捷伦科技有限公司。

1.3 方法

1.3.1 黑苦荞奶茶的制备

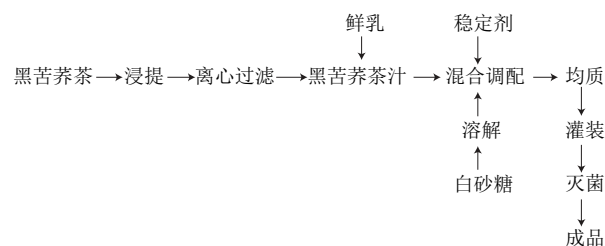


图1 黑苦荞奶茶的制备工艺流程图

Fig. 1 Flow chart for preparing black buckwheat milk tea

黑苦荞奶茶的制备工艺流程图如图1所示,工艺操作要点包括:1)黑苦荞茶汁的浸提:挑选品质较好的黑苦荞茶,按料水比1:50(g/mL)加入具塞瓶中。将其放在85℃的水浴锅中浸提10 min,浸提过程中适当拧上具塞瓶瓶盖,避免香气流失。浸提结束后,用粗纱布过滤,备用^[13];2)离心过滤:将上述制备好的黑苦荞茶汁在3 000 r/min离心12 min,并用粗纱布过滤,备用^[13];3)混合调配:将黑苦荞茶汁、鲜牛奶、白砂糖水、单甘脂及CMC按一定的比例混合^[14];4)均质:将混合后的黑苦荞奶茶用高速分散机进行初级均质,然后进行加压均质,均质压力为20 MPa^[15],使产品分散均一,增加产品的稳定性;5)灭菌:将均质好的黑苦荞奶茶进行巴氏杀菌,4℃储存备用。

1.3.2 仪器分析条件

SPME条件:取10 mL制备好的黑苦荞奶茶样品放入顶空瓶中,加入2.0 g NaCl,加入转子,最后用聚四氟乙烯隔垫密封;50℃水浴平衡20 min,插入SPME于顶空瓶中,推出SPME纤维头进行吸附,吸附30 min;取出SPME迅速插入GC-MS进样口解吸5 min,进行GC-MS分离、分析、鉴定。

GC条件:采用双柱定性法对苦荞奶茶中的挥发性成分进行分析。载气(He)流速1 mL/min;不分流进样;进样口温度250℃,初始温度35℃,保持1 min,以3℃/min的速率升温到110℃,保持2 min,然后以15℃/min的速率升温到200℃,保持2 min,后运行1 min。

MS条件:离子源温度230℃,四极杆温度150℃,电离方式为电子电离源,电子能量70 eV,质量扫描范围m/z 30~350,扫描模式为全扫描。

1.3.3 定性定量分析

定性分析:采用NIST2011和Demo谱库检索,结合保留指数(retention index, RI),并使用双柱进行分析鉴定,双柱定性有效地避免了单一色谱柱存在的分离局限性。保留指数计算公式:

$$RI=100N+100\frac{t_{Ra}-t_{RN}}{t_{R(N+1)}-t_{RN}}$$

式中： N 和 $N+1$ 分别为未知物流出前后正构烷烃的碳原子数； t_{RN} 和 $t_{R(N+1)}$ 分别为相应正构烷烃的保留时间； t_{Ra} 为未知物在气相色谱中的保留时间，其中 $t_{RN}<t_{Ra}<t_{R(N+1)}$ 。

定量分析：采用峰面积归一化法确定黑苦荞奶茶中各挥发性化合物的相对含量。

2 结果与分析

2.1 黑苦荞奶茶挥发性组分在不同极性色谱柱中的分离效果

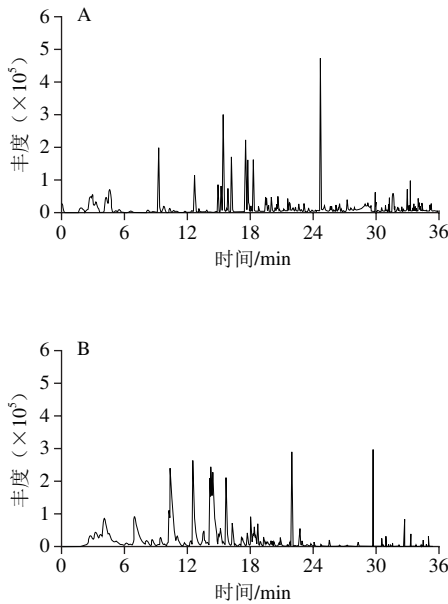


图2 黑苦荞奶茶在DB-WAX色谱柱(A)和HP-5MS色谱柱(B)上的总离子流图

Fig. 2 Total ion current (TIC) chromatograms of volatile compounds of black buckwheat milk tea on DB-WAX (A) and HP-5MS (B) column

采用SPME结合GC-MS分析，并使用DB-WAX和HP-5MS两种不同极性的色谱柱对黑苦荞奶茶挥发性成分进行分离，相应的GC-MS总离子流图如图2所示。通过DB-WAX色谱柱分离得到的挥发性化合物在出峰时间上分布比较均匀，分离效果较好，且出峰个数较多；而通过HP-5MS色谱柱分离得到的黑苦荞奶茶挥发性化合物出峰时间相对靠前，出峰数量相对较少，另外图2B中保留时间靠后的几个化合物并非黑苦荞奶茶中的挥发性组分，而是色谱柱流失造成的硅氧烷化合物。初步表明，黑苦荞奶茶挥发性化合物在DB-WAX色谱柱上分离效果较好。

2.2 黑苦荞奶茶挥发性成分的定性定量分析

表1 黑苦荞奶茶中挥发性成分的GC-MS联用分析结果
Table 1 Analysis of volatile compounds in black buckwheat milk by GC-MS

序号	化合物	匹配度/%		相对含量/%		RI (计算值/文献值)		定性方法
		DB-WAX	HP-5MS	DB-WAX	HP-5MS	DB-WAX	HP-5MS	
醛类								
1	2-甲基丁醛	83	78	1.92	2.43	915	675/654	MS、RI
2	苯甲醛	—	64	—	0.50	—	959/961	MS、RI
3	5-甲基糠醛	83	90	6.63	9.4	1 537/1 521	964/961	MS、RI
4	苯乙醛	93	91	0.88	1.77	1 600/1 614	1 043/1 042	MS、RI
5	壬醛	83	86	0.23	0.56	1 373/1 369	1 105/1 104	MS、RI
6	癸醛	80	68	0.21	0.21	1 477/1 485	1 206/1 205	MS、RI
总量				9.87	14.87			
醇类								
1	2-乙基己醇	—	83	—	4.97	—	1 030/1 039	MS、RI
2	正辛醇	—	72	—	0.08	—	1 270	MS
3	己醇	—	74	—	0.72	—	874/866	MS、RI
总量				0	5.77			
酯类								
1	乙酸乙酯	74	64	2.62	0.41	892/884	629	MS、RI
2	乙酸正丙酯	74	74	2.49	1.36	971	721	MS
3	甲酸辛酯	—	93	—	1.13	—	1 073	MS
总量				5.11	2.90			
酸类								
1	己酸	78	64	0.14	2.08	1 764	986	MS
2	辛酸	64	94	0.15	1.19	1 922	1 178/1 178	MS、RI
3	月桂酸	—	98	—	0.21	—	1 375	MS
总量				0.29	3.48			
酮类								
1	2-庚酮	78	90	0.68	0.90	1 164/1 165	895/898	MS、RI
2	苯乙酮	—	72	—	0.51	—	1 065/1 079	MS、RI
3	2-壬酮	—	93	—	1.20	—	1 093/1 086	MS、RI
4	2-十一酮	—	91	—	0.14	—	1 294/1 288	MS、RI
5	6-甲基-5-庚烯-2-酮	64	—	0.11	—	1 316/1 313	—	MS、RI
总量				0.79	2.75			
酚类								
1	4-氨基-3-甲基苯酚	86	—	0.06	—	1 697	—	MS
2	苯酚	86	—	0.13	—	1 865	—	MS
3	对甲苯酚	87	—	0.10	—	1 939	—	MS
总量				0.29	0			
烯烃类								
1	石竹烯	—	91	—	0.06	—	1 424/1 410	MS、RI
2	甲苯	90	—	0.31	—	1 027/1 028	—	MS、RI
总量				0.31	0.06			
吡嗪类								
1	2,5-二甲基吡嗪	83	86	1.47	0.71	1 298/1 300	912	MS、RI
2	2,6-二甲基吡嗪	83	80	1.39	2.38	1 304/1 302	914/923	MS、RI
3	乙基吡嗪	91	86	5.26	5.63	1 309	916	MS
4	2-乙基-6-甲基吡嗪	91	83	3.26	2.89	1 361	998/992	MS、RI
5	2-乙基-5-甲基吡嗪	91	87	2.61	5.27	1 366	1 000/1 012	MS、RI
6	2-乙基-6-甲基吡嗪	83	78	0.46	0.38	1 459	1 016/1 030	MS、RI
7	2,6-二乙基吡嗪	83	90	0.59	1.73	1 346	1 079/1 078	MS、RI
8	5H-5-甲基-6,7-二氢环戊基吡嗪	—	91	—	0.57	—	1 138	MS
9	甲基吡嗪	83	52	2.74	1.49	1 243/1 247	828/820	MS、RI
10	2,3-二甲基吡嗪	78	—	1.19	—	1 320/1 345	—	MS、RI
11	2-丙基吡嗪	91	—	0.25	—	1 391	—	MS

续表1

序号	化合物	匹配度/%		相对含量/%		RI (计算值/文献值)		定性方法
		DB-WAX	HP-5MS	DB-WAX	HP-5MS	DB-WAX	HP-5MS	
12	3-乙基-2,5-二甲基吡嗪	91	—	0.66	—	1 420	—	MS
13	2,3-二乙基吡嗪	91	—	0.13	—	1 429	—	MS
14	2,5-二乙基吡嗪	76	—	0.31	—	1 433	—	MS
15	环己烷并吡嗪	83	—	0.21	—	1 508	—	MS
总量				20.53	21.05			
杂环及其他类								
1	2-乙酰呋喃	83	—	0.15	—	1 471/1 459	—	MS、RI
2	2,4,5-三甲基唑	64	68	0.41	0.52	1 183	859/839	MS、RI
3	1-乙基-1 <i>H</i> -吡咯-2-甲醛	72	—	0.21	—	1 569	—	MS
4	1-甲基-1 <i>H</i> -吡咯-2-甲醛	83	—	0.18	—	1 578	—	MS
5	1-甲基-2-吡咯甲醛	86	—	0.11	—	1 958	—	MS
6	2-乙酰吡咯	91	81	0.45	0.62	1 830/1 619	1 062/1 059	MS、RI
7	1-甲基吡咯	83	—	0.30	—	1 120	—	MS
8	3-乙基吡咯	86	—	0.21	—	1 159	—	MS
9	1,3-二噻	90	—	0.12	—	1 192	—	MS
10	2-甲基-1,3-苯乙胺	72	—	2.39	—	1 378	—	MS
11	十九烷	—	83	—	0.03	—	1 599	MS
12	二十六烷	—	78	—	0.15	—	1 698	MS
13	2-乙酰基吡啶	90	—	0.34	—	1 563	—	MS
14	1- (1-甲基-1 <i>H</i> -吡咯-2-基) 乙酮	86	—	0.13	—	1 623	—	MS
15	1-甲基萘	60	—	0.05	—	1 761/1 798	—	MS、RI
16	苯并噻唑	80	—	0.09	—	1 813	—	MS
17	6-戊基-2 <i>H</i> -四氢吡喃-2-酮	78	—	0.19	—	2 060	—	MS
总量				5.33	1.32			

由表1可知,两种柱子共计从黑苦荞奶茶中初步鉴定出57种挥发性成分,其中醛类6种,酮类5种,酸类、酯类、醇类及酚类各3种,烯炔类2种,吡嗪类15种,杂环及其他类17种,相对含量较大的有乙酸乙酯、乙酸丙酯、乙基吡嗪、2-乙基-6-甲基吡嗪、2-乙基-5-甲基吡嗪、2-甲基-1,3-苯乙胺、己酸、2-乙基己醇、2-甲基丁醛和5-甲基糠醛。黑苦荞奶茶中含有大量的吡嗪类物质,其中强极性柱(DB-WAX)分离得到14种,含量为20.53%,而弱极性柱(HP-5MS)分离得到9种,含量为21.05%。

如图3所示,黑苦荞奶茶中挥发性化合物两种极性不同色谱柱分离后其数量和相对含量的差异。通过DB-WAX柱共鉴定出44种化合物,其中,吡嗪类和醛类的相对含量较多;而HP-5MS色谱柱共检测出33种物质,有11种组分在HP-5MS色谱柱上未被检测到,其中相对含量较多的组分为吡嗪类、醛类和醇类。

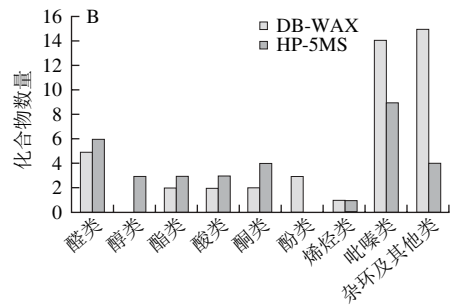
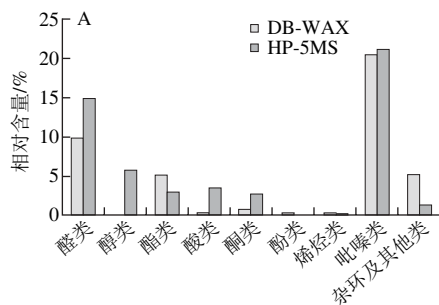


图3 黑苦荞奶茶挥发性成分中各物质种类的相对含量(A)和数量(B)对比

Fig. 3 Comparison of relative contents and kinds of volatile compounds in black buckwheat milk identified using DB-WAX and HP-5MS column

2.3 黑苦荞奶茶中的风味成分分析

本研究从黑苦荞奶茶中共检测到9类化合物,包括醛类、醇类、酯类、酸类、酮类、酚类、烯炔类、吡嗪类和杂环及其他类化合物。吡嗪类挥发性成分含量最高,在DB-WAX柱中占挥发性成分总量的20.53%,在HP-5MS柱中占21.05%;其中乙基吡嗪、2-乙基-6-甲基吡嗪和2-乙基-5-甲基吡嗪在两柱中含量均较高,且其风味阈值极低^[16],可能对黑苦荞奶茶特有的香气具有较大贡献。其次是醛类化合物,在DB-WAX柱中占挥发性成分总量的9.87%,在HP-5MS柱中为14.87%,包括3种饱和脂肪醛(2-甲基丁醛、壬醛和癸醛)和3种芳香醛(苯甲醛、苯乙醛和5-甲基糠醛)。黑苦荞奶茶中的芳香醛,不仅可以作为奶茶香气的重要组成部分,而且具有一定的防腐和抑菌能力^[17],可能会对黑苦荞奶茶的保存产生重要影响。醇类、酯类、酸类、酮类、酚类和烯炔类化合物经两种色谱柱分离后无论在含量上还是数量上均较低,且两种色谱柱对上述几种组分的分离效果也有所差异;从相对含量而言,经同一色谱柱分离后其含量呈依次递减趋势;从化合物数量而言,几乎无显著性变化。醇类、酯类、酸类、酮类、酚类和烯炔类化合物均为牛乳和黑苦荞茶中常见的风味组分^[18-21],其阈值较低,对黑苦荞奶茶的风味也会产生不可替代的作用。

3 讨论

奶茶最重要的品质特性就是奶茶香气,奶茶香气的成分一部分来自于所用的基础材料,另一部分则由加工过程产生^[22]。苦荞茶因具有独特的风味和较好的保健功能,备受广大消费者青睐。目前,研究人员对苦荞茶的风味研究并未明确对材料进行分类^[19-23],只依据材料生长地域将苦荞茶分为黄苦荞茶和黑苦荞茶,一般,生长于海拔1 500 m以上山区的为黄苦荞,而生长于海拔3 000 m以上的云贵川高寒山区为黑苦荞^[24]。从挥发性组分的分析角度而言,对黄苦荞茶挥发性化合物的研究报道较多^[19-21],

而对黑苦荞茶风味化合物的研究甚少^[23]；两者的挥发性化合物也存在一定的差异。黄苦荞茶的主要香气物质种类为烃类、醛类和杂环类组成^[20]；而黑苦荞茶的主要香气物质为烷烃类、醛类、烯烃类、杂环类和吡嗪类^[23]。

本研究中黑苦荞奶茶的风味化合物主要有吡嗪类、醛类、醇类、酯类、酸类、酮类、酚类、烯烃类及一些杂环化合物，其中吡嗪类的相对含量最高，是黑苦荞奶茶中较为重要的风味化合物，但牛乳中并不存在吡嗪类风味化合物^[18,25-26]，这可能与黑苦荞茶的焙炒工艺有关，有文献报道经焙炒工艺生产的黑苦荞茶中吡嗪类物质含量丰富，在焙炒过程中吡嗪环上的氢原子可以被烷基、酰基或烷基基所取代，易产生焦香味、烘烤味、清香味等各种食品风味^[23]，此外黑苦荞茶中分离检测到的2,5-二甲基吡嗪具有可香气^[27-29]，对黑苦荞奶茶的特殊风味贡献较大。

黑苦荞奶茶中的醛类化合物相对含量仅次于吡嗪类物质，醛类化合物大部分来源于脂肪酸的氧化、氨基酸以及Strecker的降解。黑苦荞奶茶中的苯乙醛是Strecker降解产生的，并存在于多数热加工产品中^[30]。黑苦荞奶茶中的壬醛、5-甲基糠醛和苯乙醛具有玫瑰花香、焦糖香和青香气味，是黑苦荞奶茶风味中不可或缺的一部分。酯类、酮类、醇类、酸类和杂环及其他化合物在黑苦荞奶茶中的含量相对较小，不同种类的化合物产生的气味不同，可能使黑苦荞奶茶的风味更加饱满。如：酯类化合物可以赋予食品特有的酯香味，使其具有更加柔和的果香香气^[31]。酮类、醇类和酸类物质是牛乳中普遍存在的芳香化合物，它们会赋予黑苦荞奶茶水果味、花香味及甜味，使黑苦荞奶茶风味更丰富。据文献报道，酮类、醇类和酸类物质存在于黑苦荞茶中，但无论是在牛奶中^[18]还是黑苦荞茶中^[23]，这3类化合物的相对含量与黑苦荞奶茶相比，都发生了相应的变化。牛奶和黑苦荞茶中酮类和醇类化合物的相对含量显著低于黑苦荞奶茶中的相对含量，但牛奶和苦荞中的酸类化合物显著高于黑苦荞奶茶中的相对含量，这可能是黑苦荞奶茶制备工艺中茶水的浸提温度影响部分低分子质量的酸类物质的挥发所致。杂环及其他化合物在奶茶中种类最多，含量较少，但也是黑苦荞奶茶中不可或缺的一部分；如呋喃以及含氮的杂环化合物具有甜香和焦糖香味，可以协调黑苦荞奶茶的整体风味。酚类和烯烃类化合物在黑苦荞奶茶中其相对含量和种类均最低，但这些化合物也对黑苦荞奶茶的呈香扮演着重要的作用，例如石竹烯具有辛香、木香和丁香香气。

4 结 论

本实验通过HS-SPME-GC-MS技术分析制备所得的黑苦荞奶茶挥发性成分，并结合两个不同极性的色谱柱

(DB-WAX和HP-5MS)进行分离、鉴定。结果表明：从黑苦荞奶茶中共检测到57种化合物，其中吡嗪类和醛类化合物含量最高，是黑苦荞奶茶风味的重要组成部分；经DB-WAX柱分离出44种香气组分，而HP-5MS柱只检测出33种组分，相对而言，DB-WAX色谱柱对黑苦荞奶茶挥发性成分的分离效果较好，较适合对其进行初步分离、鉴定。

参考文献：

- [1] JING R, LI H Q, HU C L, et al. Phytochemical and pharmacological profiles of three *Fagopyrum* buckwheats[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2016, 17(4): 589. DOI:10.3390/ijms17040589.
- [2] GUO X D, WU C S, MA Y J, et al. Comparison of milling fractions of tartary buckwheat for their phenolics and antioxidant properties[J]. Food Research International, 2012, 49(1): 53-59. DOI:10.1016/j.foodres.2012.07.019.
- [3] LIU H, LÜ M, PENG Q, et al. Physicochemical and textural properties of tartary buckwheat starch after heat-moisture treatment at different moisture levels[J]. Starch-Starke, 2015, 67(3/4): 276-284. DOI:10.1002/star.201400143.
- [4] QIN P, WANG Q, SHAN F, et al. Nutritional composition and flavonoids content of flour from different buckwheat cultivars[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2010, 45(5): 951-958. DOI:10.1111/j.1365-2621.2010.02231.x.
- [5] 贾冬英, 姚开, 张海均. 苦荞麦的营养与功能成分研究进展[J]. 粮食与饲料工业, 2012(5): 25-27.
- [6] LV L J, XIA Y, ZOU D Z, et al. *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.: a review on its traditional uses, phytochemical and pharmacology[J]. Food Science and Technology Research, 2017, 23(1): 1-7. DOI:10.3136/fstr.23.1.
- [7] 王丽娟, 魏涛, 尹何南, 等. 超声波辅助提取黑苦荞黄酮类化合物及其抗氧化活性研究[J]. 粮食与油脂, 2014, 27(9): 26-29.
- [8] 郎桂常. 苦荞麦的营养价值及其开发应用[J]. 中国粮油学报, 1996(3): 9-14.
- [9] ZHU F. Chemical composition and health effects of tartary buckwheat[J]. Food Chemistry, 2016, 203(14): 231-245. DOI:10.1016/j.foodchem.2016.02.050.
- [10] ZHENG C, HUA C, MA X, et al. Cytotoxic phenylpropanoid glycosides from *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.[J]. Food Chemistry, 2012, 132(1): 433-438. DOI:10.1016/j.foodchem.2011.11.017.
- [11] 林兵, 胡长玲, 黄芳, 等. 苦荞麦的化学成分和药理活性研究进展[J]. 现代药物与临床, 2011, 26(1): 29-32.
- [12] FABIAN N, RODE J, KOSIR I J, et al. Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) as a source of dietary rutin and quercitrin[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(22): 6452-6455. DOI:10.1021/jf034543e.
- [13] 韩翠萍, 秦培正, 汤慧娟. 姜香奶茶的加工工艺研究[J]. 中国乳品工业, 2013, 41(10): 52-54.
- [14] 王静波, 赵江林, 彭镰心, 等. 苦荞花生奶茶的研制[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(9): 44-47. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2013.09.012.
- [15] 程军强, 何冬丽. 核桃奶茶的研制[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(2): 142-143. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2004.02.034.
- [16] 晁建平. 重要的食品杂环香料: 吡嗪类化合物[J]. 精细石油化工, 1994(4): 44-47.
- [17] 孙洁雯, 刘玉平, 孙宝国, 等. 食用芳香醛类香料的防腐抑菌性能[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(9): 57-62. DOI:10.13995/j.cnki11-1802/ts.201509011.

- [18] 艾娜丝, 仝令君, 张晓梅, 等. 全脂乳与脱脂乳挥发性风味成分对比分析[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(11): 1-6. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2016.11.001.
- [19] 余丽, 王灼琛, 程江华, 等. SDE/SPME-GC-MS分析苦荞的挥发性香气成分[J]. 中国酿造, 2015, 34(2): 148-152. DOI:10.11882/j.issn.0254-5071.2015.02.033.
- [20] 余丽, 王灼琛, 程江华, 等. 苦荞糊和苦荞茶挥发性香气成分分析[J]. 中国酿造, 2014, 33(10): 67-71. DOI:10.11882/j.issn.0254-5071.2014.10.016.
- [21] 王灼琛, 余丽, 程江华, 等. 苦荞粉、苦荞壳及苦荞麸皮挥发性成分分析[J]. 食品科技, 2014, 39(11): 172-177. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2014.11.036.
- [22] 李丹, 曹潘荣, 马红彦. 奶茶风味品质形成的研究进展[J]. 广东茶业, 2014(6): 8-11.
- [23] 隋秀芳, 李祥, 秦礼康, 等. 蒸煮和焙炒整米苦荞茶香气成分分析及生产过程中主要化学成分的去向[J]. 食品科学, 2012, 33(22): 269-273.
- [24] 孙倩. 黑苦荞[J]. 中国食品, 2012(11): 59. DOI:10.3969/j.issn.1000-1085.2012.11.017.
- [25] 代敏. 保鲜乳挥发性风味物质的分析与调控[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2006.
- [26] 艾娜丝, 张晓梅, 仝令君, 等. SDE与SAFE分析全脂巴氏乳挥发性成分[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(13): 109-112. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2016.10.027.
- [27] HELENA P, META K, DAMJAN J, et al. Comparison of isolation methods for the determination of buckwheat volatile compounds[J]. Food Chemistry, 2010, 121(1): 298-306. DOI:10.1016/j.foodchem.2009.12.014.
- [28] DAMJAN J, DRAGANA K, SAMO K, et al. Identification of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) aroma compounds with GC-MS[J]. Food Chemistry, 2009, 112(1): 120-124. DOI:10.1016/j.foodchem.2008.05.048.
- [29] 肖天鹏, 郑晓峰, 吕吉鸿, 等. 顶空-固相微萃取-气相色谱法检测可可麦汁中吡嗪类化合物[J]. 分析化学, 2012, 40(10): 1589-1592. DOI:10.3724/SP.J.1096.2012.20324.
- [30] KATJA B, CHRISTINA P, PETER S. Influence of water on the generation of Strecker aldehydes from dry processed foods[J]. European Food Research and Technology, 2010, 230(3): 375-381. DOI:10.1007/s00217-009-1169-y.
- [31] 马艳丽, 曹雁平, 杨贞耐, 等. SPME-GC-MS检测不同中西方奶酪的挥发性风味物质及比较[J]. 食品科学, 2013, 34(20): 103-107. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201320020.