

市售天然成熟干酪滋味特征差异性研究

The differences of taste characteristics of commercial natural mature cheeses

王磊^{1,2}

WANG Lei^{1,2}

(1. 上海乳业生物工程研究中心, 上海 200436;

2. 光明乳业股份有限公司乳业研究院乳业生物技术国家重点实验室, 上海 200436)

(1. Shanghai Engineering Research Center of Dairy Biotechnology, Shanghai 200436, China; 2. Dairy Research Institute, Bright Dairy & Food Co., Ltd., State Key Laboratory of Dairy Biotechnology, Shanghai 200436, China)

摘要:利用气相色谱质谱联用仪、氨基酸分析仪对 8 种典型天然成熟干酪的主要滋味成分进行分析,通过滋味活力值和感官评定阐明 8 种干酪间的滋味差异情况。结果表明:除了山羊乳干酪和布里干酪,其他 6 种干酪中游离氨基酸对滋味均有贡献,特征滋味氨基酸有缬氨酸和赖氨酸,即干酪共同带有苦味和甜味,而蓝纹干酪特征性氨基酸种类最丰富,滋味最强;8 种干酪共检测到 11 种游离脂肪酸,共有的特征滋味脂肪酸为己酸、壬酸、癸酸、月桂酸和肉豆蔻酸。其中酸味程度最强的为艾达姆干酪,帕玛森干酪的醇厚感最强;8 种干酪氯化钠含量明显高于阈值,可显著感受到咸味。经感官分析,干酪的滋味中咸味和鲜味比较突出,蓝纹干酪滋味强度最强。

关键词:干酪;滋味特征;游离氨基酸;游离脂肪酸;感官评价

Abstract: The main taste components of eight typical natural mature cheeses were analyzed by gas chromatography-mass spectrometry and amino acid analyzer. The taste activity values and sensory evaluation were used to clarify the differences among the eight kinds of cheeses, so as to provide a theoretical basis for precise control of cheese flavor and market positioning. The results showed that in addition to Goat Cheese and Brie Cheese, free amino acids contributed to the taste of the other six type of cheeses. The common taste amino acids were valine and lysine. Cheeses were bitter and sweet. And blue Cheese had the strongest taste because of the most of free amino acids. In addition, eight kinds of cheese were detected 11 kinds of fatty acids. The common taste fatty acids were caproic acid, nonanoic acid, capric acid, lauric acid and tetradecanoic acid. The Edam Cheese had the strongest acidity, and Parmesan Cheese had the strongest mellow feeling. Meanwhile, the sodium chloride contents of eight kinds of cheeses were significantly higher than their

threshold. The cheeses could be clearly felt the salty taste. The taste of cheeses was more salty and umami, and Blue Cheese was strongest taste by sensory evaluation.

Keywords: cheese; taste characteristic; free amino acid; free fatty acid; sensory evaluation

天然干酪是原料乳经发酵凝乳制成的高营养乳制品。干酪滋味是消费者能否长期食用干酪的重要原因之一。干酪的滋味主要来源于蛋白质、脂肪的分解产物及某些矿物质。目前国外对部分干酪的滋味已有研究,并且开始利用新技术对滋味成分进行分析。如 Camilla 等^[1]发现半硬质干酪的苦味与缬氨酸、亮氨酸有关,甜味与丙氨酸、 γ -氨基丁酸、脯氨酸和甘氨酸相关;Lauriane 等^[2]用²³Na 核磁共振仪(Nuclear Magnetic Resonance, NMR)结合时间-强度法检测评价员口中的钠离子的迁移率,以分析咸味在口中的释放情况;Manxiang 等^[3]用切片样品法预处理干酪,随后用傅里叶变换红外光谱仪(Fourier Transform Infrared Spectrometer, FTIR)对样品进行分析,实现了对脂肪和氨基酸的检测。而中国干酪滋味的研究还鲜有报道。

本试验选取不同种类(按水分含量分类)的 8 种典型天然成熟干酪,通过全自动氨基酸分析仪(Amino Acid Analyzer, AAA)、气相色谱质谱联用仪(Gas Chromatography-Mass Spectrometry, GC-MS)对干酪中的游离氨基酸、游离脂肪酸等滋味物质进行定性定量分析,根据滋味活力值筛选特征滋味物质,以及感官评价对 8 种干酪的特征滋味物质及其代表滋味进行分析对比,以探究干酪间滋味差异,为新型自制干酪产品的研发、风味的精确控制和市场定位提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 试验材料

切达干酪、高达干酪、帕玛森干酪、布里干酪、安文达干

基金项目:上海市科委工程技术研究中心能力提升项目(编号:16DZ2280600)

作者简介:王磊(1992—),男,光明乳业股份有限公司助理工程师,硕士。E-mail: wanglei6@brightdairy.com

收稿日期:2017-09-28

酪、山羊乳干酪、艾达姆干酪、蓝纹干酪:购自于上海城市超市(详细信息见表 1),每种干酪各购买 3 份;用真空包装袋真空包装,放置于 4℃冷藏室储存备用。

表 1 8 种干酪样品信息表

Table 1 The information of eight kinds of cheese samples

干酪分类	干酪特征	干酪品种	原产国
特硬质干酪	细菌发酵	帕玛森干酪	意大利
硬质干酪	大气孔	安达文干酪	瑞士
	无气孔	切达干酪	英国
半硬质干酪	小气孔	高达干酪	荷兰
	无气孔	艾达姆干酪	荷兰
半软质干酪	霉菌发酵	蓝纹干酪	丹麦
	山羊乳乳源	山羊乳干酪	葡萄牙
软质干酪	霉菌发酵	布里干酪	法国

1.1.2 试验试剂

0.2 μm 滤膜:上海安普实验科技股份有限公司;

一次性无菌注射器 1 mL 连针:上海安普实验科技股份有限公司;

磺基水杨酸、己烷、甲醇、NaOH:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

C_{19:0} 内标物:色谱纯,美国 Sigma-Aldrich 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;

分散机:T25 D S25 型,艾卡(广州)仪器设备有限公司;

落地式离心机:Beckman Avanti J-30I 型,贝克曼库尔特商贸(中国)有限公司;

全自动氨基酸分析仪:L-8900 型,日本日立公司;

数控超声波清洗仪:KQ5200D 型,昆山市超声仪器有限公司;

旋涡混合器:XW-80A 型,上海青浦沪西仪器厂;

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

1.2 试验方法

1.2.1 游离氨基酸的检测 称取 10 g 干酪,加去离子水至 100 mL,用分散机匀浆,静置,离心(9 000×g,4℃,30 min)。去除上层脂肪,下层沉淀,取上清,按样品体积 1/3 加入 7 g/100 mL 磺基水杨酸溶液,静置 15 min,离心(9 000×g,4℃,30 min),去除下层沉淀,上层滤液用滤纸过滤并用 0.2 μm 滤膜过滤,利用氨基酸分析仪测定。试验重复 3 次。

1.2.2 游离脂肪酸的检测

(1) 脂肪酸甲酯化:0.3 g 干酪样品溶于 3 mL 己烷中,加入 3 mL NaOH-甲醇溶液进行甲酯化反应,随后取 20 μL 9.918 mg/mL C_{19:0} 作为内标加入溶液中,震荡 2 min,超声 20 min,放置 30 min,取上清稀释 10 倍用 GC-MS 测定。每组试验重复 3 次。

(2) 色谱条件:色谱柱:DB-5;进样量:1.00 μL;进样温度:270℃;分流比:无分流;载气:He;流量:1 mL/min;程序

升温:70℃保持 5 min,以 25℃/min 升至 200℃,保持 0 min,以 2℃/min 升至 260℃,保持 0 min。

(3) 质谱条件:接口温度:260℃;离子源温度:230℃;四级杆温度:150℃;电离方式:EI+,70 eV;扫描方式:全扫描,质量范围:33~500 amu。GC-MS 数据由 ChemStation Integratorrr 系统完成,化合物经 NIST 2011 谱库检测匹配,选取相似度≥80 的物质。

1.2.3 氯化钠含量测定 按 GB 50094.44—2016 执行。

1.2.4 特征滋味物质的筛选 根据 Grosch 等^[4]的方法,利用滋味活度值(Taste Activity Values, TAV)来评价游离氨基酸、游离脂肪酸和氯化钠对滋味的影响。按式(1)计算滋味活度值。

$$TAV = \frac{C_i}{T_i}, \tag{1}$$

式中:

TAV——滋味活力值;

C_i——测得物质的浓度,mg/100 g;

T_i——该物质阈值,mg/100 g。

1.2.5 干酪感官评价

(1) 样品制备:将干酪从冰箱取出,放置 30 min 至室温,切取 2 cm×2 cm×2 cm 小块放于一次性水杯中,用铝箔纸包好,并用 3 位随机数字编号。

(2) 感官标尺的建立:采用线性标度进行评分^[5]。在距离长为 15 cm 的直线两端各 1.25 cm 处作为起止点,在 7.5 cm 处作为中间线,根据风味强度不同,在直线上作出标记,以 0 cm 到标记处的距离作为该种属性的风味强度。

(3) 感官特性及定义参照物:评价员通过品尝干酪单独记录能反映干酪的感官特性。参考食品感官分析词典^[6]对感官特性进行汇总和定义,并确定参比样,见表 2。

(4) 评价员评价:20 名经过培训的感官评价员(男、女各 10 名,均为中国干酪研究专家)对 8 种干酪的滋味特征进行感官评价。首先将标有 3 位随机数字的干酪随机呈送给评价员,按照表 2 的品评顺序进行评价,并在感官标尺上打分。每个样品间用温水和苏打饼干漱口以消除样品间的干扰。

表 2 干酪感官特征定义及参比样

Table 2 The definition and references of cheeses attributes

感官特征	定义	参比样
咸味	食盐的引出滋味或氯化钠水溶液滋味	氯化钠
甜味	蔗糖的基本滋味,蔗糖或者果糖水溶液的滋味	白砂糖
酸味	酸引起的基本滋味	柠檬酸
苦味	咖啡因或者奎宁的基本味道	咖啡因
鲜味	某种氨基酸或者核苷酸引起的化学感觉	味精
辛辣感(口感)	轻微的灼烧感,刺痛感(舌头或者嘴表面的麻木)	二锅头
异味	样品被吞下(吐出)后,出现与原来不同的特性特征	
滞留性	样品已经被吞下(吐出)后,继续感觉到的特性特征	

1.3 数据处理

采用 SPSS 22.0 软件通过 ANOVA 对数据进行 Tukey HSD 显著性分析,结果均以平均值±标准差表示,分析前将数据进行标准化处理。

2 结果与分析

2.1 干酪中游离氨基酸的检测

由表 3 可知,17 种游离氨基酸在干酪中均被检测到,其中谷氨酸、赖氨酸含量普遍较高,这 2 种氨基酸主要赋予干酪鲜味和苦味。除布里干酪和山羊乳干酪氨基酸含量相对较少外,其他 6 种干酪氨基酸总量都较为丰富。帕玛森干酪和蓝纹干酪氨基酸含量明显高于其余 6 种,这是由于帕玛森干酪的成熟期在 10 个月以上^[7-8],而蓝纹干酪可能是由于在加工过程中除了加入娄地青霉作为主要发酵剂外,在成熟

期间还需对干酪块穿孔引入空气,使霉菌孢子进入干酪内部,加速了蛋白质的降解,因此产生了较多的氨基酸^[9]。

2.2 特征滋味氨基酸的鉴定

根据表 4 和表 5 得到各氨基酸的滋味活力值(TAV)。当 TAV 值>1 时,说明该物质的浓度大于本身的阈值,能被人感受到,即对滋味有贡献^[4]。由表 5 可知,除布里干酪和山羊乳干酪外,其他 6 种干酪中游离氨基酸对滋味均有一定贡献。而 C Salles 等^[10]的研究中选取的山羊乳干酪也出现了氨基酸含量低于阈值的情况。8 种干酪共有的特征滋味氨基酸有缬氨酸和赖氨酸,即干酪共同带有苦味和甜味。切达干酪中对滋味有贡献的氨基酸还有苯丙氨酸,通过表 4 可知,这 3 种氨基酸主要赋予切达干酪甜味和苦味;高达干酪中对滋味有贡献的特征氨基酸还有谷氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、

表 3 8 种干酪中 17 种游离氨基酸含量[†]
Table 3 The contents of seventeen kinds of free amino acids in eight cheeses mg/100 g

干酪种类	Asp	Thr	Ser	Glu	Gly	Ala
切达干酪	26.16±1.99 ^{de}	15.94±1.20 ^e	21.60±1.45 ^c	177.13±12.19 ^f	17.03±1.26 ^d	23.89±2.27 ^e
高达干酪	52.69±4.09 ^c	79.80±7.74 ^c	77.90±6.85 ^b	591.43±25.62 ^c	44.55±4.60 ^b	58.75±3.54 ^{cd}
帕玛森干酪	91.89±8.60 ^b	121.51±11.39 ^b	205.60±16.84 ^a	639.96±19.65 ^b	69.78±4.43 ^b	74.01±5.64 ^b
布里干酪	7.98±0.23 ^{ef}	3.77±0.19 ^e	2.56±0.12 ^c	24.75±4.50 ^g	2.04±0.03 ^e	8.30±0.48 ^f
安文达干酪	1.80±0.09 ^f	54.73±5.00 ^d	57.45±8.00 ^b	277.43±10.50 ^e	30.89±1.43 ^c	68.15±3.01 ^{bc}
山羊乳干酪	2.99±0.22 ^f	2.24±0.09 ^e	4.45±0.10 ^c	19.10±4.33 ^g	0.53±0.01 ^e	5.48±0.47 ^f
艾达姆干酪	40.41±1.59 ^{cd}	71.15±1.99 ^c	62.98±2.89 ^b	409.47±18.57 ^d	33.12±1.82 ^c	53.02±2.33 ^d
蓝纹干酪	298.47±17.14 ^a	174.08±9.95 ^a	209.50±10.38 ^a	766.08±14.85 ^a	80.26±4.00 ^a	143.73±12.29 ^a
干酪种类	Val	Cys	Met	Ile	Leu	Tyr
切达干酪	49.68±6.01 ^d	0.82±0.01 ^c	26.42±1.20 ^c	22.94±2.37 ^d	161.27±12.67 ^d	29.71±1.96 ^e
高达干酪	164.68±10.39 ^c	0.00±0.00 ^c	61.18±4.90 ^b	111.01±7.23 ^b	263.60±14.00 ^c	59.88±4.87 ^d
帕玛森干酪	230.11±12.26 ^b	0.40±0.01 ^c	71.13±5.66 ^b	221.60±10.73 ^a	334.11±19.13 ^b	118.33±8.65 ^b
布里干酪	3.09±0.11 ^e	5.28±0.10 ^b	1.75±0.03 ^d	1.69±0.03 ^e	7.49±0.33 ^e	3.73±0.14 ^f
安文达干酪	105.47±12.08 ^d	0.00±0.00 ^c	32.89±1.20 ^c	71.16±5.00 ^c	164.29±13.84 ^d	45.76±1.28 ^{de}
山羊乳干酪	11.84±2.37 ^e	0.20±0.01 ^c	7.07±0.21 ^d	7.62±0.50 ^{de}	21.77±2.02 ^e	9.48±0.40 ^f
艾达姆干酪	169.36±10.51 ^c	0.74±0.03 ^c	62.88±2.10 ^b	72.48±5.20 ^c	295.58±13.97 ^b	69.86±8.94 ^c
蓝纹干酪	288.58±13.09 ^a	13.38±1.00 ^a	176.87±11.38 ^a	217.42±11.07 ^a	489.33±27.77 ^a	187.43±11.16 ^a
干酪种类	Phe	Lys	His	Arg	Pro	
切达干酪	90.71±4.58 ^d	79.02±5.51 ^e	11.86±1.27 ^d	21.89±2.17 ^c	30.95±2.76 ^d	
高达干酪	187.60±11.18 ^c	230.39±14.36 ^c	45.38±5.55 ^c	147.06±9.65 ^a	155.09±13.01 ^c	
帕玛森干酪	172.94±7.99 ^c	341.92±21.78 ^b	105.47±8.51 ^b	2.27±0.10 ^d	316.93±14.55 ^b	
布里干酪	5.10±0.42 ^e	15.93±0.99 ^f	4.60±0.14 ^d	3.06±0.09 ^d	4.47±0.13 ^d	
安文达干酪	74.83±4.45 ^d	157.29±8.12 ^d	56.06±3.23 ^c	81.93±4.12 ^b	171.94±8.75 ^c	
山羊乳干酪	15.50±2.53 ^e	7.38±0.65 ^f	3.83±0.26 ^d	1.88±0.19 ^d	13.31±1.96 ^d	
艾达姆干酪	209.83±11.21 ^b	185.80±10.12 ^{cd}	40.49±1.93 ^c	127.54±6.88 ^a	128.96±9.16 ^c	
蓝纹干酪	288.43±11.84 ^a	516.22±26.98 ^a	154.02±11.05 ^a	95.40±7.49 ^b	353.16±18.95 ^a	

† 同列不同字母表示差异性显著(P<0.05)。

表 4 17 种游离氨基酸阈值及特征滋味^{[4]†}

Table 4 The thresholds of seventeen kinds of free amino acids and their characteristic flavor mg/mL

氨基酸	Asp(Na)	Thr	Ser	Glu(Na)	Gly	Ala	Val	Cys	Met	Ile	Leu	Tyr	Phe	Lys	His	Arg	Pro
阈值	1.0	2.6	1.5	3.0	1.3	0.6	0.4	—	0.3	0.9	1.9	—	0.9	0.5	0.2	0.5	3.0
特征风味	鲜味	甜味	甜味	鲜味	甜味	甜味	苦味	—	苦味	苦味	苦味	苦味	苦味	甜味	苦味	苦味	甜味

† “—”表示未检出。

表 5 8 种干酪中 17 种游离氨基酸 TAV[†]

Table 5 TAV of seventeen free amino acids in eight cheeses

干酪种类	Asp	Thr	Ser	Glu	Gly	Ala	Val	Cys	Met
切达干酪	0.26	0.06	0.14	0.59	0.13	0.40	1.24	—	0.88
高达干酪	0.53	0.31	0.52	1.97	0.34	0.98	4.12	—	2.04
帕玛森干酪	0.92	0.47	1.37	2.13	0.54	1.23	5.75	—	2.37
布里干酪	0.08	0.01	0.02	0.08	0.02	0.14	0.08	—	0.06
安达文干酪	0.02	0.21	0.38	0.92	0.24	1.14	2.64	—	1.10
山羊乳干酪	0.03	0.01	0.03	0.06	0.00	0.09	0.30	—	0.24
艾达姆干酪	0.40	0.27	0.42	1.36	0.25	0.88	4.23	—	2.10
蓝纹干酪	2.98	0.67	1.40	2.55	0.62	2.40	7.21	—	5.90

干酪种类	Ile	Leu	Tyr	Phe	Lys	His	Arg	Pro
切达干酪	0.25	0.85	—	1.01	1.58	0.59	0.44	0.10
高达干酪	1.23	1.39	—	2.08	4.61	2.27	2.94	0.52
帕玛森干酪	2.46	1.76	—	1.92	6.84	5.27	0.05	1.06
布里干酪	0.02	0.04	—	0.06	0.32	0.23	0.06	0.01
安达文干酪	0.79	0.86	—	0.83	3.15	2.80	1.64	0.57
山羊乳干酪	0.08	0.11	—	0.17	0.15	0.19	0.04	0.04
艾达姆干酪	0.81	1.56	—	2.33	3.72	2.02	2.55	0.43
蓝纹干酪	2.42	2.58	—	3.20	10.32	7.70	1.91	1.18

[†] “—”表示未测出。

异亮氨酸、苯丙氨酸、组氨酸和精氨酸，主要赋予干酪鲜味、苦味和甜味；帕玛森干酪中特征滋味氨基酸还有色氨酸、谷氨酸、丙氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸和组氨酸，主要赋予干酪苦味、鲜味和甜味；安达文干酪中还有丙氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、组氨酸和精氨酸，赋予干酪苦味和甜味；艾达姆干酪中特征滋味游离氨基酸还有谷氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、组氨酸和精氨酸，主要赋予干酪苦味、鲜味和甜味；蓝纹干酪特征滋味氨基酸最丰富，除共有氨基酸外，还有天门冬氨酸、丝氨酸、谷氨酸、丙氨酸、甲硫氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、组氨酸、精氨酸和脯氨酸共 12 种，可赋予干酪苦味、鲜味和甜味。

以 TAV 值作为强度指标衡量各氨基酸对 8 种干酪滋味的影响程度。由图 1 可知，蓝纹干酪由于赋予滋味的游离氨基酸含量最高，种类最丰富，因此滋味最强。虽然氨基酸也提供了干酪甜味和鲜味，但在苦味程度较高的情况下，根据味的消杀作用^[11]，甜味和鲜味感受程度大大降低，但同时甜

味和鲜味的存在也一定程度上降低了苦味，3 种滋味间起到了风味平衡的作用。

2.3 干酪中脂肪酸的检测

由表 6 可知，8 种干酪共检测到 11 种脂肪酸。脂肪酸含量较高，可能是市售干酪成熟期较长，脂肪酶逐渐将脂肪分解。其中己酸是主要的挥发性短链脂肪酸，赋予干酪一定程度的腐臭味^[12]。辛酸至硬脂酸均为中长链脂肪酸，这些脂肪酸主要赋予干酪酸味，与 Kollodge 等^[13]研究的脂肪酸种类大致相同，但由于本试验选取干酪属于市售干酪，成熟期较长，因此含量比报道高。

2.4 特征滋味脂肪酸的鉴定

类似于氨基酸，根据表 7 选取 TAV 值>1 的脂肪酸作为干酪特征滋味脂肪酸。月桂酸阈值低且含量高，因此是干酪酸味的主要贡献物质。由表 8 可知，8 种干酪共有的特征滋味脂肪酸为己酸、壬酸、癸酸、月桂酸和肉豆蔻酸。除了己酸具有挥发性，壬酸带有奶油的醇厚感外，其他脂肪酸带有酸味。切达干酪、帕玛森干酪、艾达姆干酪和蓝纹干酪的特征滋味脂肪酸还有辛酸和棕榈酸；山羊乳干酪特征滋味脂肪酸还有辛酸。这些脂肪酸主要赋予干酪奶油的后韵味和酸味。以 TAV 值作为强度指标衡量各脂肪酸对 8 种干酪滋味的影响程度。由图 2 可知，酸味程度最强的为艾达姆干酪，而帕玛森干酪的醇厚感最强。

2.5 氯化钠含量及 TAV 分析

干酪盐渍主要使用钠盐，在人咀嚼过程中主要是氯化钠赋予了干酪咸味。由表 9 可知，由于工艺的不同，氯化钠的添加量各有不同，其中山羊乳干酪和蓝纹干酪氯化钠含量明显高于其他 6 种干酪。8 种干酪中氯化钠的含量均高于阈值(318 mg/kg)^[14]^[19]，说明 8 种干酪均能明显感觉到咸味。

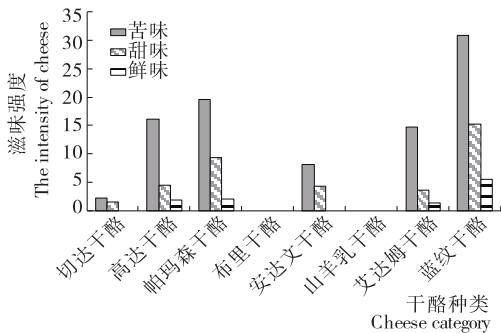


图 1 8 种干酪游离氨基酸滋味强度对比

Figure 1 The comparison of free amino acids taste intensity of eight cheeses

表 6 8 种干酪中脂肪酸含量[†]

Table 6 The contents of fatty acids in eight cheeses μg/g

干酪种类	己酸	辛酸	壬酸	癸酸	月桂酸	肉豆蔻酸
切达干酪	181.64±0.50 ^a	167.95±0.23 ^a	4.77±0.02 ^b	571.20±0.61 ^b	942.87±0.18 ^b	3 432.65±4.40 ^a
高达干酪	85.36±0.05 ^b	81.08±0.03 ^b	1.79±0.04 ^b	258.12±0.38 ^b	590.82±0.10 ^d	1 737.00±1.28 ^d
帕玛森干酪	160.75±0.24 ^b	150.26±0.34 ^b	6.71±0.02 ^a	550.34±0.59 ^c	857.11±0.10 ^c	2 934.72±0.71 ^b
布里干酪	103.00±0.22 ^e	94.37±0.24 ^f	2.99±0.01 ^e	321.92±0.28 ^f	472.84±0.11 ^f	1 612.10±3.22 ^e
安达文干酪	94.41±0.27 ^f	83.84±0.28 ^g	2.29±0.01 ^g	279.77±0.22 ^g	403.42±0.33 ^g	1 421.69±0.70 ^f
山羊乳干酪	90.96±0.01 ^g	135.65±0.13 ^d	2.51±0.01 ^f	625.84±1.99 ^a	334.25±1.43 ^b	1 030.38±7.03 ^g
艾达姆干酪	155.31±0.46 ^c	146.43±0.23 ^c	3.43±0.00 ^d	511.33±0.81 ^d	992.65±0.67 ^a	2 933.13±5.21 ^b
蓝纹干酪	128.13±0.46 ^d	106.20±0.39 ^e	4.01±0.04 ^c	358.52±0.06 ^e	546.02±1.25 ^e	1 835.60±2.48 ^c

干酪种类	十五烷酸	棕榈油酸	棕榈酸	亚油酸	硬脂酸
切达干酪	305.71±0.39 ^a	350.80±0.32 ^a	10 239.66±20.98 ^a	339.01±0.12 ^b	1 961.04±0.70 ^a
高达干酪	130.04±0.48 ^f	148.07±0.25 ^g	4 667.07±3.77 ^e	114.81±0.27 ^b	1 033.88±0.53 ^e
帕玛森干酪	264.90±0.29 ^b	296.72±0.15 ^b	7 739.94±2.09 ^b	520.01±0.49 ^a	1 632.21±2.50 ^c
布里干酪	139.61±0.31 ^e	152.75±0.11 ^e	4 174.99±4.26 ^f	230.69±0.14 ^d	1 073.27±2.18 ^d
安达文干酪	114.36±0.09 ^g	151.30±0.34 ^f	3 758.31±1.13 ^g	158.51±0.75 ^g	951.10±0.77 ^f
山羊乳干酪	59.90±0.05 ^b	60.57±0.74 ^b	3 653.19±6.93 ^b	268.28±0.93 ^c	653.92±1.55 ^g
艾达姆干酪	221.41±0.83 ^c	233.25±0.36 ^c	7 030.87±1.56 ^c	201.32±0.16 ^e	1 661.52±5.26 ^b
蓝纹干酪	150.07±1.44 ^d	170.53±0.26 ^d	4 979.85±2.33 ^d	191.08±0.46 ^f	1 035.64±0.87 ^e

† 同列不同字母表示差异性显著(P<0.05)。

表 7 11 种脂肪酸阈值及特征滋味^{[14]48-401 [15]†}

Table 7 The thresholds of fatty acids and their characteristic flavor μg/g

脂肪酸	己酸	辛酸	壬酸	癸酸	月桂酸	肉豆蔻酸	十五烷酸	棕榈油酸	棕榈酸	亚油酸	硬脂酸
阈值	80.00	101.00	1.50	120.00	0.50	400.00	—	—	5 000.00	670.00	4 000.00
特征风味	腐臭味	淡酸味	适口的奶油后韵味	特殊的不适的酸败味	酸味	酸味	酸味	酸味	酸味	酸味	—

† “—”表示未测得。

表 8 8 种干酪 11 种脂肪酸 TAV[†]

Table 8 The TAV of fatty acids in eight cheeses

干酪种类	己酸	辛酸	壬酸	癸酸	月桂酸	肉豆蔻酸	十五烷酸	棕榈油酸	棕榈酸	亚油酸	硬脂酸
切达干酪	2.27	1.66	3.18	4.76	1 885.74	8.58	—	—	2.05	0.51	0.49
高达干酪	1.07	0.8	1.19	2.15	1 181.64	4.34	—	—	0.93	0.17	0.26
帕玛森干酪	2.01	1.49	4.48	4.59	1 714.23	7.34	—	—	1.55	0.78	0.41
布里干酪	1.29	0.93	2.00	2.68	945.68	4.03	—	—	0.83	0.34	0.27
安达文干酪	1.18	0.83	1.53	2.33	806.83	3.55	—	—	0.75	0.24	0.24
山羊乳干酪	1.14	1.34	1.68	5.22	668.51	2.58	—	—	0.73	0.40	0.16
艾达姆干酪	1.94	1.45	2.29	4.26	1 985.29	7.33	—	—	1.41	0.30	0.42
蓝纹干酪	1.60	1.05	2.68	2.99	1 092.04	4.59	—	—	1.00	0.29	0.26

† “—”表示未测得。

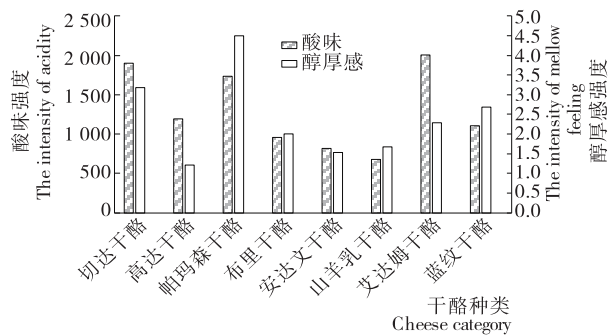


图 2 8 种干酪脂肪酸滋味强度对比

Figure 2 The comparison of fatty acids taste intensity of eight cheeses

表 9 8 种干酪氯化钠含量及 TAV 结果[†]

Table 9 The sodium chloride content and TAV of eight kinds of cheeses mg/100 g

干酪种类	氯化钠含量	TAV
切达干酪	1 360.67±5.03 ^c	42.79
高达干酪	1 509.67±4.51 ^d	47.47
帕玛森干酪	1 321.67±12.58 ^f	41.56
布里干酪	932.33±4.04 ^c	29.32
安达文干酪	187.33±2.52 ^g	5.89
山羊乳干酪	3 350.67±34.00 ^b	105.37
艾达姆干酪	1 662.00±6.24 ^e	52.26
蓝纹干酪	4 388.33±26.54 ^a	138.00

† 同列不同字母表示差异性显著(P<0.05)。

2.6 8种干酪感官评价

由表10可知,8种干酪的滋味中咸味和鲜味比较突出,符合氯化钠含量高于其滋味阈值结果,而鲜味的感受可能受到了咸味的影响,因此比较突出,二者有风味增强的作用。

由图3可知,蓝纹干酪整体滋味强度强于其他干酪,异味、苦味、滞留性和辛辣感较重。布里干酪和安达文干酪风味剖面相近,符合脂肪酸检测结果,但与氨基酸和氯化钠检测结果有一定偏差,也反映出仪器分析的局限性。

表10 8种干酪感官评价结果[†]
Table 10 Sensory evaluation of eight cheeses

干酪种类	咸味	甜味	酸味	苦味	鲜味	辛辣感	异味	滞留性
切达干酪	7.60±2.66 ^b	4.33±2.28 ^{ab}	3.86±2.36 ^a	3.57±2.92 ^a	7.74±2.99 ^a	2.25±1.21 ^b	3.79±3.16 ^b	6.85±2.76 ^b
高达干酪	7.09±2.58 ^b	4.22±2.64 ^{ab}	3.81±2.73 ^a	3.98±3.06 ^a	8.15±2.83 ^a	2.77±2.19 ^{ab}	3.56±1.91 ^b	6.75±2.18 ^b
帕玛森干酪	7.65±2.86 ^b	4.10±2.86 ^{ab}	5.14±3.16 ^a	4.96±3.38 ^a	7.75±3.37 ^a	3.15±2.61 ^{ab}	5.30±2.90 ^b	8.87±3.42 ^{ab}
布里干酪	4.83±2.39 ^c	3.02±1.69 ^{ab}	3.51±2.56 ^a	4.56±3.23 ^a	6.98±3.26 ^a	3.00±2.60 ^{ab}	5.19±3.65 ^b	7.36±3.79 ^b
安达文干酪	4.50±3.50 ^c	4.78±3.59 ^a	4.33±3.80 ^a	4.25±3.24 ^a	6.68±3.04 ^a	2.36±2.52 ^b	4.25±3.12 ^b	6.60±3.42 ^b
山羊乳干酪	9.38±3.34 ^a	2.24±1.11 ^b	4.13±3.03 ^a	4.20±3.51 ^a	6.65±3.05 ^a	3.43±3.12 ^{ab}	5.51±3.85 ^b	7.79±3.37 ^b
艾达姆干酪	7.69±3.31 ^b	3.61±1.72 ^{ab}	4.27±3.15 ^a	4.03±2.85 ^a	4.02±3.03 ^a	3.18±2.95 ^{ab}	3.68±2.76 ^b	6.48±2.61 ^b
蓝纹干酪	8.32±3.55 ^b	3.38±2.38 ^{ab}	4.44±3.33 ^a	5.40±4.12 ^a	7.52±3.64 ^a	5.18±4.30 ^{ab}	9.67±3.82 ^a	11.47±1.99 ^a

[†] 同列不同字母表示显著性差异(P<0.05)。

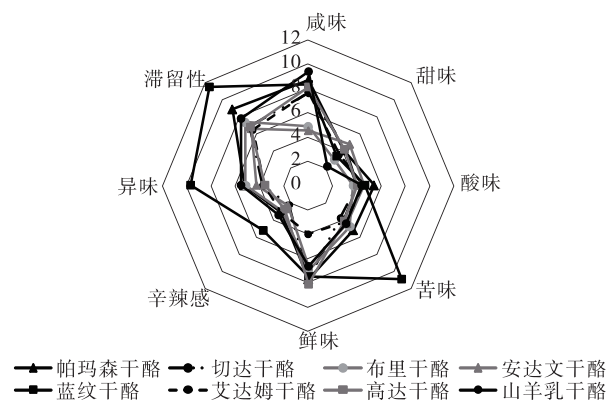


图3 8种干酪滋味特征剖面图

Figure 3 Taste profile of eight kinds of cheeses

3 结论

各干酪的差异主要体现在滋味物质含量和强度上。切达干酪、帕玛森干酪、艾达姆干酪和蓝纹干酪滋味物质含量最丰富,因此滋味强度比较大。可以针对不同人群的口味喜好,对现有干酪的口味进行改良和模拟现有干酪进行自制干酪的研发,来不断丰富繁荣中国干酪市场。

在本研究成果的基础上,仍可以进行深一步的探讨,例如多种气味、滋味物质的相互作用对风味的影响;从干酪生产工艺的各个阶段探讨风味的形成,构建完整的干酪风味模型;筛选特定菌株以生产符合中国人口味的特色干酪等。

参考文献

[1] CAMILLA Varming, LENE Tranberg Andersen, MIKAEL Agerlin Petersen, et al. Flavour compounds and sensory characteristics of cheese powders made from matured cheeses[J]. International Dairy Journal, 2013, 30(1): 19-28.
[2] BOISARD L, ANDRIOT I, MARTIN C, et al. The salt and lipid composition of model cheeses modifies in-mouth flavour release and perception related to the free sodium ion content[J].

Food Chemistry, 2014, 145(145C): 437-444.
[3] CHEN Man-xiang, IRUDAYARAJ J. Sampling technique for cheese analysis by FTIR spectroscopy[J]. Journal of Food Science, 2010, 63(1): 96-99.
[4] WARMKE R, BELITZ H D, GROSCH W. Evaluation of taste compounds of Swiss cheese (Emmentaler)[J]. European Food Research and Technology, 1996, 203(3): 230-235.
[5] 马永强, 韩春然, 刘静波. 食品感官检验[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 34-35.
[6] 赵镭, 邓少平, 刘文. 食品感官分析词典[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2015: 61-144.
[7] SANTARELLI M, BOTTARI B, MALACARNE M, et al. Variability of lactic acid production, chemical and microbiological characteristics in 24-hour Parmigiano Reggiano cheese[J]. Dairy Science & Technology, 2013, 93(6): 605-621.
[8] RIDGWAY J. 干酪鉴赏手册(精)[M]. 葛宇, 译. 上海: 上海科技出版社, 2008: 174-177.
[9] GKATZIONIS K, HEWSON L, HOLLOWOOD T, et al. Effect of Yarrowia lipolytica on blue cheese odour development: Flash profile sensory evaluation of microbiological models and cheeses[J]. International Dairy Journal, 2013, 30(1): 8-13.
[10] SALLES C, HERV C, SEPTIER C, et al. Evaluation of taste compounds in water-soluble extract of goat cheeses[J]. Food Chemistry, 2000, 68(4): 429-435.
[11] 韩北忠, 童华荣, 杜双奎. 食品感官评价[M]. 北京: 中国林业出版社, 2016: 19-20.
[12] 马玲, 刘会平. 干酪中风味化合物的形成[J]. 中国乳业, 2005(6): 44-46.
[13] WOO A H, KOLLODGE S, LINDSAY R C. Quantification of major free fatty acids in several cheese varieties 1[J]. Journal of Dairy Science, 1984, 67(4): 874-878.
[14] GERMERT L J. 化合物香味阈值汇编[M]. 刘强, 译. 北京: 科学出版社, 2015.
[15] 林翔云. 香料香精辞典[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 138-458.