

克东腐乳发酵过程中挥发性风味物质分析

孙菁赫¹, 孙冰玉¹, 刘琳琳¹, 刘颖¹, 杨跃峰², 刘莹莹¹, 石彦国¹

(1. 哈尔滨商业大学食品工程学院, 黑龙江省普通高等学校食品科学与工程重点实验室, 黑龙江哈尔滨 150076)

(2. 黑龙江省克东腐乳有限公司, 黑龙江克东 164800)

摘要: 克东腐乳是以微球菌为主要菌系发酵而成的细菌型腐乳, 具有独特的质地和风味。本文采用同时蒸馏萃取法(SDE)提取, 并结合气相色谱-质谱联用(GC-MS)技术对克东腐乳挥发性风味物质进行跟踪萃取检测研究, 样品包括豆腐白坯、发酵液及生产过程中腐乳块和汤料, 综合分析各种风味成分的产生情况及含量变化, 并且与传统毛霉腐乳的挥发性风味物质种类及含量进行比较。分析表明随着发酵时间的延长, 检测出的挥发性风味物质种类不断增加, 酸、醛、酮、醇等类物质不断产生, 而且相应的百分含量逐渐增加; 酯类始终是主要的的风味物质, 而在整个过程中酯类物质所占的百分比呈下降趋势。以克东腐乳为研究对象, 揭示细菌型腐乳生产过程中风味物质的变化规律, 为中国传统发酵食品建立基础性数据资料。

关键词: 同时蒸馏萃取; 克东腐乳; 风味物质

文章编号: 1673-9078(2014)1-200-205

Analysis of Volatile Components in Kedong Fermented Bean Curd during the Fermentation

SUN Jing-he¹, SUN Bing-yu¹, LIU Lin-lin¹, LIU Ying¹, YANG Yue-feng², LIU Ying-ying¹, SHI Yan-guo¹

(1. Key Laboratory for Food Science and Engineering, College of Food Engineering, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China) (2. Heilongjiang Province Kedong fermented bean curd Co., Ltd, Kedong County, Heilongjiang 164800, China)

Abstract: KeDong curd is mainly fermented by *Micrococcus* strains, with unique texture and flavor. Volatile flavor compounds were extracted from samples including tofu, broth, fermented bean curd and the soup, by simultaneous steam distillation and extraction (SDE) apparatus and then analyzed by gas chromatograph-mass spectrometer-computer (GC-MS). Compared to the volatile flavor compounds with the traditional *Mucor* fermented bean curd, the species of volatile flavor compounds of Kedong fermented tofu kept to increase with extending the fermentation time. The compounds of acid, aldehyde, ketone, and alcohol generated and the percentage compositions of them were increasing constantly. Generally ester was the main flavor substance but ester content was declined during the fermentation process. This research revealed the the change law of bacterial-type bean curd volatile flavor compounds in KeDong fermented soybean curds and provided certain theoretical guidance for Chinese traditional fermented food.

Key words: steam distillation and extraction; KeDong fermented tofu; volatile flavor compounds

腐乳又称豆腐乳, 是我国传统发酵食品, 已有上千年的历史, 全国各地因饮食习惯和口味不同生产了不同特色的产品, 是一种风味独特、滋味鲜美、营养丰富、深受人民群众喜爱的传统调味食品^[1]。克东腐乳是细菌类型发酵, 有别于传统毛霉类型发酵, 其产品特点是质地细腻而柔软, 色泽鲜艳, 味道鲜美而绵长, 具有特殊的风味, 腐乳中含有丰富的蛋白质、氨基酸、钙、铁、锌、维生素, 不含任何防腐剂, 具有

较高的营养价值。克东腐乳是由大豆制成豆腐坯, 首先进行蒸坯、腌坯进入前期发酵阶段, 然后经干燥, 用盐进行腌制, 然后喷上菌液, 最后加入辅料配成的汤汁装缸进行后期发酵, 得到腐乳成品。腐乳在微发酵作用下, 经过复杂的生物及化学变化, 将蛋白质、脂肪分解为多肽、氨基酸和脂肪酸等物质, 并生成一些有机酸醛酚酯等, 而形成腐乳的特殊风味^[2]。有关腐乳各方面的研究报道很多, 但对腐乳的挥发性风味成分的研究报道还比较少^[3-5]。获取风味成分的方法很多, 可根据原型食品的特性要求及风味成分本身的性质来确定, 并没有一个固定的模式。到二十世纪六十年代中后期开始, 人们的注意力集中到了挥发性风味

收稿日期: 2013-09-12

基金项目: “十二五”农村领域国家科技计划课题(2012BAD34B03-4)

作者简介: 孙菁赫(1988-), 女, 硕士研究生, 大豆化学与加工技术

通讯作者: 石彦国(1960-), 男, 教授, 硕士, 大豆化学与加工技术

成分的研究上。特别是气质联用(GC-MS)技术的发展,将食品的风味物质研究推进了一大步。目前常用的风味物质的提取方法有:液液萃取法、同时蒸馏—萃取法、减压蒸馏法、超临界流体萃取、吹扫捕集法,顶空法、固相微萃取法等^[6]。本实验采用同时蒸馏萃取法(SDE)对克东腐乳块及其汤汁进行萃取,并结合气质联用对克东腐乳挥发性风味物质进行跟踪检测,分析其发酵过程中风味物质的变化情况。为传统发酵食品建立数据体系,为今后的研究提供数据参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

克东腐乳,黑龙江省克东腐乳有限公司;二氯甲烷,分析纯,西陇化工股份有限公司;无水硫酸钠,分析纯,西陇化工股份有限公司。

1.2 仪器与设备

GC6890-MSD5973 气相色谱质谱联用仪,美国Agilent公司;同时蒸馏萃取仪,上海申胜生物技术有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 SDE 萃取方法^[7]

前处理:取腐乳坯体于玻璃漏斗上用去离子水洗涤,并静置30 min以去除坯体上水分。把腐乳坯体研钵中研碎,备用。

称量:称取样品50 g于500 mL圆底烧瓶中,加入250 mL去离子水混匀。将装有样品的圆底烧瓶置于同时蒸馏萃取重相侧。将50 mL重蒸二氯甲烷倒入100 mL圆底烧瓶中,置于同时蒸馏萃取轻相侧。

萃取:重相侧用电热套加热,温度控制在125±5 °C,轻相侧用恒温水浴锅加热,温度控制在55 °C。待两侧都回流时开始计时,同时蒸馏萃取2.5 h。

干燥:提取完毕后,将萃取液与U型管中的油层合并,至于冰箱中冷冻24 h,再用无水硫酸钠干燥,静置,过滤除去硫酸钠,得提取液。

浓缩:过滤后的提取液在旋转蒸发仪上旋蒸浓缩至2~3 mL,转移到密封管中,待用GC-MS进行测定。

1.3.2 分析条件

色谱条件^[6-7]:HP-5MS毛细管色谱柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm);载气为氦气。流速:1 mL/min,分流进样,分流比:60:1;进样体积0.2 μL。进样口温度为250 °C。程序升温:初始温度60 °C保留1 min,以8 °C/min速率升至240 °C并保留20 min。

质谱条件:EI电离源,电子能量:70 eV;质量扫描范围:40~400 u。溶剂延迟2 min。

2 结果与分析

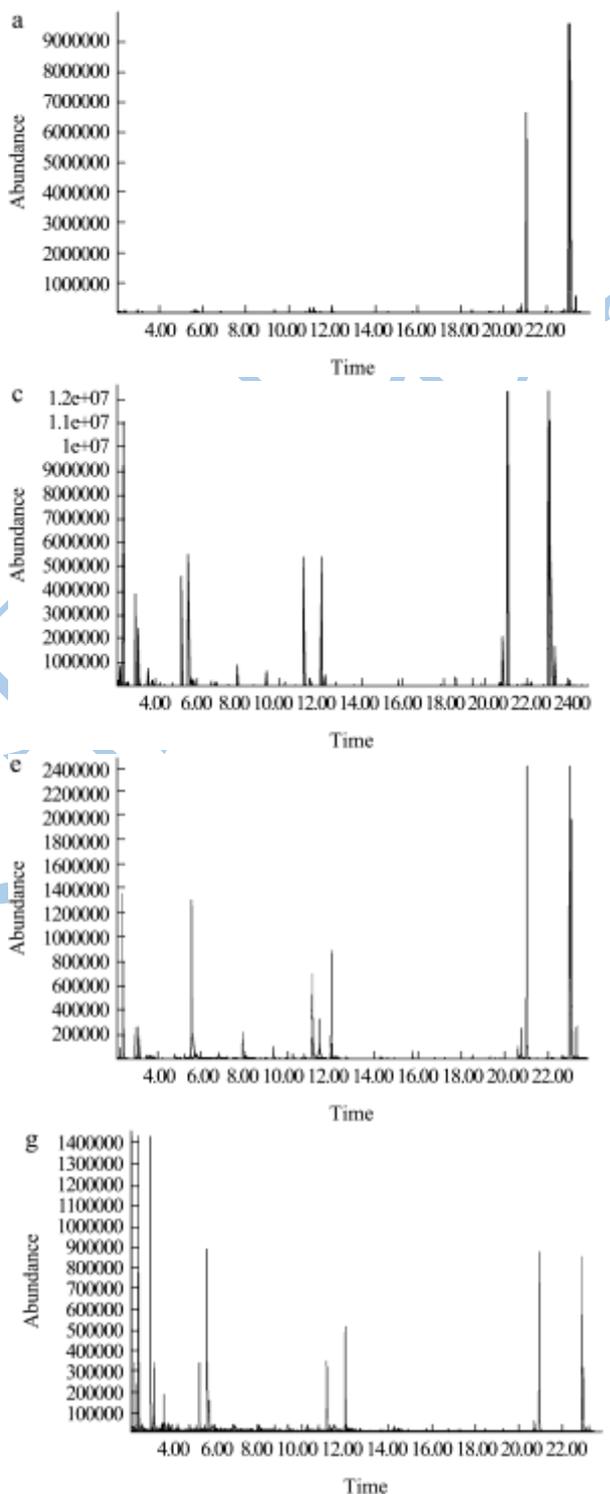


图1 克东腐乳块生产过程中挥发性风味物质的GC-MS离子流谱图

Fig.1 Total ion current chromatogram of volatile flavor compounds of tofu during Kedong tofu fermentation

注:图中a为豆腐白坯、c为发酵一个月腐乳块、e为发酵

两个月腐乳块、g为发酵三个月腐乳块。

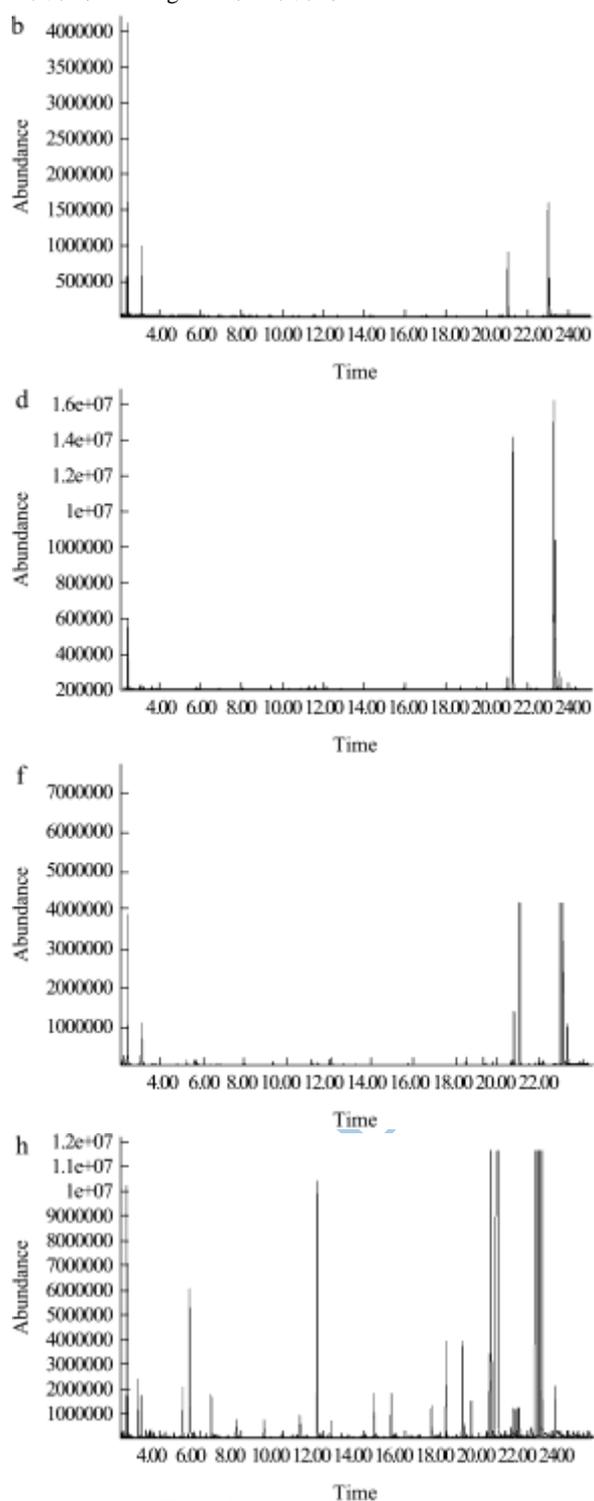


图2 克东腐乳汤汁生产过程中挥发性风味物质的GC-MS离子流谱图

Fig.2 Total ion current chromatogram of volatile flavor compounds of sauce during Kedong tofu fermentation

注：b 为发酵液、d 为发酵一个月腐乳汁、f 为发酵两个月腐乳汁、h 为发酵三个月腐乳汁。

如图 1 所示，随着发酵时间延长，腐乳块检测中四个离子流图谱中出现的峰就越多，即挥发性风味物

质被检测出的种类逐渐增加。豆腐白坯中，只有几种物质出峰，含量所占比例较大；发酵一个月时，检出的峰集中在 5s、10s 和 20s 处，主要为醇类和酯类；发酵到两个月时，检测出的风味物质种类明显增加，醇类、酚类、醛类和酯类物质都检测出；发酵到三个月时，检测出的物质所占比例相对均衡，酚、酮、醛和酸含量增加，酯类物质相对含量有所下降。

如图 2 所示，随着发酵时间延长，腐乳汁检测中四个离子流图谱中出现的峰就越多，即挥发性风味物质被检测出的种类逐渐增加。原始发酵液中仅有 6 个明显的峰，主要是醇类和酯类物质；发酵一个月时，出峰增加，检出的主要是醇类、酯类和酚类；发酵到两个月时，检测出的风味物质种类明显增加，醇类、酚类、酮类和酸类物质都有少量检出，酯类所占的百分含量降低；发酵到三个月时，酯类所占的比例继续降低，酚、酮、醛、醇的含量均有增加，酯类仍是主要的风味物质。

物质的分析主要根据 Nist05 谱库检索结果、标准品对照、Kovats 保留指数 (Retention Index) 共同确定^[8]，得到挥发性风味成分如表 1 所示。

由表 1 可以看出，经有机溶剂萃取后，进行 GC/MS 分析，共鉴定出 76 种挥发性风味成分，其中醇类 9 种、醛类 5 种、酮类 4 种、酸类 7 种、酯类 33 种、酚及酚醚类 4 种、其它的混合成分 12 种，含量较高的成分主要有油酸乙酯、亚油酸乙酯、十六酸乙酯、苯乙醛、苯丙酸乙酯、3-甲基-1-丁醇和苯酚等。

蒋丽婷^[5]运用顶空固相微萃取结合气质联机对白腐乳风味物质的测定试验中，腐乳块中挥发性成分的检出量及检出率都大于汤汁，但块中的风味物质不能包括汤汁中所有的风味成分，而且汤汁中风味物质的种类多于块中的。由于除原材料及生产工艺外，微生物发酵是发酵豆制品风味产生的主要原因^[9-12]，可能是由于克东腐乳特殊的生产工艺，以微球菌为主要菌系产生大量高活性酶，进行生产发酵。而且在克东腐乳汤料中加入了 13 味中草药，使克东腐乳具有独特的风味，也使克东腐乳汤料中的挥发性风味物质含量较高。

CHIJNGHY 等^[2]，采用嗅感探针技术对红腐乳中的风味成分测定表明酯类物质对腐乳复杂风味产生的影响最大，此次试验共检出的汤料中酯类的总量依次是：92.82%、87.11% 和 79.44%，而腐乳块中的酯类物质总量依次是：91.28%、79.41%、67.66%。在所鉴定出的物质中，亚油酸乙酯、十六烷酸乙酯及酸乙酯占总挥发性物质比例最大，占到总量的 90% 以上。酯类物质总量所占的百分比随发酵时间的增加而降低，

是因为其他类别的物质不断增加^[11-13], 并且有新物质 酸与醇类通过非酶催化的酯化反应生成。生成, 十六烷酸乙酯等长链脂肪酸主要是由长链脂肪

表 1 克东腐乳生产过程中挥发性风味物质的 GC-MS 分析结果

Table 1 GC-MS analysis of volatile flavor components in the Kedong tofu fermentation

类别	保留时间	化合物名称	A	B	C	D	E	F	G	H
醛类			0	0	0.51	0	0.60	0	10.34	1.19
1	4.34	3-甲硫基丙醛	-	-	-	-	-	-	-	-
2	5.71	2-戊基呋喃	-	-	0.51	-	0.45	-	-	0.68
3	6.66	苯乙醛	-	-	-	-	-	-	0.22	0.21
4	7.67	糠醛	-	-	-	-	-	-	-	0.30
5	2.14	1,3,5-三聚甲醛	-	-	-	-	0.15	-	0.12	-
酚类			0.41	0	0	0.45	5.33	0.87	10.07	7.7
1	5.58	苯酚	-	-	-	-	4.66	0.81	8.12	5.90
2	11.00	1-甲氧基-4-(2-丙烯基)苯酚	0.41	-	-	-	-	0.06	-	-
3	11.47	2-甲氧基-4-乙烯基苯酚	-	-	-	0.45	0.26	-	1.95	1.55
4	12.18	丁子香酚	-	-	-	-	0.41	-	-	0.25
酮类			0	0.36	1.34	0	0.48	0.33	0.62	0.6
1	2.27	3-羟基, 2-丁酮	-	0.36	0.24	-	0.26	0.33	0.30	0.60
2	3.48	4-羟基-4-甲基-2-戊酮	-	-	-	-	-	-	0.06	-
3	20.82	2-羟基-环十五烷酮	-	-	-	-	0.22	-	-	-
4	11.45	1-(3-甲氧基苯基)乙酮	-	-	1.10	-	-	-	0.26	-
醇类			0	48.02	6.15	6.25	9.32	4.85	6.91	7.02
1	2.40	3-甲基-1-丁醇	-	36.94	4.27	4.82	6.20	3.58	3.67	5.67
2	2.43	2-甲基-1-丁醇	-	11.08	1.28	1.33	1.67	1.27	1.17	-
3	3.65	2-呋喃甲醇	-	-	-	-	0.20	-	0.26	-
4	3.80	1-己醇	-	-	-	-	0.14	-	0.16	-
5	5.49	1-辛烯-3-醇	-	-	-	-	0.20	-	-	-
6	7.94	苯乙醇	-	-	0.60	-	0.75	-	1.65	1.23
7	15.87	2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇	-	-	-	-	0.06	-	-	-
8	17.09	10-甲基-10-十九烷醇	-	-	-	-	-	-	-	0.12
9	22.83	17-十八烯-14-炔醇	-	-	-	0.10	-	-	-	-
酸类			0	0	0	0	0	0.18	9.90	0
1	6.81	2,3-二甲基丙酸	-	-	-	-	-	-	0.14	-
2	8.73	丙二酸	-	-	-	-	-	-	0.07	-
3	15.86	2-丁基-1-甲基-丁酸	-	-	-	-	-	0.08	-	-
4	20.62	正十六烷酸	-	-	-	-	-	0.06	0.49	-
5	22.82	8,11,14-三十碳三烯酸	-	-	-	-	-	-	0.09	-
6	23.09	7,10,13十六碳酸	-	-	-	-	-	-	9.18	-
7	23.91	十五烷酸	-	-	-	-	0.10	-	-	-
8	24.08	异丙基亚油酸	-	-	-	-	-	-	0.07	-
9	24.95	9,12-十八碳二烯酸	-	-	-	-	-	0.04	-	-
酯类			98.93	49.00	91.28	92.82	79.41	87.11	67.66	79.42
1	2.25	丙酸乙酯	-	-	-	-	0.08	-	-	-
2	2.59	2-甲基-丙酸乙酯	-	0.08	-	0.10	-	-	-	-

转下页

接上页

3	2.97	丁酸乙酯	-	0.50	0.41	0.27	2.03	0.31	1.02	12.62
4	3.13	2-羟基丙酸乙酯	-	9.79	1.92	1.08	1.35	0.58	1.01	1.21
5	3.55	2-甲基-丁酸乙酯	-	-	-	-	-	-	-	0.13
6	3.59	3-甲基-丁酸乙酯	-	-	0.21	0.22	0.40	-	0.15	0.86
7	4.19	丁酸丁酯	-	0.08	-	-	-	0.23	-	-
8	4.23	戊酸乙酯	-	-	-	-	0.15	-	-	-
9	4.78	3-羟基丁酸乙酯	-	-	-	-	-	0.38	0.24	0.28
10	5.24	壬酸乙酯	-	-	-	-	3.10	0.28	0.37	2.82
11	5.82	己酸乙酯	-	-	-	-	0.17	-	-	0.28
12	6.81	3-甲基丁酸丁酯	-	-	-	-	-	-	-	0.42
13	6.91	庚酸乙酯	-	-	-	-	-	0.11	-	-
14	9.34	辛酸乙酯	-	-	0.31	0.31	0.50	-	0.63	0.52
15	10.25	苯乙酸乙酯	-	-	-	-	-	-	0.62	0.52
16	12.01	苯丙酸乙酯	0.66	-	-	0.46	4.08	0.31	4.05	6.05
17	12.71	癸酸乙酯	-	-	-	-	-	-	-	0.12
18	14.89	3-羟基-十二烷酸乙酯	-	-	-	-	-	-	-	0.38
19	15.76	十二烷酸乙酯	-	-	-	-	0.21	-	0.30	-
20	17.79	3-羟基-十三烷酸乙酯	-	-	-	-	-	0.05	-	-
21	18.52	十四烷酸乙酯	-	-	0.22	0.26	0.26	0.31	0.15	0.27
22	19.45	十五烷酸乙酯	-	-	0.17	-	0.26	0.42	-	-
23	20.79	9-十六碳烯酸乙酯	0.75	-	1.71	1.17	1.62	2.21	1.13	0.31
24	21.03	十六烷酸乙酯	15.46	11.85	23.90	26.87	18.29	25.81	14.45	19.24
25	21.15	棕榈酸乙酯	-	-	-	-	1.02	-	-	-
26	22.18	十六烷酸丙酯	-	-	-	-	-	0.09	-	-
27	22.22	十七烷酸乙酯	-	-	-	-	-	-	0.23	-
28	23.00	亚油酸乙酯	52.71	19.63	40.91	40.43	30.01	35.56	34.80	21.03
29	23.06	酸乙酯	28.02	7.07	19.43	19.77	14.33	18.01	7.18	11.39
30	23.13	E-11-十六碳烯酸乙酯	-	-	-	-	-	0.66	-	-
31	23.34	十八烷酸乙酯	1.33	-	1.92	1.88	1.38	1.57	1.33	0.97
32	24.13	三油酸甘油酯	-	-	0.17	-	0.14	0.22	-	-
33	25.21	9-十八碳烯酸乙酯	-	-	-	-	0.03	-	-	-
其他			0	2.56	0.71	0.45	4.86	6.65	4.44	4.07
1	2.37	1,1-二乙氧基-乙烷	0.64	-	0.02	-	-	-	-	-
2	3.48	1,1-二丙氧基丙烷	-	2.34	-	0.04	-	-	-	-
3	3.62	苯乙烯	-	0.12	-	-	0.10	-	-	0.44
4	5.07	1,1-二乙氧基-3-甲基-丁烷	-	0.10	-	-	-	0.74	-	-
5	5.69	2,2,4,6,6-五甲基庚烷	-	-	-	-	-	2.22	-	-
6	6.84	3,3-二甲基戊烷	-	-	-	-	-	-	0.21	-
7	8.53	十甲基聚硅氧化合物	-	-	-	-	-	-	-	0.07
8	10.78	二十烷	-	-	-	-	0.06	-	-	-
9	11.15	吡啶	0.64	-	0.69	0.41	4.50	3.56	4.07	3.56
10	12.53	α-萜烯油烯	-	-	-	-	0.20	-	-	-
11	13.28	石竹烯	-	-	-	-	-	-	0.16	-

转下页

接上页										
12	22.82	1,9-环十六烷	-	-	-	-	-	0.13	-	-
合计			99.98	99.97	99.99	99.97	100	99.99	99.99	100.0

注：其中 A 为豆腐白坯、B 为发酵液、C 为发酵一个月腐乳块、D 为发酵一个月腐乳汁、E 为发酵两个月腐乳块、F 为发酵两个月腐乳汁、G 为发酵三个月腐乳块、H 为发酵三个月腐乳汁

CHIJNGHY 等^[2]，采用嗅感探针技术对红腐乳中的风味成分测定表明酯类物质对腐乳复杂风味产生的影响最大，与本实验结果一致。本实验鉴定出的物质中，亚油酸乙酯、十六烷酸乙酯及酸乙酯占风味物质比例最大，占到总量的 90% 以上。由于豆腐坯中蛋白质及脂肪不断的水解，风味物质种类增加，因此酯类物质总量所占的百分比随发酵时间的增加而降低。

随着发酵时间的延长醛、酚、酮、醇和酸类物质的种类及总量都不断增加，新产生的风味物质种类丰富。其中，醛类的检出量很少，最多占总量的 1.75% 主要是苯乙醛和糠醛，苯乙醛具有类似风信子的香气、糠醛具有类似杏仁油气味，都可以产生诱人的风味^[12]。酚类主要是苯酚。酮类物质决定检测 3-羟基-2-丁酮浓度最高，它具有强烈的奶油、脂肪、白脱样香气，高度稀释后有令人愉快的奶香气^[13]。醇类风味物质的种类和总量在发酵过程中不断的增加，其中 3-甲基-1-丁醇、1-己醇、2-呋喃甲醇和苯乙醇的检出量比较高。而且有酸类物质在发酵最后阶段生成，虽然含量很少，但对腐乳的风味有很大的贡献。在其余物质中有烷烯类物质产生，他们的碳链都比较长，可能是由于脂肪分解产生^[14]。但烷烯类物质的风味阈值较高，对腐乳的总体风味贡献并不大。虽然克东腐乳与传统腐乳发酵方式和汤料组分与传统腐乳大相径庭，但检测出的挥发性风味物质与传统毛霉腐乳种类和含量都没有较大差别。

3 结论

本实验对克东腐乳生产中每个月的样品进行取样，采用同时蒸馏萃取法对克东腐乳块及其汤汁中挥发性风物物质进行萃取，并结合气质联用分析风味成分，鉴定出 76 种挥发性香成分，其中醇类 9 种、醛类 5 种、酮类 4 种、酸类 7 种、酯类 33 种、酚及酚醚类 4 种，得出结论随着发酵时间的延长，得出的挥发性风味物质种类不断增加，酸、醛、酮、醇等类物质的百分含量上升，而酯类物质所占的比例降低。为其腐乳品质的提高、工艺的改进提供一定的理论指导。

参考文献

[1] 李慧,牟光庆,李霞.腐乳挥发性成分的研究[J].中国酿造, 2008,23:1-4

LI Hui, MU Guang qing, LI Xia. Study on volatile components of sufu [J]. China Brewing, 2008, 23: 1-4

[2] CHUNG H Y. Volatile components in fermented soybean (Glycine max) curds [J]. J. Agric. Food Chem., 1999, 47(7): 2690-2696

[3] CHUNG H Y. Volatile flavor components in red fermented soybean(Glycine max)curds [J]. J. Agric. Food Chem., 2000, 48(5): 1803-1809

[4] 刘永国,张晓梅,艾娜丝,等.同时蒸馏萃取-气质联用分析艾草挥发性成分分析[J].食品工业科技,2013,34(6):170-177

LIU Yong-guo, ZHANG Xiao-mei, AI Na-si, et al. Analysis of volatile components of Artemisia argyi by simultaneous distillation extraction and gas chromatography-mass spectrometry [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(6): 170-177

[5] 蒋丽婷,李理.HS-SPME 结合 GC-MS 测定白腐乳中挥发性风味成分[J].中国酿造,2011,3:150-155.

JIANG Li ting, Li li. Determination of volatile flavor compounds in white sufu by HS-SPME-GC-MS [J]. China Brewing, 2011, 3: 150-155

[6] LI Y Y, YU R C, CHOU C C. Some biochemical and physical changes during the preparation of the enzyme-ripening sufu,a fermented product of soybean curd [J]. J Agric Food Chem, 2010, 58(8): 4888-4893

[7] CHUNG HY, FUNG PK, KIM J S. Aroma impact components in commercial plain sufu [J]. J. Agric. Food Chem., 2005, 53(5): 1684-1691

[8] 黄明泉,孙宝国,陈海涛,等.同时蒸馏萃取结合气质联用分析北京地区红腐乳挥发性成分的研究[J].食品工业科技,2010,31(7): 150-156

HUANG Ming quan, SUN Bao guo, CHEN Haitao, et al. Study on volatile components in red fermented soybean curds from Beijing [J]. Science and Technology of food Industry, 2010, 31(7): 150-156

[9] HWAN C H, CHOU C C. Volatile components of the Chinese fermented soya bean curd as affected by the addition of ethanol in ageing solution [J]. J. Sci. Food Agric., 1999, 79(2): 243-248

[10] Claudia F, Susanne K Jeannel. Analysis of volatile components of Petite Arvine wine [J]. Eur. Food Res.

- Technol., 2005, 221(3): 504-510
- [11] Chyong-Hsyuan Hwan, Cheng-Chunchou. Volatile components of the Chinese fermented soya bean curd as affected by the addition of ethanol in aging solution [J]. *J. Sci. Food Agric.*, 1999, 79(2): 243-248
- [12] 黄明泉,陈海涛,刘玉平,等.北京地区不同品牌腐乳挥发性成分比较分析[J].*中国调味品*,2011,36(6):80-85.
HUANG Ming quan, CHEN Hai tao, LIU Yuping, et al. Comparison study on volatile components in Fermented bean curd from Beijing different corporations [J]. *China Condiment*, 2011, 36(6): 80-85
- [13] 闫平平,衣杰荣.红腐乳中挥发性风味物质的分析[J]. 2012, 33(2):211-215
YAN Ping-ping, YI Jie-rong. Analysis of Volatile Flavor Components in Red Fermented Soybean Curds [J]. *Food Science*, 2012, 33(2): 211-215
- [14] Jon W Wong, Kai ZHANG, Katherine Tech, et al. Multiresidue Pesticide Analysis in Fresh Produce by Capillary Gas Chromatography-Mass Spectrometry/Selective Ion Monitoring (GC-MS/SIM) and-Tandem Mass Spectrometry (GC-MS/MS) [J]. *J. Agric. Food Chem.*, 2010, 58: 5868-5883