

干酪风味分析研究进展

王磊¹, 莫蓓红^{1*}, 刘振民¹, 高海燕²

1(乳业生物技术国家重点实验室, 光明乳业股份有限公司技术中心, 上海乳业生物工程技术研究中心, 上海, 200436)

2(上海大学 生命科学学院, 上海, 200444)

摘要 论述了干酪在风味分析方面的研究近况, 包括干酪风味化合物的提取与定性定量测定方法, 感官评价的方法并阐述了如何利用数据分析法在理化分析和感官分析之间建立联系, 从而加深对干酪风味的理解。

关键词 干酪风味; 仪器分析; 感官分析

干酪是原料乳经发酵、浓缩和成熟而制成的一种高营养食品。干酪的成熟是一个极其复杂的生物化学过程, 包含了大量的酶和化学反应, 因此干酪中蕴含了多种风味化合物, 包括挥发性物质和非挥发性物质。挥发性物质主要作用于人的嗅觉器官, 是影响干酪香味的主要因素; 非挥发性物质主要作用于人的味觉器官, 是影响干酪滋味的主要因素^[1]。国内外科学家一直以来希望将干酪风味组分与人感官认知建立联系, 从而推动干酪风味控制技术的进步。

仪器分析在风味物质的研究方面发挥着重要作用。以色谱和质谱为基础的风味分析系统的发展已相对成熟, 气质联用(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)可以很好地对挥发性物质进行分离与鉴定, 另外, 通过仪器的理化分析与感官分析结合, 解决一般理化分析方法所不能解决的复杂生理感受问题, 并对获得的数据进行统计学分析, 从而综合解释干酪风味对人的影响。

目前国内外干酪风味方面的研究在干酪科学中占据一席之地, 国内大多利用顶空(headspace, HS)和固相微萃取法(solid-phase microextraction, SPME)结合GC-MS对干酪的挥发性物质进行测定。国外研究者已广泛采用GC-MS、气相色谱嗅觉测量法(gas Chromatography-olfactometry, GC-O)、电子鼻、电子舌和高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)并出现了近红外光谱(near infrared spectrum, NIR), 核磁共振(nuclear magnetic resonance,

NMR)等新的分析技术对干酪风味进行全面的分析。此外, 感官分析的方法研究也越来越受到重视。本文希望通过对干酪风味分析方法的总结和介绍, 有助于国内干酪产品的开发和品质控制。

1 干酪中风味物质的提取、分离与鉴定方法

1.1 挥发性物质

1.1.1 挥发性物质的提取

目前, 有多种方法可以应用于干酪挥发性物质的提取, 如高真空蒸馏技术, 溶剂萃取法, 同时蒸馏萃取法(simultaneous distillation extraction, SDE), 顶空捕集法(HS)和固相微萃取法(SPME)。目前应用比较广泛的有顶空捕集法(HS)和固相微萃取(SPME)。

顶空捕集法(HS), 可分为静态顶空捕集法和动态顶空捕集法(也叫吹扫捕集法, purge-and-trap)。静态顶空捕集法由于灵敏度的限制, 使得它在挥发性成分的应用上受到了阻碍。动态顶空法是一种基于预浓缩和富集的技术。食品中的挥发性物质被分离出来后(如利用加热的方法), 被富集到冷的捕集器中或者被吸收到一个惰性吸附物上, 随后通过热解吸或者合适的溶剂洗脱进而对化合物进行分析鉴定^[2]。LOUISE等人利用动态顶空捕集法提取经三种酵母菌发酵的干酪模型中的挥发性物质, 并与GC-MS结合, 测得了56种化合物^[3]。MAIKEN等人利用动态顶空与8W-GC-O结合对7个法国商业化未加工的半硬质干酪进行了测定^[4]。但同时也应注意到, 顶空法所能提取到挥发物质的最小检测限在 10^{-7} g/L, 然而质谱的检测限在 10^{-5} g/L, 即提取到的化合物不能全部通过质谱鉴定出来, 这也使得该方法受到一定的限制^[1]。

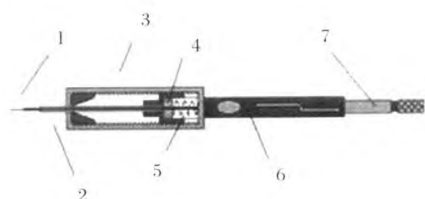
固相微萃取(SPME)。SPME是一种微型萃取装

第一作者: 硕士研究生(莫蓓红为通讯作者, E-mail: mobeihong@brightdairy.com)。

基金项目: 科技部国家十二五科技支撑计划课题(2013BAD18B02)

收稿日期: 2016-01-13, 改回日期: 2016-03-16

置(如图1)^[5],通过装置中的萃取头实现对样品的风味物质的萃取。当采集完成后,萃取头可直接与气相色谱(GC),或者高效液相色谱(HPLC)联用,实现采样、提取、富集、分离、鉴定一体化。SPME 操作简单,快捷,方便。目前广泛应用于干酪挥发性物质的提取上。张国农,顾敏锋等人利用 SPME 与 GC-MS 联合检测再制干酪中挥发性物质,共检测到了 75 种挥发性成分^[6]。BEATRIZ 等人同样利用 SPME 与 GC-MS 联合检测母羊和山羊干酪中的挥发性物质,共检测到 65 种^[7]。



1 - SPME 萃取头;2 - 无菌针;3 - 支架;4 - 硅酮隔垫;
5 - 弹簧;6 - 外套管;7 - 推杆

图1 商业化固相微萃取装置

Fig. 1 Commercial solid-phase microextraction (SPME)

1.1.2 挥发性物质的分离与鉴定

目前,以气相色谱为基础的系统已广泛应用于干酪挥发性风味物质的分离与检测。

气相色谱自 20 世纪 50 年代问世以来不断发展,对于物质的分离较为成熟。其中与质谱的联用在鉴定挥发性物质方面有着广泛的应用。MURTAZA, HUMA 等人利用动态顶空与气相色谱结合在不同盐含量的切达干酪中测定出 19 种挥发性物质^[8]。HIRROSHI 等人用气相飞行时间质谱 (gas chromatography/time-of-flight mass spectrometry, GC/TOF-MS) 测定 13 个干酪样品,鉴定出了 44 种风味化合物^[9]。

在与气相色谱联用中,气相色谱嗅觉测量法 (GC-O, GC-嗅探) 逐渐得到重视。通过气相色谱与人的嗅觉结合,可以从众多的挥发性物质中鉴别出关键香味成分。GC-O 主要有 3 种分析方法:一种是不不断稀释样品以确定挥发性物质阈值及香气活性从而判断挥发性成分对香味贡献的稀释分析法,如 MARY 等人对 4 种切达干酪用香味稀释分析法 (aroma extract dilution analysis, AEDA) 分析香气活性成分对风味的贡献大小,并用风味稀释度 (flavor dilution, FD) 量化^[10];一种是检测某种浓度下待测样品所能感受到的气味强度的气味具体量值估计法 (Osme),如 MICHAEL QIAN, CARA NELSON 等人用 AEDA 和

Osme 对蓝纹干酪的风味成分的贡献大小进行了评估,发现 AEDA 与 Osme 的结果有很高的相似性^[11];还有根据物质出现的频率来测定关键香味物质。但这 3 种方法都有各自的局限性,如稀释法工作量大,耗时长,量值估计法需要专业人员才能获得准确的结果,频率法则无法检出阈值低于感官检测阈值的物质。因此,需要根据实验的具体情况择优选择^[12]。

1.2 非挥发性物质

1.2.1 非挥发性物质的提取与分离

干酪中的水溶性提取物 (water-soluble extract, WSE) 主要赋予了干酪的滋味,其中主要含有非挥发性成分。非挥发性物质主要由矿物质盐、乳酸、乳糖、氨基酸和小肽组成,而氨基酸和小肽是主要的滋味物质。由于非挥发性物质主要呈水溶性,干酪样品可先通过加水提取,得到的含氮化合物再通过膜过滤或者高效液相色谱分离鉴定。

1.2.2 非挥发性物质的鉴定

高效液相色谱法 (HPLC) 是目前鉴定非挥发性物质方面应用较广泛的一种方法。通过 HPLC 可以实现干酪中游离氨基酸和多肽的鉴定,而疏水性多肽又是苦味的主要来源。游离氨基酸则直接赋予了干酪的滋味,如甜味、苦味、鲜味等^[13]。CAMILLA 等人将动态顶空捕集法与 RP-HPLC 结合,对干酪粉的游离氨基酸进行了测定,鉴定出了 23 种氨基酸^[14]。但同时应该注意到,人在咀嚼食品时所感受到的滋味是动态且复杂的过程,是滋味成分间以及与环境相互反应的一种综合结果,单靠 HPLC 对物质定性检测是很难说明滋味在口中的释放情况。

人工口腔模型系统能够很好地模拟食品在口腔中咀嚼时风味的释放情况,也能够对咀嚼频率、咀嚼时间,唾液的流动性等参数结合分析。口腔模型系统对风味物质有很高的敏感性,可与 HPLC 联用对滋味物质进行分析^[15]。另外,在风味物质提取方面,与溶剂辅助蒸馏法 (solvent-assisted flavor evaporation, SAFE)、SPME 和吹扫捕集法在挥发性物质提取上,人工口腔模型系统也具有很大优势^[16]。

近年来,红外光谱法 (IR) 和核磁共振 (NMR) 也逐渐应用到干酪非挥发性成分的分析当中。红外光谱法是利用分子受到红外光照射时,分子能级发生跃迁,在一定波长下则会出现相应的吸收峰,根据峰的位置和形状可以判断分子的结构进而进行物质的分析。而傅里叶变换红外光谱仪 (Fourier transform infrared spectrometer, FTIR) 具有扫描速度快,灵敏度高

的特点,能够有效的分析干酪中的非挥发物质。CHEN 和 JOSEPH 用切片样品法预处理干酪,随后用 FTIR 对样品进行分析,实现了对脂肪和氨基酸的检测^[17]。除红外光谱外,核磁共振技术也已应用到干酪的滋味物质检测中。核磁共振利用物质的原子核受到电磁辐射发生磁能级跃迁的现象,通过分析共振波谱鉴定物质结构。在食品风味分析中,NMR 可检

测化合物在干酪成熟工程中的形成及在咀嚼过程中的释放情况,如 LAURIANE 等人用²³Na NMR 结合时间-强度法检测评价员口中的钠离子的迁移率^[18]。NMR 可以无损检测样品并具有快速,准确的优点,具有广阔的发展前景。

目前,通过仪器分析方法得到几种常见干酪的特征性风味物质见表 1。

表 1 干酪及其特征风味物质
Table 1 Cheeses and their characteristic flavor

干酪	特征风味物质	参考文献
瑞士(多孔)干酪	甲硫基丙醛,乙酸,丙酸	[19]
山羊乳干酪	4-甲基辛酸,4-乙基辛酸	[20]
卡门贝尔干酪	乙酸,丁酸,异戊酸,辛酸,丁二酸, α -氨基戊二酸-钠,氯化钠,氨	[21]
高达/埃塔姆干酪	苯乙酸,4-丙位十二内酯,2,3-二乙基-5-甲基吡嗪	[22]
帕马森干酪	3-甲基丁醛,2-甲基丙醇,丁酸乙酯,2-甲基丁酸,己酸乙酯,乙醛	[23]
切达干酪	2-苯乙醇,苯乙醛	[10]
蓝纹奶酪	乙二酰,2-甲基丙醇,3-甲基丁醛,己酸乙酯,丁酸乙酯,甲硫代丙醛,二甲基三硫醚,2-庚酮,2-壬酮	[11]
莫扎里拉干酪	3-甲基丁醛,2-己酸乙酯,1-辛烯-3-醇	[24]

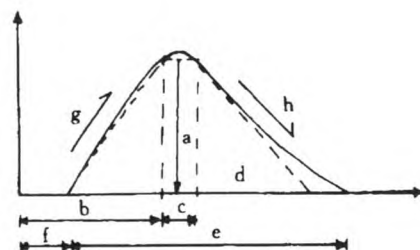
2 感官评价

2.1 描述性分析

人们食用干酪时产生的感官感觉是干酪中风味化合物作用于人体感觉器官的综合结果,单靠仪器分析并不能解释风味物质对人感官的刺激。因此,需要对干酪产品进行感官评价,以解决风味物质带给人的复杂生理问题。但同时由于个体的差异以及环境等因素的影响也使得感官评价缺乏客观性,因此,现代感官分析与生理学、心理学、统计学和理化分析联合,以达到客观,准确地对人感官影响做出分析的目的^[25]。目前应用于干酪风味分析方面的常用的方法有定量描述性实验(quantitative descriptive analysis, QDA),时间-强度实验(time-intensity, TI)和消费者接受度实验。

定量描述性试验(QDA)是对干酪风味做出全面完整的评价,并使用标度来衡量各种感官特性的强度,最终以雷达图谱的形式呈现的一种感官描述性方法。这就要求感官评价员具备丰富的干酪知识及感官评价方面的经验,同时应有良好的语言表达能力,需要良好的文学基础。因此在进行 QDA 前必须对评价员进行筛选,培训,最终组成的专家小组通过讨论,建立术语和词汇,确定参比样才能进行感官评价^[26]。SANTILLO, CAROPRESE 等人对 6 个工厂制作的 Ca-ciocavallo 干酪进行感官评价,并绘制了雷达图谱^[27]。

但是单靠 QDA 是无法解释干酪风味在咀嚼过程中的动力学变化。随着干酪不断被咀嚼,本身的质构,气味和滋味成分持续变化,再加上唾液的混合,使得感官品质也在不断变化当中。通过时间-强度感官分析实验,得到品评曲线(如图 2)并与数理统计结合^[28],可以获得比如最大强度持续时间,风味消失的时间以及整个过程风味强度的变化等参数。LAURIANE 等人用时间-强度法对 6 种干酪在咀嚼过程中的 5 个时间点记录风味强度并结合 NMR 和数据统计分析出了钠离子在口中的迁移率^[18]。该方法对于研究多种风味物质的相互作用具有重要意义。



a - 最大强度值 I_{\max} ; b - 最大强度值出现时间 t_{\max} ; c - 最大强度持续时间 T_{\max} ; d - 总强度 I_{total} ; e - 感觉发生的总时间 T_{total} ; f - 延滞时间 T_{lag} ; g - 感觉强度上升速率 R_{inc} ; h - 感觉强度下降

速率 R_{dec}

图 2 品评曲线参数分析示意图

Fig. 2 Time-intensity curve

在进行产品研发和市场推广时,需要进行消费者接受度测试,即嗜好型感官评价。由于消费者没有经过专业的培训,因此他们只需表达自己的喜好程度即可。测试对象应涵盖不同的年龄段或者不同地域的人群,一般人数在 50 人以上。而对于干酪的感官评价也受到个人的知识水平,经验以及文化的影响。PATRICIA 等人对低脂干酪进行感官评定并与消费者接受度测试建立起了联系^[29]。目前消费者接受度测试面临的困难是表述的模糊性。

2.2 智能化感官分析

随着传感器技术的不断进步,诸如电子鼻,电子舌等现代仪器在食品分析方面的应用越来越广泛。电子鼻模拟人鼻的工作原理,通过不同的传感器识别不同种类的物质,进而转为电信号实现对气味的分析。电子鼻的灵敏度很高,可达到 10^{-9} 水平^[30],同时具有客观性强,分析迅速,能够实现无损检测等优点。目前在干酪中主要应用于产品分类鉴别,风味的综合分析,生产过程中的监控,货架期的检测和干酪新鲜度的评估等^[31]。然而,传感器的种类也限制了电子鼻的检测范围,另外在检测时也会出现信号漂移的现象。

类似于电子鼻,电子舌同样模拟人舌的工作原理,将传感器技术与数理统计程序结合起来分析复杂的样品。通过电子舌可以识别人的基本味觉,分析出样品间的差异性,对样品进行分类和鉴别^[32],如 LI, MA 等人利用电子舌对添加切达干酪的酸奶的风味变化进行了分析,并对添加和未添加干酪的酸奶样品进行了很好的区分^[33]。除此之外,电子舌也在加工监控,新鲜度和货架期评价等方面有着巨大的应用前景^[34]。但应注意到,电子舌也存在着不足。例如价格昂贵,传感器的使用寿命短等也制约着它在食品分析中的应用。伴随着科技水平的不断提高,这些不足将很快弥补,未来感官分析技术也将朝着客观化、精确化、智能化方向发展^[35]。

3 建立仪器分析与感官评价的联系

建立感官评价与仪器分析结果之间的关系为风味分析应用到干酪的生产加工中奠定了基础,从而为消费者不断提供高质量的产品。建立二者之间关系的常用的方法是多元数据统计的方法,如聚类分析,偏最小二乘法回归法(partial least squares method, PLS)以及主成分分析法(principal component analysis, PCA)等。其中偏最小二乘法回归法(PLS)可以

对风味变量和对应的一种或多种感官特性的所有组合进行统计学归纳、对比,并可通过建立数据模型来对未知样品的风味和质构进行预测。如 GONZÁLEZ-MARTÍN 等人用优化后的偏最小二乘法回归法对干酪的感官风味进行了预测,以满足市场日益变化的需要^[36]。但应注意,统计结果的准确性和有效性取决于先前所获得仪器分析结果和感官评定结果数据的完整性和准确性。

另一种方法是主成分分析法(PCA)。干酪风味物质变量有几十种甚至上百种,加上与感官评定变量和消费者接受度测试的变量组合,想要衡量全部变量之间的关系是不现实的。利用 PCA 的方法考察变量间的相关性,去除多余重复的变量,建立不相关的具有代表性的新变量,从而实现了将多维变量降维,大大减少了数据的复杂性。PCA 可应用在干酪分类鉴别^[37]、研究加工条件对干酪成熟过程中化合物的影响^[38],风味物质与感官特性联系等方面。

4 结论与展望

本文论述了干酪中风味物质的提取和鉴定方法,并通过感官分析来阐述风味物质对人感官的影响,同时也提出利用统计模型来建立理化分析与感官评定之间的联系。目前的研究还存在一定的待攻克难题,如仪器的灵敏度问题等。不过,随着科技水平不断提高,仪器化分析将会向高灵敏度,高精度度,全面综合分析的方向发展,研究人员将更加深入的了解风味物质间的相互作用机理。随着感官分析技术的不断进步,将进一步揭示气味和滋味间的相互作用,最终实现快速、全面、深入地分析和评价干酪的风味。

干酪风味在干酪科学乃至乳品科学中都是研究的重点和难点,它的突破将对于干酪产品的开发,生产和缺陷控制都具有重要的意义。

参 考 文 献

- [1] 苗君莅,刘振民,莫蓓红,等. 干酪风味的研究[J]. 食品与发酵工业,2013,39(6):157-162.
- [2] PATRICK F, PAUL L H, TIMOTHY M, et al. Cheese Chemistry, Physics and Microbiology: General Aspects[M]. 3rd ed. Academic Press, 2004:493-494.
- [3] SØRENSEN L M, GORI K, PETERSEN M A, et al. Flavour compound production by *Yarrowia lipolytica*, *Saccharomyces cerevisiae* and *Debaryomyces hansenii* in a cheese-surface model[J]. International Dairy Journal, 2011, 21(12):970-978.

- [4] THOMSEN M, MARTIN C, MERCIER F, et al. Investigating semi-hard cheese aroma: Relationship between sensory profiles and gas chromatography-olfactometry data[J]. *International Dairy Journal*, 2012, 26(1): 41–49.
- [5] AUGUSTO F, VALENTE A L P. Applications of solid-phase microextraction to chemical analysis of live biological samples[J]. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2002, 21(6): 428–438.
- [6] 张国农, 顾敏锋, 李彦荣, 等. SPME-GC/MS 测定再制干酪中的风味物质[J]. *中国乳品工业*, 2006, 34(9): 52–56.
- [7] PADILLAB, BELLOCH C, LÓPEZ-DÍEZ J J, et al. Potential impact of dairy yeasts on the typical flavour of traditional ewes' and goats' cheeses[J]. *International Dairy Journal*, 2014, 35(2): 122–129.
- [8] MURTAZA M A, HUMA N, SAMEENA, et al. Texture, flavor, and sensory quality of buffalo milk Cheddar cheese as influenced by reducing sodium salt content[J]. *Journal of Dairy Science*, 2014, 97(11): 6 700–6 707.
- [9] OCHIH, NAITO H, IWATSUKI K, et al. Metabolomics-based component profiling of hard and semi-hard natural cheeses with gas chromatography/time-of-flight-mass spectrometry, and its application to sensory predictive modeling[J]. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 2012, 113(6): 751–758.
- [10] CARUNCHIA WHETSTINE M E, CADWALLADER K R, DRAKE M A. Characterization of aroma compounds responsible for the rosy/floral flavor in Cheddar cheese[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53(8): 3 126–3 132.
- [11] MICHAELQ, NELSON C, BLOOMERS. Evaluation of fat-derived aroma compounds in blue cheese by dynamic headspace GC/Olfactometry-MS[J]. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2002, 79(7): 663–667.
- [12] CURIONI P M G, BOSSET J O. Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography-olfactometry[J]. *International Dairy Journal*, 2002, 12(12): 959–984.
- [13] SALLESC, HERVÉ C, SEPTIER C, et al. Evaluation of taste compounds in water-soluble extract of goat cheeses[J]. *Food Chemistry*, 2000, 68(4): 429–435.
- [14] VARMING C, ANDERSEN L T, PETERSEN M A, et al. Flavour compounds and sensory characteristics of cheese powders made from matured cheeses[J]. *International Dairy Journal*, 2013, 30(1): 19–28.
- [15] MIELLEP, TARREGA A, SÉMONE, et al. From human to artificial mouth, from basics to results[J]. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2010, 146(2): 440–445.
- [16] THOMSEN M, GOURRAT K, THOMAS-DANGUIN, et al. Multivariate approach to reveal relationships between sensory perception of cheeses and aroma profile obtained with different extraction methods[J]. *Food Research International*, 2014, 62: 561–571.
- [17] CHEN M, IRUDAYARAJ J. Sampling technique for cheese analysis by FTIR spectroscopy[J]. *Journal of Food Science*, 1998, 63(1): 96–99.
- [18] 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: 437–444.
- [19] PREININGER M, WARMKE R, GROSCH W. Identification of the character impact flavour compounds of Swiss cheese by sensory studies of models[J]. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 1996, 202(1): 30–34.
- [20] LE QUÉRE J L, SEPTIER C, DEMAIZIERES D, et al. Identification and sensory evaluation of the character-impact compounds of goat cheese flavour[M]. *The Royal Society of Chemistry: Cambridge, UK*, 1996.
- [21] KUBÍČKOVÁ J, GROSCH W. Evaluation of flavour compounds of Camembert cheese[J]. *International Dairy Journal*, 1998, 8(1): 11–16.
- [22] INAGAKI S, FUJIKAWA S, WADA Y, et al. Identification of the possible new odor-active compounds “12-methyltridecanal and its analogs” responsible for the characteristic aroma of ripe Gouda-type cheese[J]. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 2015, 79(12): 2 050–2 056.
- [23] QIAN M, REINECCIUS G. Static headspace and aroma extract dilution analysis of Parmigiano Reggiano cheese[J]. *Journal of Food Science*, 2003, 68(3): 794–798.
- [24] MOIO L, LANGLOIS D, ETIEVANT P X, et al. Powerful odorants in water buffalo and bovine Mozzarella cheese by use of extract dilution sniffing analysis[J]. *Italian Journal of Food Science: IJFS = Rivista italiana di scienza degli alimenti*, 1993.
- [25] 徐树来, 王永华, 等. 食品感官分析与实验[M]: 第二版. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [26] ISO 22935-1:2009(E), Milk and milk products-Sensory analysis[S]. 2009.
- [27] SANTILLO A, CAROPRESE M, RUGGIERI D, et al. Consumer acceptance and sensory evaluation of Monti Dauni-Meridionali Caciocavallo cheese[J]. *Journal of Dairy Science*, 2012, 95(8): 4 203–4 208.

- [28] 邓少平,郝俊光. 时间-强度计算机感官品评系统 CS-TISE 的研究[J]. 食品与发酵工业,1997,23(6):57-61.
- [29] ARCIA P, CURUTCHET A, COSTELL E, et al. Sensory properties and acceptance of Uruguayan low-fat cheese "quesomagro"[J]. Dairy Science & Technology,2013,93(2):151-162.
- [30] AMPUERO S, BOSSET J O. The electronic nose applied to dairy products: a review[J]. Sensors and Actuators B: Chemical,2003,94(1):1-12.
- [31] PERIS M, ESCUDER-GILABERT L. A 21st century technique for food control: Electronic noses[J]. Analytica Chimica Acta,2009,638(1):1-15.
- [32] 蒋丽施. 电子舌在食品感官品评中的应用[J]. 肉类研究,2011(2):49-52.
- [33] LI S, MA C, LIU Z, et al. Flavour Analysis of stirred yoghurt with cheddar cheese adding into milk[J]. Food Science and Technology Research,2014,20(5):939-946.
- [34] ESCUDER-GILABERT L, PERIS M. Review: Highlights in recent applications of electronic tongues in food analysis[J]. Analytica Chimica Acta,2010,665(1):15-25.
- [35] 邵春风. 感官评价在食品中的研究进展[J]. 肉类工业,2006(6):35-37.
- [36] GONZÁLEZ-MARTÍN M I, SEVERIANO-PÉREZ P, REVILLA I, et al. Prediction of sensory attributes of cheese by near-infrared spectroscopy[J]. Food Chemistry,2011,127(1):256-263.
- [37] KIM N S, LEE J H, HAN K M, et al. Discrimination of commercial cheeses from fatty acid profiles and phytosterol contents obtained by GC and PCA[J]. Food Chemistry,2014,143:40-47.
- [38] BENFELDT C, SØRENSEN J. Heat treatment of cheese milk: effect on proteolysis during cheese ripening[J]. International Dairy Journal,2001,11(4):567-574.

Research progress on cheese flavour

WANG Lei¹, MO Bei-hong^{1*}, LIU Zhen-min¹, GAO Hai-yan²

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

2(College of Life Science, Shanghai University, Shanghai 200444, China)

ABSTRACT The research progress of cheese flavor, including the extraction of cheese flavor compounds and its qualitative and quantitative determination, several methods for sensory evaluation was discussed in this paper to establish relationship between physicochemical analysis and sensory evaluation by using data processing, so as to comprehend the cheese flavor deeply.

Key words cheese flavor; instrument analysis; sensory analysis