

8 种典型成熟干酪挥发性风味差异性研究

Study on the differences of volatile flavor of eight typical mature cheeses

王磊^{1,2,3,4} 莫蓓红^{2,3,4} 刘振民^{2,3,4} 高海燕¹

WANG Lei^{1,2,3,4} MO Bei-hong^{2,3,4} LIU Zhen-min^{2,3,4} GAO Hai-yan¹

(1. 上海大学生命科学学院, 上海 200444; 2. 乳业生物技术国家重点实验室, 上海 200436;

3. 上海乳业生物工程技术有限公司, 上海 200436; 4. 光明乳业股份有限公司乳业研究院, 上海 200436)

(1. College of Life Science, Shanghai University, Shanghai 200444, China; 2. State key Laboratory of Dairy Biotechnology, Shanghai 200436, China; 3. Shanghai Engineering Research Center of Dairy Biotechnology, Dairy Research Institute, Shanghai 200436, China; 4. Bright Dairy & Food Co., Ltd., Shanghai 200436, China)

摘要:利用固相微萃取—气相色谱质谱联用仪对 8 种典型天然成熟干酪的挥发性风味成分进行分析对比,并通过相对气味活力值阐明 8 种干酪之间风味的差异情况。结果表明:8 种干酪共检测到 74 种挥发性物质,总体上呈现奶香味和果香味。切达干酪、高达干酪、帕玛森干酪、山羊乳干酪中异戊醛和乙酸乙酯赋予干酪果香味,十一酮和丁酸的修饰作用赋予干酪奶香味;艾达姆干酪中乙酸乙酯、辛酸乙酯和癸酸乙酯使得干酪果香味比较浓郁;布里干酪和蓝纹干酪果香味浓郁,但布里干酪果香味的来源是十一酮等酮类,同时这两种干酪中己酸、壬酮和苯乙醇赋予了臭味和哈喇味,布里干酪特有的 1-辛醇也是造成不适气味的原因;安达文干酪中丁酸活力最强,在 8 种干酪中有最强的奶香味,同时己酸和 2-壬酮的高活力赋予了干酪一些臭味和哈喇味。

关键词:干酪;挥发性风味物质;风味特性

Abstract: The volatile compounds were analyzed by using solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry and compared by using relative odor activity value to explain the discrepancy among the eight typical natural cheeses' flavor. The results showed that 74 kinds of volatile compounds were detected. The cheeses were generally milky and fruity. Cheddar, Gouda, Parmesan, and Goat Cheese were fruity with milky because of 3-methyl butanal, ethyl acetate and the modification effect of undecanone and butyric acid. Edam Cheeses were fruity because of the ethyl acetate, ethyl octanoate and ethyl decanoate. Brie Cheese and blue Cheese were fruity, but the fruity smell of Brie Cheese was derived from ketones such as undecanone, while in the two kinds of cheese, caproic acid, nonyl

ketone and phenyl ethanol give fumes and rancidity, and the specific compound 1-octanol of Brie Cheeses were also the cause of discomfort odor. Emmental Cheeses were strongest milky because of the highest relative activity of butyric acid in the eight cheeses, while the high activity of hexanoic acid and 2-nonanone gives the cheeses fumes and rancidity.

Keywords: cheese; volatile flavor compounds; flavor characteristics

天然成熟干酪种类繁多、营养丰富、风味多样,其中挥发性风味物质能够对人产生最直接的感官影响,是产品能否被消费者接受的重要原因之一。

挥发性风味物质一方面是原料乳中本身存在的,另一方面是干酪在成熟过程中乳中成分经微生物代谢造成的综合结果^[1]。目前对于干酪挥发性物质的研究集中在对不同成熟期的干酪或不同处理方法,殷俊玲等^[2]利用固相微萃取—气相色谱质谱联用仪(solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry, SPME—GC—MS)对不同成熟期的市售切达干酪的挥发性物质进行分析,检测出主要挥发性物质有 56 种;Javier Calzada 等^[3]探究了超高压对自制干酪挥发性风味物质的影响,发现有 52 种物质的含量与普通制作的干酪有显著性差异。

目前中国对于干酪风味研究只停留在对某种干酪风味物质含量进行测定,并未对不同干酪的差异和特征进行分析研究。本研究拟选取不同类别(按水分含量分类)的典型干酪,利用 SPME 提取干酪中的挥发性物质,并用 GC—MS 对挥发性物质进行分析,通过相对气味活力值(relative odor activity value, ROAV)确定关键挥发性风味物质,从而对中国市场最常见的 8 种典型成熟干酪的挥发性风味差异进行对比分析,旨在为中国干酪产品的风味控制、产品研发与定位提供一定的理论依据。

作者简介:王磊,男,上海大学在读硕士研究生。

通信作者:莫蓓红(1978—),女,光明乳业股份有限公司高级工程师,硕士。E-mail: mobeihong@brightdairy.com

收稿日期:2017-02-05

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

1.1.1 试验材料

干酪样品:切达干酪、高达干酪、帕玛森干酪、布里干酪、安文达干酪、山羊乳干酪、艾达姆干酪、蓝纹干酪,均购于上海城市超市;并用真空包装袋真空包装置于4℃冷藏室储存。

1.1.2 试验试剂

Na_2HPO_4 :分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.1.3 仪器设备

电子天平:BSA42025-CW型,赛多利斯(上海)贸易有限公司;

恒温水浴箱:GFL1013型,德国GFL公司;

数控超声波清洗仪:KQ5200D型,昆山市超声仪器有限公司;

固相微萃取(SPME):50/30 μm DVB/CAR/PDMS型,美国Sigma-Aldrich公司;

气相色谱-质谱联用仪(GC-MS):安捷伦7890A-5975C型,美国安捷伦公司。

1.2 试验方法

1.2.1 挥发性物质测定 根据江丽红等^[4]的方法,并进行部分修改:均匀称取5g干酪样品放入15mL顶空瓶中,加入25% Na_2HPO_4 8mL,超声20min,置于50℃水浴中平衡15min,插入已老化好的萃取头萃取30min,随后插入气相色谱进样口解析4min后进样。

色谱条件:色谱柱为DB-wax(30m \times 0.25mm \times 0.25 μm);进样温度260℃;不分流;载气为氦气;流量1mL/min;程序升温:40℃保持5min,以5℃/min升至250℃,保持5min。

质谱条件:离子源温度230℃;四级杆温度150℃;电离方式为EI+,70eV;扫描方式为全扫描;质量范围20~400amu;NIST2011检测谱库,选取相似度 ≥ 80 的物质。通过峰面积归一法计算目标化合物的相对百分含量。每个样品重复3次。

1.2.2 关键风味化合物的分析 根据刘登勇等^[5]的方法,利用相对气味活力值(ROAV)评价风味物质对总体风味的贡

献大小。即:

$$\text{ROAV} \approx 100 \times \frac{C_{ri}}{C_{\max}} \times \frac{T_{\max}}{T_i}, \quad (1)$$

式中:

C_{ri} ——各物质的相对浓度,%;

T_i ——各物质的感觉阈值,mg/kg;

C_{\max} ——对风味贡献最大的组分的相对浓度,%;

T_{\max} ——对风味贡献最大的组分的感觉阈值,mg/kg。

当 $1 \leq \text{ROAV} \leq 100$ 时,认为该物质对于干酪整体风味有突出贡献,为主体风味物质;当 $0.1 \leq \text{ROAV} < 1$ 时,认为该物质对于干酪整体风味有比较重要的贡献,起到辅助修饰的作用。

2 结果与分析

2.1 挥发性物质检测

经过SPME萃取,GC-MS分析后干酪中共检测到74种挥发性物质,其中烃类22种,酮类8种,酸类9种,醛类4种,醇类12种,酯类19种。表1列出了8种干酪中对风味可能有贡献的几种物质类型,烃类阈值过高,对风味贡献不大^[6],因此未被列出。由表1可以看出8种干酪由于乳源和发酵剂的不同,造成了挥发性物质间的差异,产生了不同的风味。其中酸类含量普遍比其他几种物质含量高。

2.2 8种干酪挥发性风味的分析对比

2.2.1 酮类物质 酮类物质感官阈值低,对于干酪的挥发性风味有重要影响,其中甲基酮类是干酪中典型的挥发性物质,主要是由脂肪酸 β -氧化产生^[7]。由表2可知,8种干酪共检测到8种酮类物质,除3-羟基丁酮,其余7种都是甲基酮;在帕玛森和布里干酪中含有高浓度的2-戊酮,它可赋予干酪果香及轻微的乳样香气^{[8]356};2-庚酮在8种干酪中均被检测到,尤其在布里干酪中含量较大,这与Luigi Moio等^[9]的检测结果一致,它可赋予干酪类似香蕉气息和奶油香气^{[8]132};2-辛酮只在帕玛森和蓝纹干酪中检测到,可赋予干酪霉香,牛奶及蘑菇的气味,在低浓度时还有类似桃子的香气^{[8]381};2-壬酮有皂样气息并伴有油脂氧化和草药样的气息^{[8]290},使得布里干酪和蓝纹干酪这两种霉菌发酵的干酪一定程度上出现了不愉快的气息;3-羟基丁酮在山羊乳干酪中含量丰富,可赋予

表1 8种干酪中主要挥发性风味物质种类及相对含量

Table 1 The main volatile flavor compounds and their relative contents of eight cheeses

样品	酮类		酸类		醇类		醛类		酯类	
	种类数	含量/%	种类数	含量/%	种类数	含量/%	种类数	含量/%	种类数	含量/%
切达干酪	5	3.75	7	17.26	8	5.80	2	1.52	2	0.52
高达干酪	4	2.35	4	9.49	4	1.72	2	0.52	1	0.59
帕玛森干酪	7	3.98	7	64.74	4	0.45	3	0.32	4	0.90
布里干酪	7	22.87	3	5.80	5	1.02	1	0.19	0	0.00
安文达干酪	4	3.27	6	52.36	4	0.82	1	0.07	3	1.57
山羊乳干酪	4	7.58	5	5.58	7	4.01	3	0.79	2	0.22
艾达姆干酪	5	4.06	5	15.05	3	4.37	1	0.06	3	1.24
蓝纹干酪	6	8.50	9	58.02	7	2.03	1	0.10	14	10.25

表 2 8 种干酪酮类化合物相对百分含量对比[†]

Table 2 The comparison of ketone compounds' relative contents in eight cheeses

干酪种类	2-丁酮	2-戊酮	2-己酮	2-庚酮	3-羟基丁酮	2-辛酮	2-壬酮	2-十一酮	总量
切达干酪	0.91	—	—	1.69	0.39	—	0.70	0.06	3.75
高达干酪	—	0.61	—	0.13	1.56	—	—	0.05	2.35
帕玛森干酪	0.21	1.06	0.20	1.98	—	0.03	0.46	0.04	3.98
布里干酪	0.58	5.57	0.52	12.19	0.34	—	3.02	0.65	22.87
安文达干酪	—	—	—	0.78	2.22	—	0.19	0.08	3.27
山羊乳干酪	0.90	—	—	1.54	4.86	—	0.28	—	7.58
艾达姆干酪	0.53	—	—	0.92	2.22	—	0.26	0.13	4.06
蓝纹干酪	—	0.92	0.10	1.56	—	0.06	5.07	0.79	8.50

† “—”表示未检出。

干酪类似麦芽的香气^{[8]277}。

2.2.2 酸类物质 酸类物质的来源有多种途径,例如残留在干酪中的乳糖经过发酵剂发酵代谢成乳酸、丙酸等;氨基酸也可作为前体物质经脱氨酶降解成酸类;不同的乳源中本身也存在一些酸类物质,如丁酸。由表 3 可知,8 种干酪均检测到乙酸,乙酸主要是由干酪中的乳糖经发酵剂代谢产生;另外,在安文达干酪中检测到大量的丙酸,可能是在成熟过程中丙酸菌将乳糖代谢成丙酸所致^[10];丁酸在 8 种干酪含量都比较丰富,尤其帕玛森干酪,是干酪出现浓郁奶油味及不愉快气味的来源之一^{[8]79};己酸在 8 种干酪中均含有,在帕玛森干酪和蓝纹干酪中尤其含量丰富,能够赋予干酪羊乳气

息,腐臭味并略带汗气和油脂气,是蓝纹干酪的特征性风味物质^[11];辛酸和癸酸普遍存在于 8 种干酪中,在蓝纹干酪中最为丰富,这两种物质可以分别赋予干酪微弱的水果酸及不愉快的油脂酸败的气味^{[8]138-379}。

2.2.3 醇类物质 醇类物质的来源主要有 4 种^[12]:① 乳糖代谢,如乙醇;② 甲基酮类的还原;③ 氨基酸的降解;④ 亚油酸、亚麻酸的降解。由表 4 可知,8 种干酪共检测到 13 种醇类物质,其中由于乳糖的代谢,因此乙醇在所有样品中均被检测到;另外,异戊醇在切达干酪中含量丰富,它可以赋予干酪类似于发酵面包和酵母味^{[8]441};布里干酪中检测到了 1-辛醇,是干酪轻微臭味的来源^{[8]378}。

表 3 8 种干酪酸类化合物相对百分含量对比[†]

Table 3 The comparison of acid compounds' relative contents in eight cheeses

干酪种类	乙酸	丙酸	丁酸	异戊酸	戊酸	己酸	辛酸	癸酸	十二酸	总量
切达干酪	1.88	—	8.20	0.46	—	4.63	1.40	0.62	0.07	17.26
高达干酪	1.03	—	4.28	—	—	3.46	0.72	—	—	9.49
帕玛森干酪	4.03	0.14	22.28	—	0.41	28.49	7.24	2.15	—	65.34
布里干酪	—	—	—	—	—	3.75	1.26	0.79	—	5.80
安文达干酪	4.19	36.13	9.01	—	—	2.04	0.80	0.19	—	52.36
山羊乳干酪	1.16	—	1.85	—	—	1.60	0.71	0.26	—	5.58
艾达姆干酪	1.30	—	5.54	—	—	6.28	1.58	0.35	—	15.05
蓝纹干酪	1.30	0.15	15.31	0.88	0.29	24.10	11.13	4.38	0.48	58.02

† “—”表示未检出。

表 4 8 种干酪醇类化合物相对百分含量对比[†]

Table 4 The comparison of alcohols compounds' relative contents in eight cheeses

干酪种类	乙醇	3-甲基-2-丁醇	1-丁醇	异戊醇	1-戊醇	1-己醇	2-庚醇
切达干酪	1.44	—	—	3.15	0.23	0.06	0.25
高达干酪	1.30	—	—	—	0.30	—	—
帕玛森干酪	0.25	0.10	—	—	—	—	—
布里干酪	0.21	—	—	0.45	—	—	—
安文达干酪	0.08	0.42	0.29	—	—	—	—
山羊乳干酪	1.35	—	0.21	0.88	—	0.39	0.19
艾达姆干酪	4.07	—	—	—	0.21	—	—
蓝纹干酪	0.51	—	0.06	0.59	0.04	—	0.21

续表 4

干酪种类	2-乙基己醇	1-辛醇	2-壬醇	2-呋喃甲醇	苯乙醇	总量
切达干酪	0.35	—	0.10	—	0.22	5.80
高达干酪	0.05	—	—	0.07	—	1.72
帕玛森干酪	0.03	—	—	0.07	—	0.45
布里干酪	—	0.04	—	0.19	0.13	1.02
安文达干酪	0.03	—	—	—	—	0.82
山羊乳干酪	0.95	—	—	—	0.04	4.01
艾达姆干酪	0.09	—	—	—	—	4.37
蓝纹干酪	—	—	0.41	—	0.21	2.03

† “—”表示未检出。

2.2.4 醛类物质 醛类物质的来源主要是多不饱和脂肪酸的氧化;其次,某些氨基酸的降解也可产生较多醛类,例如色氨酸可降解成苯甲醛^[13]。由表 5 可知,8 种干酪中共检测到 4 种醛类物质,除了异戊醛在切达干酪中含量相对较高外,其他 3 种醛类的含量都相对较低。异戊醛可赋予切达干酪类似于苹果,桃子及可可香韵。另外,只在帕玛森干酪中检测到 2-甲基丁醛,它可赋予干酪霉味。

2.2.5 酯类物质 酯类物质的来源主要有两种:① 醇类和酸类的酯化反应,如乙醇和游离脂肪酸酯化成乙基酯^[14];② 氨基酸的代谢。酯类物质感觉阈值低,在干酪中一般贡献果香味。由表 6 可知,乙酸乙酯在大部分的干酪中被检测出,在艾达姆干酪中含量较丰富,它可赋予干酪苹果、香蕉以及微弱的玫瑰香^{[8]417-418}。另外可以观察到,蓝纹干酪中检测到了大量的酯类化合物,说明蓝纹干酪中微生物代谢活力旺盛,同时也反应了蓝纹干酪复杂的风味体系,Irma V Wolf

等^[11]认为酯类可以在一定程度上降低蓝纹干酪的刺激性气味。

表 5 8 种干酪醛类化合物相对百分含量对比[†]

Table 5 The comparison of aldehydes compounds' relative contents in eight cheeses %

干酪种类	2-甲基丁醛	异戊醛	壬醛	苯甲醛	总量
切达干酪	—	1.33	—	0.19	1.52
高达干酪	—	0.44	0.08	—	0.52
帕玛森干酪	0.10	0.19	—	0.03	0.32
布里干酪	—	—	—	0.19	0.19
安文达干酪	—	—	—	0.07	0.07
山羊乳干酪	—	0.63	0.11	0.05	0.79
艾达姆干酪	—	—	—	0.06	0.06
蓝纹干酪	—	0.10	—	—	0.10

† “—”表示未检出。

表 6 8 种干酪酯类化合物相对百分含量对比[†]

Table 6 The comparison of ester compounds' relative contents in eight cheeses %

干酪种类	甲酸庚酯	乙酸乙酯	丙酸乙酯	丁酸甲酯	丁酸丁酯	丁酸异戊酯	丙酸丙酯	丁酸丙酯	己酸甲酯	己酸丙酯
切达干酪	—	0.43	—	—	—	—	—	—	—	—
高达干酪	—	0.59	—	—	—	—	—	—	—	—
帕玛森干酪	—	0.18	—	—	—	—	—	—	—	—
布里干酪	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
安文达干酪	—	—	0.07	—	—	—	0.25	1.25	—	—
山羊乳干酪	0.19	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—
艾达姆干酪	—	0.70	—	—	—	—	—	—	—	—
蓝纹干酪	—	0.06	—	0.33	0.13	4.00	—	—	0.88	0.05

干酪种类	己酸异丁酯	己酸丁酯	己酸异戊酯	庚酸乙酯	辛酸乙酯	辛酸异丁酯	癸酸甲酯	癸酸乙酯	癸酸异丁酯	总量
切达干酪	—	—	—	—	0.09	—	—	—	—	0.52
高达干酪	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.59
帕玛森干酪	—	—	—	0.04	0.34	—	—	0.34	—	0.90
布里干酪	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.00
安文达干酪	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.57
山羊乳干酪	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.22
艾达姆干酪	—	—	—	—	0.11	—	—	0.43	—	1.24
蓝纹干酪	0.37	0.16	2.14	0.06	—	0.07	0.67	1.27	0.06	10.25

† “—”表示未检出。

2.3 8 种干酪主体挥发性物质分析

通过对 8 种干酪中挥发性物质进行筛选,共确定 21 种主体风味物质。由表 7 可知,不同种类干酪的关键风味物质的种类、数量差异较大;异戊醛由于阈值较低($0.25 \mu\text{g}/\text{kg}$)^[15],因此在多种干酪中是挥发性风味贡献最大的化合物,即 ROAV 为 100。切达干酪中主体挥发性风味物质主要有异戊醛、乙酸乙酯和辛酸乙酯,修饰化合物中的 2-庚酮、2-丁酮、十一酮以及丁酸和己酸,与 Heng Hui Gan 等^[16]的分析结果一致;高达干酪中主体风味物质除异戊醛和乙酸乙酯外还筛选出了丁酸和壬醛,2-戊酮、2-庚酮、十一酮和己酸也起

到了修饰作用,与 Makoto Shiota 等^[17]检测结果相近;帕玛森干酪中单独筛选到了 2-甲基丁醛,是霉味的来源;布里干酪中酮类物质占据多数,另外有己酸和 1-辛醇两种呈现不愉快气味的物质以及异戊醇和苯乙醇,Javier Calzada 等^[18]在布里干酪中也检测到了大量的酮类;安达文干酪中主体挥发性风味物质主要有 2-庚酮、2-己酮、十一酮、丁酸、己酸、1-丁醇和丙酸乙酯以及丙酸;山羊乳干酪主体风味物质虽然只有异戊醛和壬醛,但修饰类物质较多,M. E. Carunchia Whetstine 等^[19]也在山羊乳干酪中检测到 80 多种物质对干酪整体风味有贡献;艾达姆干酪关键风味物质中以酮类占据

表 7 8 种干酪关键挥发性风味物质及各组分 ROAV 值[†]

Table 7 The key volatile flavor compounds and their ROAVs of eight cheeses

干酪种类	2-丁酮	2-戊酮	2-己酮	2-庚酮	2-辛酮	2-壬酮	十一酮	丙酸	丁酸
切达干酪	0.01	—	—	0.05	—	0.26	0.11	—	0.64
高达干酪	—	0.09	—	0.01	—	—	0.28	—	1.01
帕玛森干酪	—	0.08	0.07	0.09	—	0.27	0.12	—	2.73
布里干酪	0.30	21.42	8.89	27.58	—	92.92	100.00	—	—
安达文干酪	—	—	—	3.06	—	10.12	21.31	8.59	100.00
山羊乳干酪	0.01	—	—	0.09	—	0.22	—	—	0.31
艾达姆干酪	0.02	—	—	0.12	—	0.47	1.18	—	2.10
蓝纹干酪	—	0.58	0.28	0.57	0.30	25.35	19.75	—	15.95
干酪种类	戊酸	己酸	辛酸	癸酸	1-丁醇	异戊醇	1-己醇	2-庚醇	1-辛醇
切达干酪	—	0.03	—	—	—	0.24	0.01	0.05	—
高达干酪	—	0.07	—	—	—	—	—	—	—
帕玛森干酪	0.02	0.28	—	—	—	—	—	—	—
布里干酪	—	1.92	0.02	0.01	—	2.77	—	—	1.14
安达文干酪	—	1.81	0.02	—	1.54	—	—	—	—
山羊乳干酪	—	0.02	—	—	0.02	0.14	0.08	0.08	—
艾达姆干酪	—	0.19	—	—	—	—	—	—	—
蓝纹干酪	0.15	2.01	0.03	0.01	0.03	0.59	—	0.53	—
干酪种类	2-壬醇	苯乙醇	2-甲基丁醛	异戊醛	壬醛	苯甲醛	乙酸乙酯	丙酸乙酯	丁酸甲酯
切达干酪	0.01	0.09	—	100.00	—	0.01	1.62	—	—
高达干酪	—	—	—	100.00	1.30	—	6.70	—	—
帕玛森干酪	—	—	3.68	22.35	—	—	1.06	—	—
布里干酪	—	4.44	—	—	—	0.97	—	—	—
安达文干酪	—	—	—	—	—	0.62	0.00	18.65	—
山羊乳干酪	—	0.04	—	100.00	1.25	0.01	0.24	—	—
艾达姆干酪	—	—	—	—	—	0.02	12.73	—	—
蓝纹干酪	0.37	1.17	—	100.00	—	—	3.00	—	16.50
干酪种类	丁酸丁酯	己酸甲酯	己酸异戊酯	庚酸乙酯	辛酸乙酯	癸酸甲酯	癸酸乙酯		
切达干酪	—	—	—	—	16.92	—	—		
高达干酪	—	—	—	—	—	—	—		
帕玛森干酪	—	—	—	0.01	100.00	—	0.50		
布里干酪	—	—	—	—	—	—	—		
安达文干酪	—	—	—	—	—	—	—		
山羊乳干酪	—	—	—	—	—	—	—		
艾达姆干酪	—	—	—	—	100.00	—	1.95		
蓝纹干酪	0.33	2.93	0.59	0.09	—	0.17	15.88		

† “—”表示未检出。

多数,酯类活力较高;蓝纹干酪主体物质种类最多,以酯类占据多数,另外还筛选到 2-壬酮、十一酮、丁酸、己酸、苯乙醇和异戊醛,Irma V Wolf 等^[11]认为 2-壬酮是蓝纹干酪的特征风味物质。

切达干酪、高达干酪、帕玛森干酪、山羊乳干酪由于异戊醛和乙酸乙酯的高活力,呈现出以果香味为主,同时由于十一酮和丁酸的修饰作用使干酪带有奶香味;艾达姆干酪中乙酸乙酯、辛酸乙酯和癸酸乙酯活力较高,因此果香味比较浓郁;布里干酪和蓝纹干酪果香味浓郁,但布里干酪果香味的来源是十一酮等酮类,同时其中高活力的己酸、壬酮和苯乙醇赋予了这两种干酪臭味和哈喇味,布里干酪特有的 1-辛醇也是造成不适气味的原因;安达文干酪丁酸活力最强,在 8 种干酪中有最强的奶香味,同时己酸和 2-壬酮的高活力赋予了干酪一些臭味和哈喇味。

3 结论

(1) 8 种干酪挥发性风味物质的差异主要体现在物质种类和相对活力上。8 种典型天然成熟干酪中共检测到 74 种挥发性物质,其中烃类 22 种,酮类 8 种,酸类 9 种,醛类 4 种,醇类 12 种,酯类 19 种。由于乳源、发酵剂、成熟时间的差异,造成了不同种类干酪间挥发性物质的种类和相对含量的不同。

(2) 8 种干酪总体上呈现奶香味和果香味。大部分干酪的特征挥发性风味物质为 2-庚酮、壬酮、十一酮、丁酸、己酸、异戊醛、乙酸乙酯和苯甲醛。切达干酪、高达干酪、帕玛森干酪、山羊乳干酪由于异戊醛和乙酸乙酯的高活力,呈现出以果香味为主,同时由于十一酮和丁酸的修饰作用使干酪带有奶香味;艾达姆干酪中乙酸乙酯、辛酸乙酯和癸酸乙酯活力较高,因此果香味比较浓郁;布里干酪和蓝纹干酪果香味浓郁,但布里干酪果香味的来源是十一酮等酮类,同时其中高活力的己酸、壬酮和苯乙醇赋予了这两种干酪臭味和哈喇味,布里干酪特有的 1-辛醇也是造成不适气味的原因;安达文干酪丁酸活力最强,在 8 种干酪中有最强的奶香味,同时己酸和 2-壬酮的高活力赋予了干酪一些臭味和哈喇味。目前,本研究局限在对不同风味物质产生的特征气味的鉴定方面,而这些独特气味间的相互平衡所呈现的干酪间总体风味差异还待进一步探讨和研究。

参考文献

[1] PATRICK F Fox, PAUL L H Mcsweeney, TIMOTHY M C, et al. Cheese Chemistry, Physics and Microbiology: General Aspects[M]. 3rd. [S.l.]: Academic Press, 2004: 489-510.

[2] 殷俊玲, 王默谊, 刘小鸣, 等. 市售切达奶酪的风味特性[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(12): 172-178.

[3] CALZADA J, OLMO A D, PICON A, et al. Effect of High Pressure Processing on the Lipolysis, Volatile Compounds, Odour and Colour of Cheese Made from Unpasteurized Milk[J]. Food and Bioprocess Technology, 2015, 8(5): 1 076-1 088.

[4] 江丽红, 周颖喆, 洪青, 等. 市售陈年切达奶酪风味特征及消费者喜好度研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(23): 275-281.

[5] 刘登勇, 周光宏, 徐幸莲. 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.

[6] GARCIA C, BERDAGUÉ J J, ANTEQUERA T, et al. Volatile compounds of dry cured Iberian ham[J]. Food Chemistry, 1991, 41(1): 23-32.

[7] PMG C, BOSSET J O. Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography-olfactometry [J]. International Dairy Journal, 2002, 12(12): 959-984.

[8] 林翔云. 香料香精辞典[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.

[9] MOIO L, PIOMBINO P, ADDEO F. Odour-impact compounds of Gorgonzola cheese[J]. Journal of Dairy Research, 2000, 67(2): 273-285.

[10] HARTMANN K I, DUNKEL A, HILLMANN H, et al. Identification of physical properties and volatile and non-volatile compounds for discrimination between different Emmental-type cheeses: a preliminary study[J]. Dairy Science & Technology, 2015, 95(5): 701-717.

[11] WOLF I V, PEROTTI M C, ZALAZAR C A. Composition and volatile profiles of commercial Argentinean blue cheeses[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2011, 91(2): 385-393.

[12] MOLIMARD P, SPINLER H E. Review: Compounds Involved in the Flavor of Surface Mold-Ripened Cheeses: Origins and Properties[J]. Journal of Dairy Science, 1996, 79(2): 169-184.

[13] 郭本恒, 刘振民. 干酪科学与技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2015: 81-82.

[14] DELGADO F J, CAVA R, RAMÍREZ R. Formation of the aroma of a raw goat milk cheese during maturation analysed by SPME-GC-MS[J]. Food Chemistry, 2011, 129(3): 1 156-1 163.

[15] 范海默特. 化合物香味阈值汇编[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 128.

[16] HENG Hui-gan, YAN Bing-nan, LINFORTH R S T, et al. Development and validation of an APCI-MS/GC-MS approach for the classification and prediction of Cheddar cheese maturity[J]. Food Chemistry, 2015, 57(7): 442-447.

[17] SHIOTA M, AI I, AI S I, et al. Effects of Flavor and Texture on the Sensory Perception of Gouda-Type Cheese Varieties during Ripening Using Multivariate Analysis[J]. Journal of Food Science, 2015, 80(12): C2 740-C2 750.

[18] CALZADA J, OLMO A D, PICON A, et al. Effect of high-pressure-processing on lipolysis and volatile compounds of Brie cheese during ripening and refrigerated storage [J]. International Dairy Journal, 2014, 39(2): 232-239.

[19] CARUNCHIAWHETSTINE M E, KARAGUL-YUCEER Y, AVSAR Y K, et al. Identification and Quantification of Character Aroma Components in Fresh Chevre-style Goat Cheese[J]. Journal of Food Science, 2003, 68(8): 2 441-2 447.