

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2020.02.037

烘焙温度对可可豆苦涩味的影响

The effect of baking temperature on the bitter taste of cocoa beans

刘 哲¹ 刘志华² 王亚明¹ 张凤梅²

LIU Zhe¹ LIU Zhi-hua² WANG Ya-ming¹ ZHANG Feng-mei²

(1. 昆明理工大学化学工程学院, 云南 昆明 650106; 2. 云南中烟工业有限责任公司技术中心, 云南 昆明 650231)

(1. Faculty of Chemical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan 650106, China; 2. Yunnan Key Laboratory of Tobacco Chemistry, Yunnan Academy of Tobacco Science, Kunming, Yunnan 650231, China)

摘要: 对不同烘焙温度下的可可豆进行致苦涩味物质分离分析, 基于感官评价和相对香味活力值的概念筛选出参与可可豆苦涩味形成的主要组分, 并结合热裂解—气质联用技术研究烘焙温度上升时可可豆挥发性物质的变化规律。结果表明: ① 可可豆提取物苦涩味流分共检测出 55 种挥发性成分, 其中醇类 7 种, 酸类 5 种, 酯类 9 种, 醛类 8 种, 酮类 6 种, 烯烃类 2 种; ② 致苦涩味的关键组分为 2-甲基丙醛、2-甲氧基苯酚、2-庚醇、戊醛、2-戊酮、苯甲醛、2,5-二甲基-4-羟基-3(2H)-咪唑酮, 修饰组分为 3-甲基丁醇、2,3-二甲基-5-乙基吡嗪、2,5-二甲基吡嗪、2,3-二甲基吡嗪、2-甲基丙醇; ③ 130~135 ℃ 为降低可可豆苦涩味的最佳烘焙温度。

关键词: 可可豆; 致苦涩味物质; 挥发性成分; 烘焙温度

Abstract: In this experiment, the bitter taste substances of cocoa beans at different baking temperatures were separated, and then analyzed. Based on the concept of sensory evaluation and relative flavor activity value, the main components involved in the formation of bitter taste of cocoa beans were screened out. The change rule of volatile substances of cocoa beans during baking was compared with the technology of pyrolysis GC-MS. The results showed that: ① there were 55 volatile components in the bitter and astringent flavor of cocoa bean extract, including 7 alcohols, 5 acids, 9 esters, 8 aldehydes, 6 ketones and 2 alkenes; ② the key components of bitter and astringent flavor were 2-methylpro-

pionaldehyde, 2-methoxyphenol, 2-heptanol, glutaraldehyde, 2-pentanone, benzaldehyde, 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone, and the modified group can be divided into 3-methylbutanol, 2,3-dimethyl-5-ethylpyrazine, 2,5-dimethylpyrazine, 2,3-dimethylpyrazine and 2-methylpropanol; ③ 130~135 ℃ is the best baking temperature to reduce the bitter and astringent taste of cocoa bean.

Keywords: cocoa beans; bitter substances; volatile components; baking temperature

可可 (*Theobroma cacao* L.) 是一种梧桐科常绿乔木, 主要产于中南美洲、西非及东南亚等地, 中国从 20 世纪 20 年代开始引进种植。可可豆即可果实种子, 通常每颗果实含有 30~50 粒种子。可可豆在发酵^[1-3]、烘焙^[4-6]等加工处理前, 一般不具有风味表现。Jinap 等^[7]研究发现可可豆在发酵过程中会受到内源性羧肽酶的影响, 生成各种肽类物质和其他引起香味变化的挥发性物质; Hii 等^[8]研究发现, 当烘焙温度为 120~150 ℃ 时, 伴随美拉德反应^[9]的产生, 生成更多含氮、含氧的可可豆特征风味物质; Acierno 等^[10]基于 HS-PTR-MS 的方法, 证实了生长环境等对可可豆品质的影响; Eskes 等^[11]对可可豆风味成分的形成进行分析, 发现 2-戊醇是形成可可豆的果香味和醇香口味的主要特征香气物质, 乙酸仲丁酯是形成可可豆花香和清甜香的主要特征香气物质。上述研究主要针对引发可可豆特征风味的物质, 但可可豆加工过程中会产生类似甘草风韵的苦涩口味, 对后续制成可可类食品不利, 主要通过添加辅料来掩盖苦涩口感^[12], 目前针对可可豆苦涩形成机理及烘焙温度对苦涩味物质含量的影响尚未见报道。

试验拟对不同烘焙温度下的可可豆风味物质进行分离分析, 重点分析可可豆苦涩味形成的原因, 并利用热裂解温度升高的方法模拟烘焙温度对可可豆挥发性成分的

基金项目: 云南中烟工业有限责任公司科技项目 (编号: 2018JC04); 云南省技术创新人才培养 (编号: 2018HB091)

作者简介: 刘哲, 男, 昆明理工大学在读硕士研究生。

通信作者: 王亚明 (1963—), 女, 昆明理工大学教授, 博士生导师, 博士。E-mail: wym@kmust.edu.cn

张凤梅 (1985—), 女, 云南中烟工业有限责任公司副研究员, 博士。E-mail: zhangfm2008@126.com

收稿日期: 2019-12-15

影响,分析热解产物中苦涩味相关物质含量,以期为提高烘焙工艺中的可可豆风味品质提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与amp;仪器

1.1.1 材料与amp;试剂

可可豆:云南中烟技术中心香精香料所;
凝胶色谱柱:瑞士 Buchi 公司;
Sephadex LH-20 填料:瑞典 GE Healthcare 公司;
蒸馏水:10 MΩ,屈臣氏集团(香港)有限公司;
乙醇:色谱纯,迪科马科技(北京)有限公司。

1.1.2 仪器与amp;设备

振荡器:HY-5 型,金坛中大仪器厂;
混合型碾磨仪:RS200 型,德国 Retsch 公司;
旋转蒸发仪:R-210 型,瑞士 Buchi 公司;
分析天平:感量 0.000 1 g,德国 Sartorius 公司;
冷冻干燥机:2-4D 型,德国 Christ 公司;
气相色谱—质谱联用仪:7890A/5975C 型,美国 Agilent 公司;
液相色谱:1200 型,配自动馏分收集器,美国 Agilent 公司;
气相色谱串联质谱联用仪:7890A/5975C 型,德国 Bruker 公司;
CTC 多功能自动进样器:Combi-xt PAL 型,瑞士 Combi-PAL 公司;
热裂解仪:CDS5200 型,配 CIS3 冷进样系统,美国 CDS 公司;
气相色谱仪:Clarus 600 型,配 Clarus 600 MS 质谱检测器,美国 Perkin Elmer 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 可可豆提取物的制备 参照文献[9]的方法并略作修改。选取颗粒饱满未发酵可可豆,分别在 110,120,130,140,150,160 °C 下烘焙 30 min,粉碎,取 10 g 可可豆粉末,置于 200 mL 具塞锥形瓶中,加入 125 mL 乙醇于室温下振荡 1 h,使用滤纸过滤,滤液转移至 250 mL 茄形瓶中,再用 10 mL 乙醇洗涤滤渣,将洗涤液与滤液合并,于旋转蒸发仪中浓缩至黏稠状且表面无溶剂,即得可可豆提取物。

1.2.2 可可豆提取物水溶物的制备及分离 将葡聚糖凝胶用纯净水充分溶胀后,装填层析柱(2.6 cm×100 cm),以水为流动相平衡 24 h 以上。取以 50 g 可可粉为原料提取的提取物,用 60 mL 蒸馏水溶解,过滤,滤液于-40 °C 冷冻后置于通风处干燥 24 h,得到棕色黏稠状物即为可可提取物的水溶物。将水溶物溶于 20 mL 蒸馏水中,进行柱层析,以蒸馏水为流动相,流速 1 mL/min,按时间连续收集,每个流分收集 10 mL,共收集 40 个流分。

1.2.3 可可豆苦涩味成分确认 按式(1)计算香气活力值(OAV)^[13]。

$$OAV = \frac{C}{T}, \quad (1)$$

式中:

OAV——香气活力值,kg/mL;

C——各香气组分的浓度,mg/mL;

T——感觉阈值,mg/kg。

OAV>1,说明该组分对整体香味贡献较大;OAV<1,说明该组分对整体香味影响很小。由于积分面积归一化法只能得到单一组分的相对浓度(Cr),将式(1)中的绝对浓度(C)替换成相对浓度(Cr),引入相对气味活力值(ROAV),然后根据各组分相对含量与查阅到的感觉阈值^[14]的比值进行比较,比值最大的即 OAV 值最大的香气组分。按式(2)计算相对气味活力值。

$$ROAV = \frac{OAV_n}{OAV_{max}} \times 100 \approx \frac{C_n}{C_{max}} \times \frac{T_{max}}{T_n} \times 100, \quad (2)$$

式中:

ROAV——相对气味活力值;

OAV_n——单一组分的香气活力值,kg/mL;

OAV_{max}——香气活力值最大组分的香气活力值,kg/mL;

C_n——单一组分的相对含量,%;

C_{max}——香气活力值最大组分的相对含量,%;

T_n——单一组分的阈值,mg/kg;

T_{max}——香气活力值最大组分的阈值,mg/kg。

通过式(2)得出的相对气味活力值为 0~100,且 ROAV>1.0 的组分为整体致香的关键组分,0.1<ROAV<1.0 的组分为整体致香的修饰组分,ROAV<0.1 的组分为潜在风味化合物,计算相对活力值时使用的相对含量为不同烘焙温度下该物质相对含量的平均值。

1.2.4 可可豆苦涩味流分分析 由 6 位评价人员通过直接嗅闻的方式对各流分的嗅觉特征进行辨识,获得具有嗅觉特征的流分,有 4 位以上评价人员结论一致时,辨识结果方被接受。将收集到的 40 个流分按照风味表现分类,然后对苦涩味的流分进行合并,使用顶空固相微萃取结合气相色谱质谱联用分析合并流分的挥发性成分。

1.2.5 可可豆苦涩味复配 根据挥发性成分测定结果,挑选具有苦涩味或焦味的物质,根据文献[14]查阅阈值,计算相对活力值,对以上筛选后的风味物质进行相对香气活力值计算,以 ROAV>0.1 的组分作为可可苦涩味的致香的关键组分进行重组复配及风味重组试验,然后对合并流分和重组模型进行感官评价。

1.2.6 可可豆提取物苦涩味流分和重组模型的风味特征评价 由 6 位感官评价人员通过直接嗅闻的方式,对分离出苦涩味的合并流分以及复配后的风味重组模型进行

感官评价,评价标准为清甜香、正甜香、焦甜香、木香、焦香、苦涩香 6 个香韵特征,分值均为 0~5 分,分值越高说明强度越大,结果取 6 位感官评价人员的品吸分数平均值。

1.2.7 可可豆分段热解分析 准确称取可可豆粉末(1.0±0.5) mg 于热裂解石英管中,并用石英棉堵塞石英管两端,将石英管装入热裂解仪。

(1) 裂解条件:裂解探针初始温度 50 °C,以 5 °C/s 的速率分别升至 110,115,120,125,130,135,140,145,150,155,160 °C。各级附件初始温度 50 °C,终温 200 °C,保持 5 min。吸附阱温度 30 °C,脱附温度 260 °C,裂解辅助气为氮气(N₂)。

(2) 气相色谱质谱联用条件:DB-5 MS(30 m×0.25 mm×0.25 μm)毛细管柱,进样口温度 250 °C,氦气流速 1 mL/min;升温程序为起始温度 40 °C,保持 1 min,以 3 °C/min 的速率升温至 300 °C,保持 10 min;分流比 30:1,总运行时间 97.67 min。

(3) 电离方式:电子源轰击(EI);离子源温度 200 °C,传输线温度 280 °C,电离能 70 eV,质量扫描范围 40~400 amu,溶剂延迟 3 min。

1.3 数据处理

GC-MS 数据由 Nist05.d 标准谱库检索定性,挥发性物质的香气成分采用峰面积归一化法,以各化合物色谱峰面积相对百分比表示其相对含量,使用 Origin 8.5 对数据进行分析 and 图像处理。

2 结果与讨论

2.1 可可豆提取物苦涩味流分筛选和致苦物质确认

2.1.1 苦涩味流分分离 由表 1 可知,对可可豆提取物进行风味物质分离时,按时间分离的顺序依次为醇香味、脂香味、焦甜香味、苦涩味和焦糊味,编号为 26~34 的流分表现出苦涩味特征,即试验所需的可可豆提取物苦涩味流分。

2.1.2 苦涩味流分分析 将苦涩味流分合并,根据文献[15]的固相微萃取条件选取粉色(65 μm, PDMS/DVB, Stableflex 24 Ga)的萃取头,80 °C 下萃取 30 min,解吸 3 min,对合并流分进行顶空萃取结合气相色谱质谱联用分析。由表 2 可知,未烘焙的可可豆挥发性物质总相对含量要高于烘焙后的可可豆,但 3-甲基丁醇、2-甲基丙醇等苦涩味的物质含量也要高于烘焙后的可可豆,符合美拉德反应的特征,温度升高对可可豆提高醇香有一定的促进作用。

表 1 可可豆提取物苦涩味流分的香味特征

Table 1 Bitter and astringent taste characteristics of cocoa extract

编号	香味特征
1~7(±2)	醇香味
8~15(±2)	脂香味
16~25(±3)	焦甜香味
26~34(±2)	苦涩味
35~40(±1)	焦糊味

表 2 不同烘焙温度下苦涩味流分各物质的相对含量[†]

Table 2 Relative content of bitter and astringent substances at different baking temperature

种类	化合物名称	保留指数	苦涩味流分物质的相对含量/%							香气类型
			未烘焙	110 °C	120 °C	130 °C	140 °C	150 °C	160 °C	
醇类	3-甲基丁醇	1 210	5.26	1.04	0.81	0.74	0.92	0.88	0.79	苦味、烧焦味、可可香、麦芽香
	2-甲基丙醇	1 095	0.49	1.53	0.98	0.18	0.23	0.07	0.06	苦味、可可香、酒香
	2-庚醇	1 316	3.89	2.62	0.78	1.14	1.04	0.45	0.86	土腥味、烧焦味、油味
	2-呋喃甲醇	1 645	—	0.25	1.45	2.13	2.26	—	0.45	烧焦味、焦糖香
	α-松油醇	1 680	0.01	—	0.02	—	0.47	0.39	0.03	—
	苯甲醇	1 848	0.22	0.04	0.01	0.10	0.88	0.03	0.02	玫瑰花香、甜香
	苯乙醇	1 881	0.08	0.23	—	0.19	0.05	0.04	0.00	水果香、玫瑰花香、酒香
酸类	乙酸	1 433	0.04	0.10	0.67	0.01	0.03	0.14	0.01	酸味、水果味、醋味
	丙酸	1 534	0.03	0.07	0.02	0.18	0.06	0.34	0.03	油味、水果香、辛辣味
	2-甲基丙酸	1 550	0.74	0.45	0.77	1.23	—	0.10	0.48	烧焦味、黄油味、奶酪香、汗味
	3-甲基丁酸	1 664	0.03	0.04	—	0.01	2.38	0.01	0.29	奶酪香、汗味
	己酸	1 839	0.14	0.00	0.05	0.02	0.01	0.04	0.36	奶酪香、辛辣味、酸甜味
酯类	乙酸异丁酯	1 006	0.18	0.11	0.03	0.01	0.29	0.35	2.50	花香、香草味
	乙酸乙酯	1 035	0.14	0.04	0.01	0.00	0.32	0.13	—	果香、奶酪香、菠萝香
	3-甲基丁酸乙酯	1 061	0.06	0.01	0.00	—	0.19	0.07	0.73	水果香、酸味、甜香
	丙酸戊酯	1 184	0.04	0.00	0.00	0.38	2.71	0.18	2.16	果香
	乙酸-2-庚酯	1 252	0.07	0.00	0.01	1.24	0.09	0.20	0.46	—

续表 2

种类	化合物名称	保留指数	苦涩味流分物质的相对含量/%							香气类型
			未烘焙	110 °C	120 °C	130 °C	140 °C	150 °C	160 °C	
酯类	庚酸乙酯	1 326	0.04	0.04	0.01	0.00	0.00	0.29	0.29	果香
	苯甲酸乙酯	1 640	0.27	0.23	0.60	0.00	0.09	0.12	0.77	甘菊香、水果香
	丁内酯	1 591	0.09	0.41	0.00	0.07	0.36	2.09	0.27	焦糖香、奶酪香、烤坚果香、甜味
	乙酸苯乙酯	1 787	0.11	0.29	0.01	0.00	—	0.01	2.21	花香、烟草香
呋喃类	2-甲基呋喃	815	0.04	0.00	0.05	0.00	0.02	0.05	—	—
	乙烯呋喃	958	0.05	0.04	—	0.00	0.02	0.09	—	烟味
	2-戊基呋喃	1 213	0.06	0.00	—	0.00	0.78	0.00	0.01	黄油味、绿豆香
	2,5-二甲基-4-羟基-3-(2H)-呋喃酮	2 032	—	0.08	0.24	0.45	0.68	0.69	1.12	烧焦味、焦糖香、甜香
醛类	2-甲基丙醛	827	0.01	0.27	0.38	0.29	0.41	0.79	0.82	烧焦味、焦糖香、
	3-甲基丁醛	919	0.27	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06	可可香、鲜草香、麦芽香、辛辣味
	戊醛	957	1.58	0.01	0.02	0.00	—	0.00	—	杏仁味、苦味、辛辣味
	(E)-2-甲基-2-丁烯醛	1 089	0.03	0.01	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	—
	辛醛	1 272	0.11	0.01	0.00	0.05	0.02	0.00	0.00	柑橘味、油脂味、青草香、辛辣味
	苯甲醛	1 494	4.25	3.96	3.64	0.01	3.45	0.01	1.29	苦杏仁味、焦糖香
	α -亚乙基苯乙醛	1 892	0.00	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	可可香、烤香、甜香
	5-甲基-2-苯基-2-己烯醛	2 042	0.07	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	可可香
	2-戊酮	961	12.41	0.03	—	—	0.01	—	—	烧焦味、水果味、辛辣味
	2,3-二戊酮	1 050	0.27	—	0.09	1.05	1.85	0.95	0.92	苦味、黄油味、焦糖香、奶油香
酮类	(E)-3-戊烯-2-酮	1 112	0.11	0.78	0.04	0.18	0.08	—	0.01	—
	2-辛酮	1 273	0.09	0.06	0.11	0.22	0.10	0.54	0.03	芳香、皂香
	苯乙酮	1 618	0.04	0.02	0.04	0.07	0.11	0.06	0.44	杏仁味、花香
	甲基环戊烯醇酮	1 800	0.05	0.04	—	0.15	0.11	0.16	0.03	香油味、甜香
烯烃	β -月桂烯	1 154	0.06	0.05	0.60	0.03	0.48	0.04	0.09	果香、花香、香草味
	D-柠檬烯	1 205	0.01	0.08	0.80	0.04	0.01	0.67	0.04	柑橘香、薄荷香
吡嗪类	甲基吡嗪	1 251	0.14	0.06	1.89	0.02	1.13	0.26	0.11	可可香、青草香、烤香
	2,5-二甲基吡嗪	1 306	—	0.38	0.69	0.67	1.24	2.37	4.15	烧焦味、可可香
	2,6-二甲基吡嗪	1 314	0.33	0.07	—	0.83	0.04	—	0.00	可可香、青草香、咖啡香
	乙基吡嗪	1 318	0.48	0.02	—	0.52	0.25	0.39	0.47	烧焦味
	2,3-二甲基吡嗪	1 330	0.71	0.06	0.02	2.28	0.02	0.15	0.00	焦糖香、可可香
	2,3-二甲基-5-乙基吡嗪	1 403	1.10	0.00	—	0.60	—	0.86	0.97	烧焦味、绿豆香
	2,6-二乙基吡嗪	1 417	0.28	1.10	0.13	0.02	0.03	0.01	—	青草香
	3,5-二乙基-2-甲基吡嗪	1 475	0.07	0.01	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	烤香、可可香、甜香
	吡啶	1 171	0.04	—	—	0.09	—	0.13	0.26	烧焦味、辛辣味
	1-乙酰基吡咯烷	1 805	0.09	0.03	—	0.02	0.02	0.00	0.00	—
其他	2-甲氧基苯酚	1 826	0.14	0.02	—	—	0.38	0.55	0.67	烧焦味、药香、烟味
	麦芽酚	1 930	0.24	0.00	0.12	0.01	0.25	0.03	0.01	焦糖香、麦芽香、烤面包香、烤坚果香
	2-乙酰吡咯	1 990	0.07	0.02	0.05	0.15	0.02	0.03	—	面包香、可可香、榛子味、甘草香、烤香
	2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮	2 253	—	—	0.03	—	0.07	1.24	1.58	苦味、土腥味、香草味、烤香

† “—”表示未检测到或香气特征未知。

由表 3 可知,相对活力值的关键组分为 2-甲基丙醛、2-甲氧基苯酚、2-庚醇、戊醛、2-戊酮、苯甲醛、2,5-二甲基-4-羟基-3(2H)-咪喃酮,但这些物质多数相对含量要远低于修饰组分中的某些物质。在化合物相对含量一定的情况下,阈值越低,即嗅觉辨识该物质的最低浓度越低,则相对香气活力值越大,对参与物质风味形成的贡献也就越大。

表 3 苦涩味或焦味物质的阈值和 ROAV[†]

Table 3 Threshold and ROAV size of bitter or burnt substances

致苦涩味组分	化合物	阈值/(mg · kg ⁻¹)	ROAV
关键组分	2-甲基丙醛	0.001 9	100.00
	2-甲氧基苯酚	0.001 6	70.40
	2-庚醇	0.065 0	10.56
	戊醛	0.012 0	8.63
	2-戊酮	0.350 0	2.27
	苯甲醛	0.750 0	1.41
	2,5-二甲基-4-羟基-3(2H)-咪喃酮	0.200 0	1.04
修饰组分	3-甲基丁醇	0.980 0	0.68
	2,3-二甲基-5-乙基吡嗪	0.530 0	0.43
	2,5-二甲基吡嗪	1.750 0	0.35
	2,3-二甲基吡嗪	0.800 0	0.26
	2-甲基丙醇	2.300 0	0.10
	乙基吡嗪	4.000 0	0.03
潜在风味化合物	吡啶	2.000 0	0.02
	2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮	35.000 0	0.01
	2-咪喃甲醇	—	—
	2-甲基丙酸	—	—
	2,3-二戊酮	—	—

† “—”表示未查阅到。

2.1.3 可可豆苦涩味复配与感官评价 筛选风味物质时,将每种单一组分的风味表现作为参考,从苦涩味流分中仅挑选出表现苦涩味或焦味的物质,如苯乙酮、丁内酯、麦芽酚等感官体验上脂香和甜香味明显高于苦涩味的组分同样不参与重组试验。由图 1 可知,重组模型的木香和焦香味与原流分差别较大,但苦涩味和甜香相似度较高,因此可认为 2-甲基丙醛、2-甲氧基苯酚、2-庚醇、戊醛、2-戊酮、苯甲醛、2,5-二甲基-4-羟基-3(2H)-咪喃酮、3-甲基丁醇、2,3-二甲基-5-乙基吡嗪、2,5-二甲基吡嗪、2,3-二甲基吡嗪及 2-甲基丙醇 12 种物质是形成可可豆苦涩味的主要致香组分。

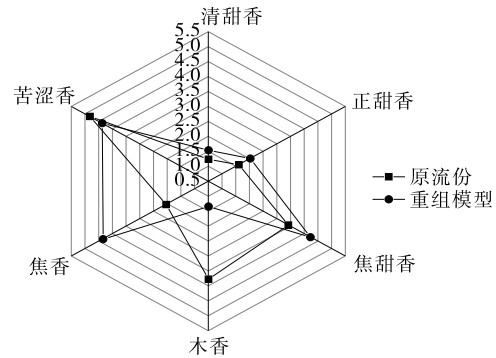


图 1 原流分与重组模型的苦涩味感官评价雷达图

Figure 1 Sensory evaluation radar chart of bitter taste of original sample and reconstituted model

2.2 模拟不同烘焙温度下可可豆的分段热裂解对比分析

由图 2 可知,随着烘焙温度的升高,伴随着美拉德反应,可可豆挥发性成分的物质种类和相对含量也随之发生变化,主要有醇类、酯类、醛类、酮类、酸类、烯烃类和其他吡嗪类化合物^[16]。未烘焙和 145 °C 下烘焙的可可豆分别检测出 69,85 种化合物,说明不同烘焙温度对可可豆的热解产物有较大影响,在一定范围内,温度越高,可可

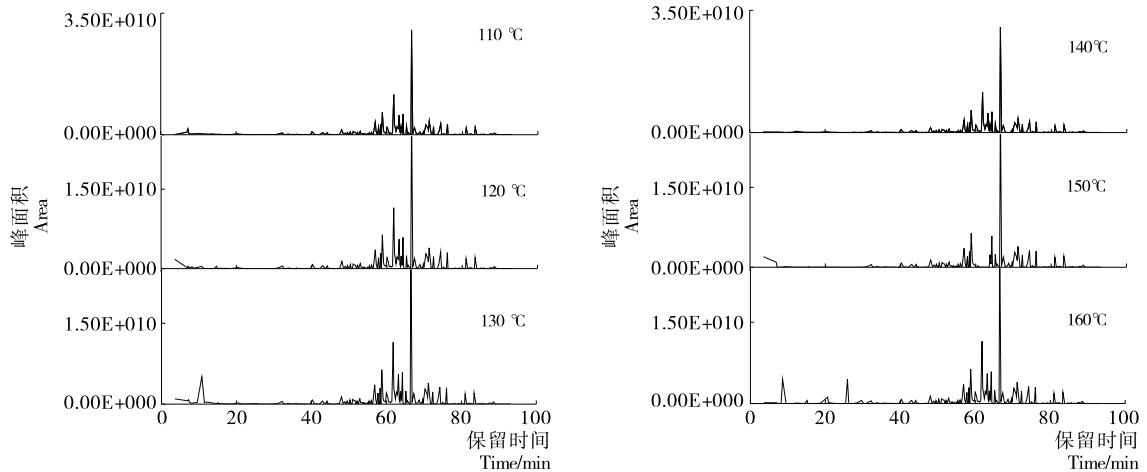


图 2 不同烘焙温度下可可豆的色谱图

Figure 2 Comparative chromatogram of cocoa beans at different baking temperatures

豆的挥发性产物越多。

由图 3 可知,在不影响可可豆原有风味的前提下,减少致苦涩味关键组分[2-甲基丙醛、2-甲氧基苯酚、2-庚醇、戊醛、2-戊酮、苯甲醛、2,5-二甲基-4-羟基-3(2H)-咪喃酮]和致苦涩味修饰组分(3-甲基丁醇、2,3-二甲基-5-乙基吡嗪、2,5-二甲基吡嗪、2,3-二甲基吡嗪、2-甲基丙醇)的含量便可有效降低可可豆中苦涩味对口感的影响。当热解温度为 110~120 °C 时,可可豆挥发性物质的相对含量均有所上升,说明在此温度范围内进行烘焙,可增进可可豆的香味,但致苦涩味组分含量也有所上升(从 8.84% 上升到 10.18%),说明此温度下烘焙的可可豆风味并未满足要求。当热解温度为 130~135 °C 时,致苦涩味组分和其他组分的相对含量分别达到最低值(4.78%)和最高值(74.62%)。故在不影响可可豆原有风味的前提下,若要将可可豆的苦涩味最大程度地减少,烘焙温度应控制在 130~135 °C。当热解温度为 135~160 °C 时,可可豆粉末的致苦涩味组分和其他风味组分分别出现上升、下降趋势,说明该温度烘焙的可可豆风味已受到影响。

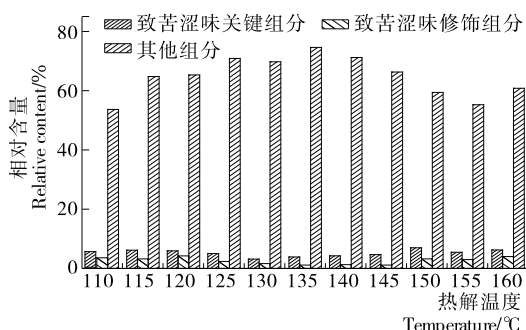


图 3 不同热解温度下可可豆粉末各组分的相对含量变化
Figure 3 Change of relative content of cocoa powder components under different pyrolysis temperature

3 结论

① 可可豆提取物苦涩味流分共检测出 55 种挥发性成分,其中醇类 7 种,酸类 5 种,酯类 9 种,醛类 8 种,酮类 6 种,烯炔类 2 种;② 致苦涩味的关键组分为 2-甲基丙醛、2-甲氧基苯酚、2-庚醇、戊醛、2-戊酮、苯甲醛、2,5-二甲基-4-羟基-3(2H)-咪喃酮,修饰组分为 3-甲基丁醇、2,3-二甲基-5-乙基吡嗪、2,5-二甲基吡嗪、2,3-二甲基吡嗪、2-甲基丙醇;③ 130~135 °C 为降低可可豆苦涩味的最佳烘焙温度。

目前已知可可豆挥发性成分高达 500 余种^[17],主要有醇类、醛类、酮类、酯类和一些酸类物质,每种成分可能都与可可豆的风味形成有着密切的关系,试验将已检测出的其他挥发性成分相对含量加和与致苦涩味组分进行比较分析,将影响可可豆风味的因素与其他物质的总含量变化关联,但实际烘焙过程中温度对可可豆单一风味物质变化影响需进一步研究分析。

参考文献

[1] ROHAN T A, STEWART T. The precursors of chocolate aroma: Production of free amino acids during fermentation of cocoa beans[J]. 2010, 32(4): 399-402.

[2] ZAK O L, OSTOVAR K, KEENEY P G. Implication of *Bacillus subtilis* in the synthesis of tetramethylpyrazine during fermentation of cocoa beans[J]. Journal of Food Science, 2006, 37(6): 967-968.

[3] 薛美翠, 汪立平, 郝彦利, 等. 抗冻酵母的筛选及发酵特性研究[J]. 食品与机械, 2018, 34(4): 6-11.

[4] 王永俊, 邓雯婷, 郑建仙, 等. 4 种功能性低聚糖对海绵蛋糕的面糊性能和烘焙品质的影响[J]. 食品与机械, 2019, 35(5): 8-13.

[5] DONOVAN J W. A study of the baking process by differential scanning calorimetry [J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2006, 28(6): 571-578.

[6] SHIM J H, SEO N S, ROH S A, et al. Improved bread-baking process using *saccharomyces cerevisiae* displayed with engineered cyclodextrin glucanotransferase[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(12): 4 735-4 740.

[7] JINAP S, IKRAWAN Y. Aroma precursors and methylpyrazines in under fermented cocoa beans induced by endogenous carboxypep[J]. Journal of Food Science, 2008, 73(7): 141-147.

[8] HII C L, LAW C L, SUZANNAH S, et al. Polyphenols in cocoa (*Theobroma cacao* L.) [J]. Asian Journal of Food and Agro-Industry, 2009, 2(4): 706-707.

[9] 张鹏, 于静洋, 龙章德, 等. 美拉德反应改善烟草薄片质量的应用研究[J]. 食品与机械, 2016, 173(3): 44-49.

[10] ACIERNO V, YENER S, ALEWIJN M, et al. Factors contributing to the variation in the volatile composition of chocolate: Botanical and geographical origins of the cocoa beans, and brand-related formation and processing [J]. Food Research International, 2016, 84(4): 86-95.

[11] ESKES A B, GUARDA D, GARCIA L, et al. Is genetic variation for sensory traits of cocoa pulp related to fine flavor cocoa traits[J]. Ingenic Newsletter, 2007, 11(5): 22-28.

[12] YEHUDA L, STELA M. A laboratory study of farm processing of cocoa beans for industrial use[J]. Journal of Food Science, 2006, 30(4): 719-722.

[13] 刘登勇, 周光宏, 徐幸莲, 等. 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.

[14] 范海默特. 化合物香味阈值汇编[M]. 2 版. 刘强, 冒德寿, 汤峨, 译. 北京: 科学出版社, 2011: 1-208.

[15] 张凤梅, 申钦鹏, 刘春波, 等. 顶空-固相微萃取-气质联用法分析酸梅膏中挥发性香气成分[J]. 化学与生物工程, 2018, 35(1): 65-70.

[16] HEIDELBERG S B. Investigation of aromatic compounds in roasted cocoa powder [J]. European Food Research and Technology, 2005, 221(1): 21-28.

[17] 秦晓威, 李付鹏, 郝朝运, 等. 不同基因型可可资源挥发性香气成分分析[J]. 热带农业科学, 2018, 38(5): 49-54, 61.