

生鲜羊乳脂肪酸含量与膻味相关性研究

文/张雨萌 芦晶 张书文 逢晓阳 薛海晓 吕加平*

(中国农业科学院农产品加工研究所)



开放科学(资源服务)
标识码(OSID)
扫一扫,了解文章更多内容

摘要:以关中羊常乳、关中羊初乳和萨能羊常乳为实验组,荷斯坦牛常乳为对照组,测定脂肪含量、总脂肪酸含量、游离脂肪酸含量,比较4种生鲜乳之间脂肪酸的差异。采用电子鼻测定不同样品间风味差异,分析风味与脂肪酸含量间的相关性。结果发现,羊乳与牛乳之间脂肪含量有明显差异;短链游离脂肪酸(C6:0-C14:0)与羊乳的膻味有关系,不同泌乳期的风味差异与短链游离脂肪酸(C6:0-C14:0)有关。

关键词:生鲜乳;羊乳;膻味;脂肪酸含量;相关性分析

DOI:10.16172/j.cnki.114768.2019.08.039

乳制品营养丰富,深受广大消费者的喜爱。随着人们对健康、营养食品需求的增加,羊乳制品也受到越来越多的关注。羊乳富含多种营养物质,具有易消化、低致敏的特点,适合不同人群的需求。羊乳中含有较少的 α_{s1} -酪蛋白和较多的 β -酪蛋白,因此比牛乳更容易消化吸收;羊乳中脂肪球较小,能够增加其与脂肪酶的接触面积,增加消化速率;羊乳乳糖含量低于牛乳,且很少引起乳糖不耐现象^[1]。但是由于羊乳具有膻味,影响了羊乳制品的开发与推广。研究表明,膻味是山羊代谢的产物,具有遗传性,能够通过长期选种而改善,且羊乳膻味与脂肪酸含量有关^[2~4]。膻味可以通过电子鼻分析技术和气相色谱法进行测定。本试验以关中羊常乳、关中羊初乳和萨能羊常乳为实验组,荷斯坦牛常乳为对照

组。通过测定脂肪含量、总脂肪酸含量、游离脂肪酸含量,比较4种乳之间脂肪酸含量差异;通过电子鼻分析不同样品间风味差异,进而确定风味与脂肪酸含量的相关性。

1 材料与方法

1.1 试剂与仪器

1.1.1 试验材料

羊乳样品和牛乳对照样品分别来自于陕西省富平县和中国农业大学西校区,羊乳样品包括关中羊常乳、关中羊初乳以及萨能羊常乳,牛乳为荷斯坦牛常乳。

1.1.2 试剂

37种组分FAME混标:色谱级,美国Sigma公司;胺丙基柱:Bond Elut NH2, 500 mg 3 mL, 50/PK, 安捷伦科技有限公司;其余试剂为分析纯。

1.1.3 仪器与设备

气相色谱仪:Varian450-GC, 美国Varian公司;离心机:SIGMA 3K-15, 美国Sigma公司;电子天平:YP2001N, 上海精密科学仪器有限公司;乳脂离心机:RZ-50, 金昌实验仪器厂;盖勃氏乳脂计:5%~7%, 北京华扬怡和科技有限公司;电子鼻:PEN3.5, 德国AIRSENSE公司。

1.2 试验方法

1.2.1 脂肪含量的测定

参照GB 5413.3—2010《婴幼儿食品和乳品中脂肪的测定》对脂肪含量进行测定。

1.2.2 总脂肪酸的测定

(1)总脂肪酸的提取^[4, 5]

分别取关中羊常乳、关中羊初乳、萨能羊常乳、荷斯坦牛常乳各5 g于2个离心管中,依次加入无水硫

酸钠3 g和2.56 mol/L硫酸0.3 mL, 用旋涡震荡器振摇至完全溶解, 加入3 mL乙醚和正庚烷混合物(体积比为1:1), 振摇, 于1 500 r/min离心3 min。取上清液于另一个螺旋管中, 重复收集3次, 合并上层有机相。随后将脂肪酸甲酯化, 进行气相色谱仪测定。

(2) 总脂肪酸的计算

样品中各脂肪酸的含量按公式1计算。

$$X_i = \frac{A_{si} \times C_{stdi} \times V \times F_i}{A_{stdi} \times m} \times 100 \quad (\text{公式1})$$

式中: X_i 为样品中各脂肪酸的含量, 单位为mg/100 g; A_{si} 为样品溶液中各脂肪酸甲酯的峰面积; C_{stdi} 为脂肪酸甲酯标准工作液中各脂肪酸甲酯的浓度, 单位为mg/mL; V 为溶液体积, 单位为mL; F_i 为各脂肪酸甲酯转化为脂肪酸的换算系数, 参见GB 5413.27—2010《婴幼儿食品和乳品中脂肪的测定》附录A中表A.1; A_{stdi} 为混合标准工作液中各脂肪酸甲酯的峰面积; m 为样品的称样量, 单位为g。

样品中总脂肪酸含量按公式2计算。

$$X_{\text{TotalFA}} = \sum X_i \quad (\text{公式2})$$

式中: X_{TotalFA} 为样品中总脂肪酸的含量, 单位为mg/100 g; X_i 为样品中各脂肪酸的含量, 单位为mg/100 g; 以重复性条件下获得的2次独立测定结果的算术平均值表示, 结果保留3位有效数字。样品中某个脂肪酸占总脂肪酸的百分比(%) Y 按公式3计算。

$$Y = \frac{X_i}{X_{\text{TotalFA}}} \times 100 \quad (\text{公式3})$$

1.2.3 游离脂肪酸的测定

游离脂肪酸的提取方法同总脂肪酸, 将所有收集液进入用正庚烷活化的胺丙基柱中, 用氯仿和异丙醇混合物(体积比为2:1)洗脱掉甘油酯, 并用含有2%甲酸的乙醚洗脱游离脂肪酸, 收集备用。之后步骤同1.2.2。

1.2.4 电子鼻测定

将关中羊常乳、关中羊初乳、萨能羊常乳、荷斯坦牛常乳取出放置室温平衡20 min, 将样品装入电子鼻专用瓶中, 样品量约占瓶子1/3, 静置30 min使气味富集。用电子鼻测定, 每个样品重复3次。

2 结果与讨论

2.1 脂肪含量分析

测定不同品种样品脂肪含量, 结果如图1所示。由图中可以看出, 羊乳与牛乳之间脂肪含量有明显差异($P < 0.05$), 牛乳脂肪含量低于羊乳; 同一品种羊所产的初乳与常乳之间脂肪含量差异明显($P < 0.05$); 关中羊常乳与萨能羊常乳之间脂肪含量没有明显差异。曹斌云(1996)测定了牛羊乳中营养成分的区别, 结果表明, 牛乳和

羊乳中乳糖、蛋白、脂肪的成分和含量都有所差异^[6]。有研究表明, 山羊的初乳脂肪含量高于常乳的脂肪含量^[7]。

2.2 牛、羊乳总脂肪酸比较

2.2.1 总脂肪酸测定结果

通过测定不同样品中脂肪酸含量百分比发现, 4个样品均为C16:0脂肪酸含量最高(在关中羊初乳中占26.09%, 在关中羊常乳中占27.10%, 在萨能羊常乳中占27.96%, 在牛乳常乳中占33.18%)。对表1所示样品中主要10种脂肪酸含量分析, 结果如图2所示。结果表明, 牛乳常乳与羊乳常乳之间脂肪酸含量有明显差异, 在牛乳常乳中C6:0、C8:0、C10:0、C12:0脂肪酸含量低于羊乳, 其中C8:0与C10:0被认为是羊乳的特征脂肪酸, 具有抗病毒的生物活性^[8]。在关中羊常乳和萨能羊常乳中各脂肪酸含量无显著差异, 关中羊初乳中C4:0、C10:0、C18:0、C18:2 6t、C18:3 n3脂肪酸含量低于关中羊常乳, 而C6:0、C16:1含量高于常乳; 不同品种羊乳间脂肪酸含量无显著差异, 在绵羊初乳和常乳脂肪酸含量测定中同

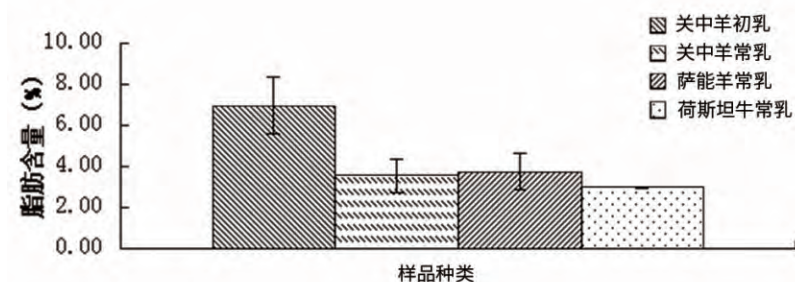


图1 不同品种样品乳脂肪含量比较

表 1 样品中脂肪酸含量

脂肪酸类型	占总脂肪酸百分比 (%)			
	关中羊初乳	关中羊常乳	萨能羊常乳	荷斯坦牛常乳
C4:0	2.36 ± 0.11 ^a	3.09 ± 1.54 ^b	3.01 ± 0.49 ^{a, b}	3.71 ± 0.07 ^b
C6:0	8.19 ± 0.25 ^a	6.83 ± 1.31 ^b	6.88 ± 0.09 ^b	1.34 ± 0.03 ^c
C8:0	5.56 ± 0.16 ^a	5.45 ± 1.48 ^a	5.55 ± 0.01 ^a	1.05 ± 0.17 ^b
C10:0	15.77 ± 0.30 ^b	16.39 ± 0.21 ^a	15.84 ± 0.41 ^b	2.96 ± 0.06 ^c
C12:0	7.20 ± 0.07 ^a	6.18 ± 1.83 ^a	6.99 ± 0.28 ^a	3.23 ± 0.07 ^b
C14:0	10.55 ± 0.93 ^a	10.51 ± 4.78 ^a	9.96 ± 0.28 ^a	9.89 ± 0.15 ^a
C14:1	0.13 ± 0.11 ^a	0.17 ± 0.16 ^a	0.17 ± 0.07 ^a	0.58 ± 0.06 ^b
C15:0	0.41 ± 0.03 ^a	0.42 ± 0.08 ^a	0.54 ± 0.13 ^a	0.23 ± 0.04 ^b
C16:0	26.09 ± 0.83 ^a	27.10 ± 0.86 ^{a, b}	27.96 ± 0.57 ^b	33.18 ± 1.71 ^c
C16:1	0.64 ± 0.02 ^a	0.24 ± 0.07 ^{b, c}	0.28 ± 0.07 ^b	0.16 ± 0.00 ^c
C18:0	7.25 ± 0.26 ^a	8.63 ± 0.38 ^b	8.49 ± 0.08 ^b	15.61 ± 0.87 ^c
C18:1 9t	0.15 ± 0.06 ^a	0.12 ± 0.06 ^a	0.12 ± 0.03 ^a	0.52 ± 0.05 ^b
C18:1 9c	12.22 ± 1.02 ^a	12.08 ± 2.24 ^a	11.24 ± 1.51 ^a	22.48 ± 1.63 ^b
C18:2 6t	0.02 ± 0.00 ^a	0.04 ± 0.03 ^b	0.05 ± 0.04 ^b	0.18 ± 0.01 ^a
C18:2 6c	1.62 ± 0.22 ^a	1.27 ± 0.67 ^a	1.40 ± 0.02 ^a	2.97 ± 0.03 ^b
C18:3 n6	0.06 ± 0.03 ^a	0.08 ± 0.11 ^a	0.06 ± 0.03 ^a	0.09 ± 0.01 ^a
C18:3 n3	0.10 ± 0.07 ^a	0.32 ± 0.11 ^b	0.17 ± 0.05 ^{a, b}	0.20 ± 0.05 ^{a, b}
其他	1.68 ± 0.04 ^a	1.36 ± 0.71 ^a	1.29 ± 0.35 ^a	1.54 ± 0.11 ^a

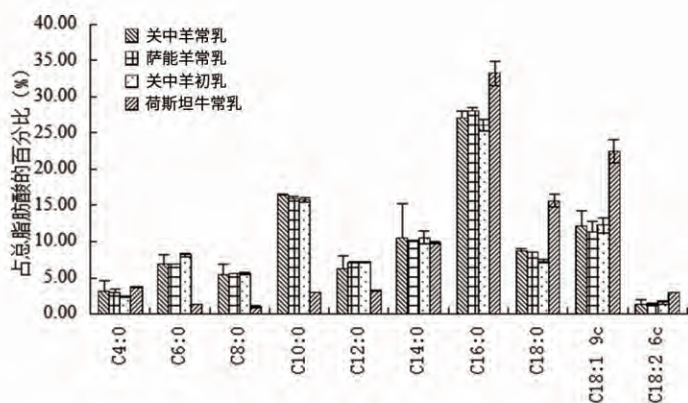


图 2 样品中主要脂肪酸含量比较

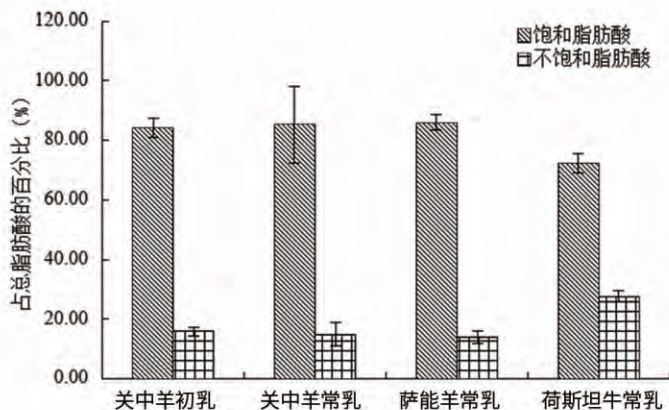


图 3 不同乳中脂肪酸组成比较

样发现类似结果^[9]。

2.2.2 不同乳脂肪酸组成

4 个样品中脂肪酸组成测定结果如图3所示。结果发现，在羊乳和牛乳中，饱和脂肪酸所占比例高于不饱和脂肪酸；牛乳、羊乳的脂肪酸含量存在明显差异；不同泌乳期和不同品种羊乳脂肪酸含量没有明显影响。在葛武鹏（2008）的研究中出现类似结果，其测定牛、羊乳脂肪酸含量发现饱和脂肪酸含量较高，且牛乳初乳不饱和脂肪酸含量高于羊乳初乳^[10]。

2.2.3 乳脂肪酸的成分分析

不同乳脂肪酸成分分析结果如图4所示。可以看出，牛乳与羊乳之间存在明显差异；羊乳之间差异不明显。脂肪酸前2 个成分累积方差贡献率为93.02%，表明这2 个成分能够较全面的说明乳制品中脂肪酸组成的主要信息。第一成分中C16:0、C10:0、C18:2 6t有较大载荷系数，第二成分与C18:0、

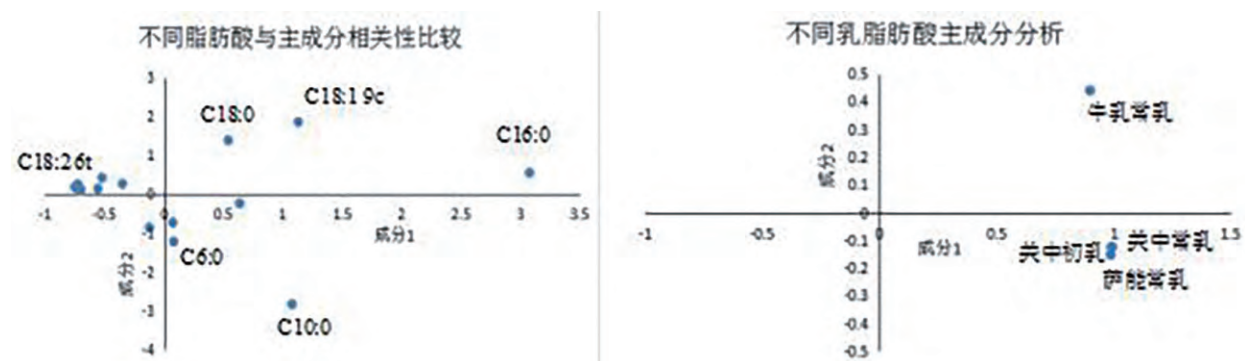


图4 脂肪酸前2个主成分分析载荷图

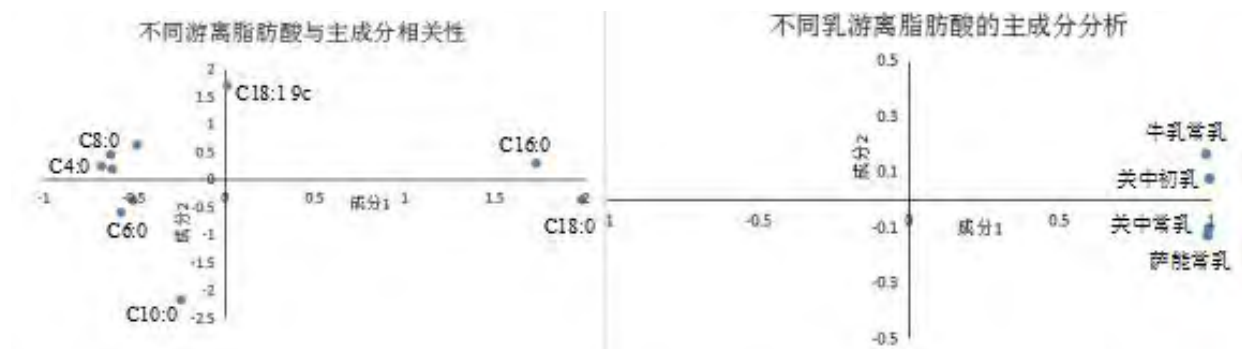


图5 FFA前2个成分分析载荷图

C10:0、C18:1 9c有较大相关性。因此，可以认为C16:0、C10:0、C18:2 6t、C18:0、C10:0、C18:1 9c是牛、羊乳差异的主要特征脂肪酸。

2.3 游离脂肪酸比较

2.3.1 游离脂肪酸比较

不同样品主要游离脂肪酸含量如表2所示，4种不同乳品中均

为C16:0、C18:0脂肪酸含量最高（关中羊初乳中两者总和达到53.71 mg/100 g，在关中羊常乳中为46.33 mg/100 g，在萨能羊常乳中为47.71 mg/100 g，在牛乳常乳中为15.87 mg/100 g）；在牛乳和羊乳中C4:0–C12:0游离脂肪酸含量均较低。牛乳常乳与羊乳常乳之间游离脂肪酸含量有明显差异，牛乳常乳游离脂肪酸含量低于羊乳。关于

萨能羊乳和荷斯坦牛乳的相关研究表明，羊乳游离脂肪酸总含量是牛乳的3.5倍^[11]。

2.3.2 游离脂肪酸的成分分析

不同样品乳游离脂肪酸成分分析结果如图5所示。牛乳常乳与羊乳常乳之间成分存在明显差异；关中羊初乳与关中羊常乳存在明显差异，说明不同泌乳期影响乳品游离脂肪酸成分；关中羊常乳与萨能

表2 不同乳中主要游离脂肪酸含量				
脂肪酸	含量 (mg/100 g)			
	关中羊初乳	关中羊常乳	萨能羊常乳	牛乳常乳
C4:0	0.30 ± 0.02 ^a	0.46 ± 0.02 ^b	0.40 ± 0.01 ^c	0.01 ± 0.02 ^d
C6:0	0.35 ± 0.03 ^a	2.19 ± 0.01 ^b	2.54 ± 0.05 ^c	0.02 ± 0.02 ^d
C8:0	0.85 ± 0.07 ^a	1.02 ± 0.01 ^b	1.02 ± 0.02 ^b	0.18 ± 0.01 ^c
C10:0	2.25 ± 0.10 ^a	6.87 ± 0.17 ^b	7.30 ± 0.01 ^c	0.32 ± 0.02 ^d
C12:0	1.25 ± 0.04 ^a	2.65 ± 0.01 ^b	2.83 ± 0.02 ^c	0.35 ± 0.01 ^d
C14:0	2.33 ± 0.06 ^a	1.94 ± 0.04 ^b	1.76 ± 0.01 ^c	0.92 ± 0.04 ^d
C16:0	24.73 ± 0.70 ^a	21.22 ± 0.36 ^b	23.08 ± 0.46 ^a	7.94 ± 0.04 ^c
C18:0	28.98 ± 0.17 ^a	25.11 ± 0.06 ^b	24.63 ± 0.01 ^b	7.93 ± 0.26 ^c
C18:1 9c	8.25 ± 0.27 ^a	5.70 ± 0.07 ^b	4.79 ± 0.04 ^c	3.10 ± 0.07 ^d
C18:2 6c	0.65 ± 0.02 ^a	0.73 ± 0.02 ^b	0.71 ± 0.01 ^b	0.36 ± 0.03 ^c

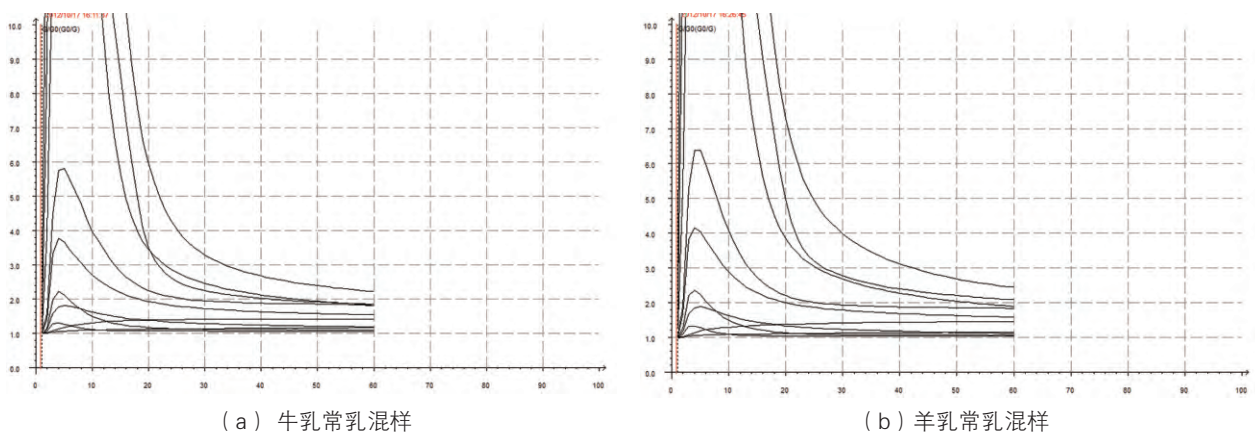


图6 样品风味电子鼻分析

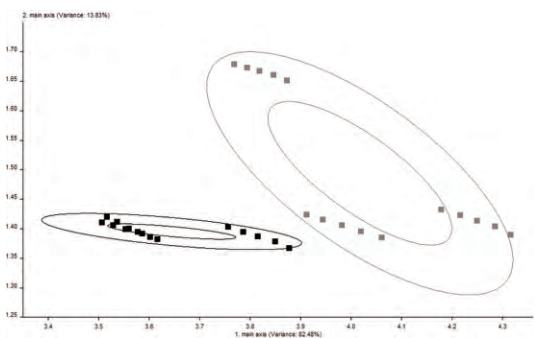


图7 牛、羊乳风味电子鼻主成分分析

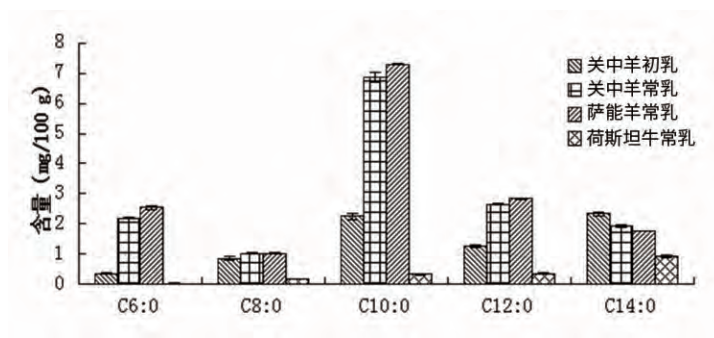


图8 样品中、短链 FFA 含量比较

羊常乳之间差异不大,说明不同品种羊乳对游离脂肪酸成分的影响不大。游离脂肪酸前2个成分累积方差贡献率为99.50%,这说明这两个成分能够全面的说明乳品中脂肪酸组成的主要信息。第一成分与C4:0、C8:0、C16:0、C18:0有较大相关性,第二成分与C18:1 9c、C6:0、C10:0有较大相关性。游离脂肪酸含量能够影响乳品风味,因此,可以认为C8:0、C18:2 6c、C4:0、C18:1 9c、C6:0、C10:0是牛、羊乳风味差异的主要特征游离脂肪酸。

2.4 电子鼻分析

图6为牛乳常乳混样(a)和

羊乳常乳混样(b)的传感器响应图,图中每条曲线代表1个传感器,曲线表示电子鼻的10个传感器电导率比值随时间变化情况。随着进样时间的增加,挥发性物质很快富集,传感器电阻率值增大,随后逐渐趋于平稳。因此,选择54~58s的信息进行分析。

图7为牛乳(黑色)和羊乳(灰色)电子鼻响应值的分析结果,如图所示,第一成分和第二成分的贡献率分别为82.48%和13.83%,总贡献率为96.30%。这2个成分基本包括牛、羊乳的所有信息。由图中可以看出,牛乳与羊乳之间电子鼻结果没有重叠区域,存在明显差异,这说明羊乳中这2

种成分是膻味形成的重要成分。

2.5 游离脂肪酸与膻味关系

图8为4个样品中、短链游离脂肪酸含量比较结果。牛乳与羊乳的中短链脂肪酸有显著差异;在羊乳中萨能羊常乳的C6:0、C8:0、C10:0、C12:0含量高于关中羊常乳和高于关中羊初乳;而C14:0含量为关中羊初乳高于关中羊常乳,和萨能羊常乳。结合电子鼻分析结果可以推断,羊乳膻味与中、短链脂肪酸(C6:0~C14:0)含量有很大相关性。在有关羊乳膻味研究中,结果证明C6:0、C8:0、C10:0游离脂肪酸能够出现类似膻味的风味^[12]。

羊乳组成及功能特性研究进展

文/高婧昕 毛学英*

(中国农业大学食品科学与营养工程学院)



开放科学 (资源服务)
标识码 (OSID)
扫一扫, 了解文章更多内容

摘要: 羊乳营养价值丰富, 富含蛋白质、脂肪、矿物质元素等多种营养物质。与牛乳相比, 羊乳在消化吸收、抗氧化、降低胆固醇和改善肠道功能等多个方面都具有优势。对羊乳的主要营养成分和功能特性的研究进展进行综述, 旨在为羊乳制品的进一步研究和开发提供理论基础。

关键词: 羊乳; 组成; 消化吸收; 功能

DOI:10.16172/j.cnki.114768.2019.08.040

羊乳被誉为“奶中之王”, 是世界上公认的最接近人乳的乳制品。近年来, 羊乳的营养价值越来越受到人们的关

3 结论

羊乳与牛乳之间脂肪含量有明显差异; 同一品种羊所产的初乳与常乳之间脂肪含量差异明显, 但是关中羊常乳与萨能羊常乳之间脂肪含量没有明显差异。4 种样品均为 C16:0 脂肪酸含量最高, 羊乳与牛乳之间脂肪酸含量有明显差异; 同一泌乳期不同品种羊乳之间脂肪酸含量没有明显差异。羊乳游离脂肪酸含量低于牛乳。结合电子鼻分析结果可以推断, 羊乳膻味与中短链脂肪酸 (C6:0-C14:0) 含量有很大相关性。本研究通过脂肪酸含量和电子鼻结果分析羊乳膻味与游离脂肪酸之间相关性, 进一步了解羊乳膻味产生原因, 为控制羊乳膻味和开发推广羊乳产品提供理论依据。C

参考文献

- [1] 逢金柱, 米丽娟, 刘正冬. 羊奶营养研究进展及羊乳基婴儿配方奶粉开发[J]. 中国食物与营养, 2018, 24 (7) : 43-46.
- [2] 李静, 许晓曦, 滕国新. 羊奶膻味脂肪酸代谢调控研究[J]. 食品工业科技, 2010 (4) : 343-345.
- [3] 艾对, 张富新, 李延华, 等. 羊奶短中链脂肪酸与羊奶膻味关系的研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36 (6) : 113-116.
- [4] 薛海晓. 脂肪酶与脂肪酸对羊乳膻味影响的研究[硕士论文][D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.
- [5] Chavarri F, Virto M, Martin C, et al. Determination of free fatty acids in cheese: comparison of two analytical methods[J]. Journal of Dairy Research, 1997, 64 (3) : 445-452.
- [6] 曹斌云, 宋社果, 宋宇轩. 牛羊奶主要营养成分的比较研究[J]. 天津农学院学报, 1996 (3) : .
- [7] 赵晓娥, 孙念琴, 宋爱爱, 等. 不同月份产羔山羊初乳免疫球蛋白和常乳成分检测[J]. 家畜生态学报, 2018, 39 (6) : 17-22.
- [8] 张宇, 王立娜, 张宏达, 等. 母乳、牛乳及山羊乳脂肪酸组成的差异分析[J]. 食品工业科技, 2019, 40 (4) : 27-32.
- [9] Pavl í kov á, 孙鹏. 绵羊初乳和常乳中乳

脂肪酸组成的变化研究[J]. 中国畜牧兽医, 2010 (8) : 240.

- [10] 葛武鹏, 李元瑞, 陈瑛, 等. 牛、羊乳及其制品的脂肪酸组成分析[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2008 (7) : 173-178.
- [11] 王凤梅, 梁琪, 文鹏程, 等. 两种乳中脂肪球粒径、脂肪酶活性以及游离脂肪酸的比较分析[J]. 食品工业科技, 2015, 36 (19) : 95-100.
- [12] 贾茹, 刘占东, 马利杰, 等. 电子鼻对山羊奶中致膻游离脂肪酸的识别研究[J]. 中国乳品工业, 2015, 43 (3) : 18-21.

[基金项目: 国家自然科学基金 (31371808) ; 农业公益性行业科研专项 (201303085)]

作者简介:

张雨萌 (1996-), 女, 博士, 研究方向为乳制品加工。

★通信作者: 吕加平 (1963-), 男, 博士生导师, 研究员, 研究方向为乳品加工及微生物。

(责任编辑: 彭蕾)