

SDS-PAGE 电泳在鉴别用牛乳掺伪的新疆特种乳中的应用

阿力木·吾布力¹, 杨洁², 苏力坦·阿巴百克力² (新疆大学生命科学与技术学院, 新疆乌鲁木齐 830049)

摘要 [目的]采用十二烷基磺酸钠-聚丙烯酰胺凝胶电泳(SDS-PAGE)鉴别一定比例掺伪的特种乳中所含的牛乳成分及确定最低检测掺伪比例。[方法]按一定的比例(1:1、1:4、1:10、1:20、1:100、1:200和1:400($V_{\text{牛乳}}/V_{\text{特种乳}}$))掺伪,离心分离乳清蛋白,SDS-PAGE电泳,确定掺伪差异性蛋白并进行灰度分析。[结果]SDS-PAGE可以快速、有效地分离各乳乳清蛋白以及掺伪的牛乳乳清蛋白。[结论]SDS-PAGE鉴别掺伪的最低比例为1:10($V_{\text{牛乳}}/V_{\text{特种乳}}$)。

关键词 SDS-PAGE电泳;特种乳;灰度分析

中图分类号 S851.34⁺⁷ **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)23-099-04

Use of SDS-PAGE in Detecting Bovine Milk Content in Adulterated Xinjiang Non-bovine Milk

Alm·UBUL¹, YANG Jie², Sultan·ABABEKRI² (College of Life Science and Technology, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830049)

Abstract [Objective] The aim was to use SDS-PAGE to detect adulterated non-bovine milk and measure bovine milk content and confirm the lowest adulteration ratio. [Method] By using different ratio of(1:1, 1:4, 1:10, 1:20, 1:100, 1:200 and 1:400($V_{\text{bovine milk}}/V_{\text{non-bovine milk}}$)) adulterated non-bovine milk, whey protein was isolated and SDS-PAGE was conducted to locate the indicating protein then use gray analysis to detect adulteration and calculate bovine milk content. [Result] The SDS-PAGE can efficiently separate each animal's whey protein as well as bovine whey protein from adulterated whey. [Conclusion] The lowest adulterating ratio can be detected with SDS-PAGE as 1:10 ($V_{\text{bovine milk}}/V_{\text{non-bovine milk}}$).

Key words SDS-PAGE; Non-bovine milk; Gray analysis

特种乳是指牛乳外的其他哺乳动物的乳汁(驼乳、驴乳和山羊乳),与牛乳相比,特种乳含有较多的干物质、蛋白质、脂肪和矿物质,偏碱性,目前尚未发现过敏现象^[1]。《维吾尔常用药》记载:“驼乳大补益气,补五脏七损,强壮胫骨。驼乳营养丰富,被认为胰岛素的替代品,治疗哮喘、慢性肾衰竭和抗肿瘤^[2-3]”。山羊乳富含各种维生素和矿物质,所含的各类蛋白质的量及种类与母乳中蛋白质极其接近^[4]。驴乳水分含量较高,全乳固体含量较低,与其他家畜乳相比,驴乳的蛋白质、乳糖和灰分含量更接近人乳,但脂肪含量显著低于人乳,富含各种维生素和矿物质,被认为是母乳的最佳替代品^[5-6]。

新疆是我国最重要的畜牧基地,双峰驼、驴、山羊等为新疆特色产乳家畜,已形成一定的养殖优势。因各特色乳间存在功效的差异且特种乳有限,特种乳市价远高于牛乳,已有商家为谋取暴利而将低价格的牛乳掺入高品质的特种乳中,严重影响乳产业的健康发展^[7]。因此,在实地对于如何实现快速检测原料乳是否掺伪是一个重要的项目。SDS-PAGE电泳具有分子筛效应,根据蛋白质分子量亚基的不同而分离蛋白,能够有效地分离乳中的主要蛋白质,可以进行定性和定量分析。牛乳乳清主要包括乳铁蛋白(Lf)、牛血清白蛋白(BSA)、免疫球蛋白(IgG)、 β -乳球蛋白(β -Lg)和 α -乳白蛋白(α -La)^[8],对于掺伪的特种乳通过牛乳乳清具备而特种乳乳清缺失的蛋白进行检测。笔者采用SDS-PAGE鉴别一定比例掺伪的特种乳中所含的牛乳成分,并确定最低检测掺伪比例。

1 材料与方法

1.1 乳样的采集、掺伪及乳清的分离

1.1.1 乳样的采集。牛乳采自新疆乌鲁木齐市鸿雁池哈萨克村家养牛,牛胎次为第2胎;驼乳采自新疆乌鲁木齐市鸿雁池哈萨克村家养新疆双峰乳,骆驼胎次为3胎;驴乳采自新疆乌鲁木齐市鸿雁池哈萨克村家养驴乳,驴胎次为1胎;山羊乳采自于新疆乌鲁木齐市,山羊胎次为1胎。

1.1.2 乳样的掺伪。掺伪总体积为50 mL,准备8个50 mL离心管,按顺序各离心管(牛乳:特种乳)体积比例为1:1、1:4、1:10、1:20、1:100、1:200和1:400。共有3组,第一组为掺伪的驼乳,第二组为掺伪的山羊乳,第三组为掺伪的驴乳。

1.1.3 乳清的分离。取纯和掺伪的50 mL乳样本振荡混匀后放入离心机,4℃、12 000 r/min离心30 min,弃去乳脂和沉淀层,收集上清,重复3次,-20℃保存备用。

1.2 SDS-PAGE电泳及定量分析用5%的浓缩胶和10%的分离胶,浓缩胶电泳15 min,分离胶电泳40 min。纯乳清和掺伪乳清稀释10倍后上样,上样量均为10 μ L,通过BIO-RAD凝胶成像系统观察SDS-PAGE电泳结果,利用imageJ和Quantity One软件对电泳条带及蛋白条带进行定量分析。

1.3 高灵敏度染色先纯化考马斯亮蓝R-250,在250 mL 7.5%乙酸中溶解4 g染料,加热至70℃,加入44 g硫酸铵,溶解后,3 000 r/min离心10 min,去除上清使染液干燥,即为纯化的考马斯亮蓝。然后在500 mL 2%磷酸中溶解30 g硫酸铵,待其完全溶解后,加入纯化的考马斯亮蓝R-250,室温保存。电泳后加入12.5%三氯乙酸,室温振荡1 h,排干液体。将考马斯亮蓝R-250染液加至凝胶内温育过夜,用20%硫酸铵固定凝胶。

1.4 乳清蛋白浓度测定配制浓度为0.1 mg/mL标准牛血清白蛋白溶液,称取考马斯亮蓝G-250 0.1 g,溶于95%乙

基金项目 国家自然科学基金项目“基于特种乳差异蛋白组分析建立乳间掺伪检测方法研究”(31471645)。

作者简介 阿力木·吾布力(1985-),男,新疆乌鲁木齐人,硕士研究生,研究方向:分子与生物化学。

收稿日期 2016-07-04

醇 50 mL, 再加入 85% 的浓磷酸 100 mL, 用水稀释至 1 000 mL, 混匀备用。

表 1 标准曲线绘制溶液

Table 1 The standard curve solutions mL

试管号 Tube No.	标准牛血清白蛋白溶液 Standard bovine serum albumin solution	蒸馏水 Distilled water	染色液 Dyeliqor
0	0	1.0	5
1	0.2	0.8	5
2	0.4	0.6	5
3	0.6	0.4	5
4	0.8	0.2	5
5	1.0	0	5

按表 1 分别向各支试管内加入各种试剂, 充分混匀, 5 min 后在 595 nm 波长处以 0 号管调零, 测定各管吸光度 (A)。以蛋白浓度为横坐标, 吸光度为纵坐标, 用 Excel 2007 制作标准曲线, 并得到回归方程: $Y = 6.420X - 0.008$ (X : 质量浓度, mg/mL; Y : 吸光值), $r = 0.999$ 。

1.5 数据分析 用 Excel 2007 对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 乳清浓度 各动物乳中乳清蛋白的浓度: 牛乳乳清 (6.08 ± 0.07) mg/mL, 骆驼乳清 (5.53 ± 0.14) mg/mL, 山羊乳清 (8.34 ± 0.11) mg/mL, 驴乳乳清 (2.65 ± 0.09) mg/mL。

2.2 乳清蛋白 SDS-PAGE 电泳 由图 1、2 可知, 驼乳乳清共有 9 个条带, 驼乳乳清中缺失牛乳乳清中分子量大小为 18.4 ku 的 β -乳球蛋白 (β -Lg)。由图 1、3 可知, 驴乳乳清共有 7 个条带, 缺失牛乳乳清所含的 14.1 ku 的 α -乳白蛋白 (α -La)。由图 1、4 可知, 山羊乳乳清有 5 个条带, 与牛乳乳清相比缺失 84.7 ku 的乳铁蛋白 (Lf)。

采用 Quantity One 软件计算牛乳乳清蛋白的分子大小, 结果表明, 乳铁蛋白 (Lf) (84.7 ± 0.85) ku, 牛血清白蛋白 (BSA) (69.5 ± 0.48) ku, 免疫球蛋白 (IgG) (64.3 ± 0.27) ku, β -乳球蛋白 (β -Lg) (18.4 ± 0.16) ku, α -乳白蛋白 (α -La) (14.1 ± 0.11) ku。

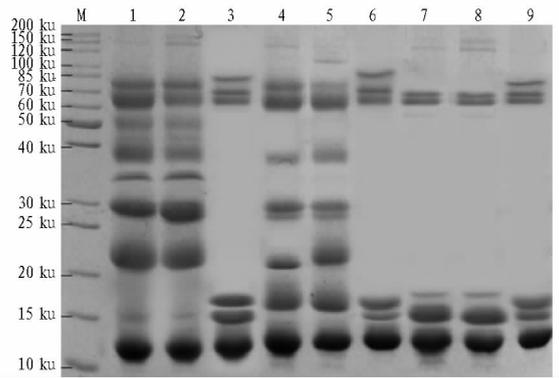
2.3 乳清差异性蛋白的定位 由图 2 可知, 骆驼乳乳清缺失 β -乳球蛋白, 泳道 3 出现明显的 18.4 ku 的 β -乳球蛋白, 泳道 4 和 5 也出现但颜色较浅, 泳道 6~9 无此条带。

由图 3 可知, 山羊乳乳清缺失牛乳乳清所含的 84.7 ku 的乳铁蛋白, 泳道 3 和 4 分别为牛乳与山羊乳体积比例 1:1 和 1:4, 可以明显地看出乳铁蛋白, 泳道 5~9 由于浓度低于检出限无此条带出现。

由图 4 可知, 驴乳乳清缺失牛乳乳清所含的 14.1 ku 的 α -乳白蛋白。泳道 3、4 和 5 为牛乳与驴乳体积比例分别为 1:1、1:4 和 1:10, 可以明显地看出 α -乳白蛋白, 但随着浓度的减小颜色变浅, 泳道 6~9 无此条带出现。

2.4 掺伪检测

2.4.1 牛乳乳清所含的蛋白。由图 1、2、3、4 和表 2 可知, 牛乳乳清由乳铁蛋白、牛血清白蛋白、免疫球蛋白、 β -乳球蛋



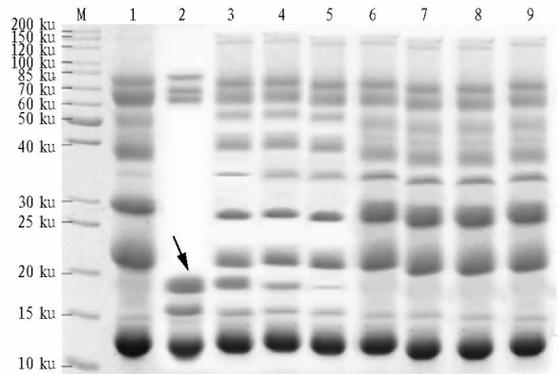
注: 1、2. 骆驼乳乳清样; 3、6、9. 牛乳乳清样; 4、5. 驴乳乳清样; 7、8. 山羊乳乳清样。

Note: 1, 2. Camel whey samples; 3, 6, 9. Cow whey samples; 4, 5. Donkey whey samples; 7, 8. Goat whey samples.

Donkey whey samples; 7, 8. Goat whey samples.

图 1 各特种乳和牛乳乳清蛋白的 SDS-PAGE 电泳图谱

Fig. 1 The SDS-PAGE result of whey proteins of each non-bovine and bovine milk



注: 1. 骆驼乳乳清样; 2. 牛乳乳清样; 3. 牛乳: 驼乳 1:1 (V/V); 4. 牛乳: 驼乳 1:4 (V/V); 5. 牛乳: 驼乳 1:10 (V/V); 6. 牛乳: 驼乳 1:20 (V/V); 7. 牛乳: 驼乳 1:1 (V/100); 8. 牛乳: 驼乳 1:200 (V/V); 9. 牛乳: 驼乳 1:400 (V/V)。

Note: 1. Camel whey samples; 2. Cow whey samples; 3. Cow milk: camel milk 1:1 (V/V); 4. Cow milk: camel milk 1:4 (V/V); 5. Cow milk: camel milk 1:10 (V/V); 6. Cow milk: camel milk 1:20 (V/V); 7. Cow milk: camel milk 1:1 (V/100); 8. Cow milk: camel milk 1:200 (V/V); 9. Cow milk: camel milk 1:400 (V/V)。

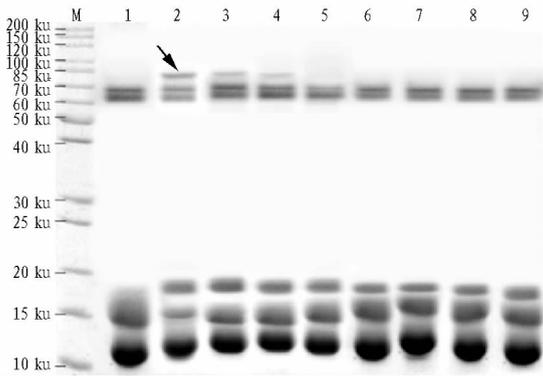
图 2 按一定比例用牛乳掺伪的驼乳乳清蛋白的 SDS-PAGE 电泳图谱

Fig. 2 The SDS-PAGE result of whey proteins of camel milk adulterated with bovine milk

白和 α -乳白蛋白构成 (电泳时从上往下依次分离)。

2.4.2 检出限确定。根据限量要求, 对 0.1 mg/mL 标准不同比例稀释 10 个平行样进行电泳。得到的标准差, 由 $LOD = 3 \times SD$ 得到检出限, 检出限为 19 mg/L。

2.4.3 掺伪的驼乳。利用 imageJ 软件对图 2 箭头所示的 β -乳球蛋白条带进行处理, 泳道 1~9 中的 β -乳球蛋白含量分别为 (0.0184 ± 0.0002)、(0.0096 ± 0.0001)、(0.0051 ± 0.0001)、(0.0022 ± 0.0001)、0、0、0、0 mg。最低掺伪检测比例为 1:10 ($V_{牛乳}/V_{驼乳}$) (图 5)。

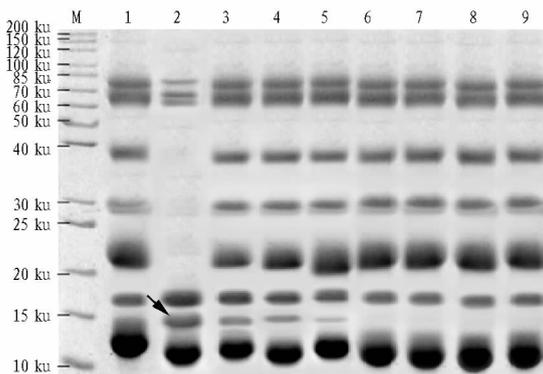


注:1. 山羊乳乳清样;2. 牛乳乳清样;3. 牛乳:山羊乳 1:1 (V/V);4. 牛乳:山羊乳 1:4 (V/V);5. 牛乳:山羊乳 1:10 (V/V);6. 牛乳:山羊乳 1:20 (V/V);7. 牛乳:山羊乳 1:1 (V/100);8. 牛乳:山羊乳 1:200 (V/V);9. 牛乳:山羊乳 1:400 (V/V)。

Note: 1. Camel whey samples; 2. Cow whey samples; 3. Cow milk: camel milk 1:1 (V/V); 4. Cow milk: camel milk 1:4 (V/V); 5. Cow milk: camel milk 1:10 (V/V); 6. Cow milk: camel milk 1:20 (V/V); 7. Cow milk: camel milk 1:1 (V/100); 8. Cow milk: camel milk 1:200 (V/V); 9. Cow milk: camel milk 1:400 (V/V)。

图 3 按一定比例用牛乳掺伪的山羊乳乳清蛋白的 SDS-PAGE 电泳图谱

Fig. 3 The SDS-PAGE result of whey proteins of goat milk adulterated with bovine milk



注:1. 驴乳乳清样;2. 牛乳乳清样;3. 牛乳:驴乳 1:1 (V/V);4. 牛乳:驴乳 1:4 (V/V);5. 牛乳:驴乳 1:10 (V/V);6. 牛乳:驴乳 1:20 (V/V);7. 牛乳:驴乳 1:1 (V/100);8. 牛乳:驴乳 1:200 (V/V);9. 牛乳:驴乳 1:400 (V/V)。

Note: 1. Camel whey samples; 2. Cow whey samples; 3. Cow milk: camel milk 1:1 (V/V); 4. Cow milk: camel milk 1:4 (V/V); 5. Cow milk: camel milk 1:10 (V/V); 6. Cow milk: camel milk 1:20 (V/V); 7. Cow milk: camel milk 1:1 (V/100); 8. Cow milk: camel milk 1:200 (V/V); 9. Cow milk: camel milk 1:400 (V/V)。

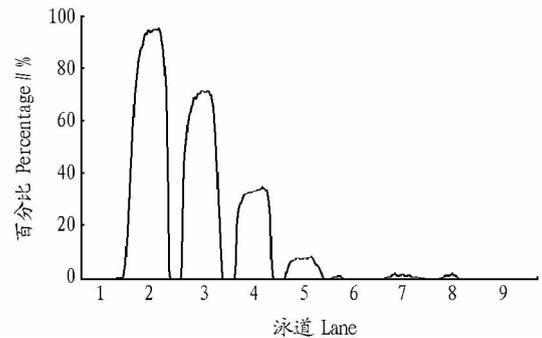
图 4 按一定比例用牛乳掺伪的驴乳乳清蛋白的 SDS-PAGE 电泳图谱

Fig. 4 The SDS-PAGE result of whey proteins of donkey milk adulterated with bovine milk

2.4.4 掺伪的山羊乳。利用 imageJ 软件对图 3 箭头所示的乳铁蛋白进行处理,通过灰度分析确定能够鉴别的最低掺伪

表 2 牛乳乳清所含的蛋白
Table 2 Protein of bovine whey

乳清蛋白种类 Whey protein	百分比 Percentage//%	含量 Content//mg
Lf	18.23 ± 0.05	0.009 ± 0.000 1
BSA	10.85 ± 0.02	0.005 ± 0.000 1
IgG	24.45 ± 0.05	0.017 ± 0.0005
(β-Lg)	26.51 ± 0.01	0.018 ± 0.0003
α-La	19.94 ± 0.02	0.014 ± 0.0002



注:1. 骆驼乳乳清样;2. 牛乳乳清样;3. 牛乳:驼乳 1:1 (V/V);4. 牛乳:驼乳 1:4 (V/V);5. 牛乳:驼乳 1:10 (V/V);6. 牛乳:驼乳 1:20 (V/V);7. 牛乳:驼乳 1:1 (V/100);8. 牛乳:驼乳 1:200 (V/V);9. 牛乳:驼乳 1:400 (V/V)。

Note: 1. Camel whey samples; 2. Cow whey samples; 3. Cow milk: camel milk 1:1 (V/V); 4. Cow milk: camel milk 1:4 (V/V); 5. Cow milk: camel milk 1:10 (V/V); 6. Cow milk: camel milk 1:20 (V/V); 7. Cow milk: camel milk 1:1 (V/100); 8. Cow milk: camel milk 1:200 (V/V); 9. Cow milk: camel milk 1:400 (V/V)。

图 5 掺伪驼乳对 β-乳球蛋白的灰度分析

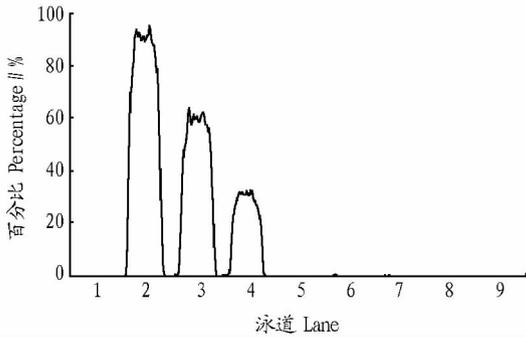
Fig. 5 The gray analysis of β-Lg in adulterated camel milk

比例及含量的减少程度。泳道 1~9 中乳白蛋白含量分别为 (0.009 3 ± 0.000 1)、(0.004 3 ± 0.000 1)、(0.002 1 ± 0.000 1)、0、0、0、0、0 mg。最低掺伪检测比例为 1:4 ($V_{\text{牛乳}}/V_{\text{山羊乳}}$) (图 6)。

2.4.5 掺伪的驴乳。利用 imageJ 软件对图 4 箭头所示的 α-乳白蛋白进行处理,通过灰度分析确定能够鉴别的最低掺伪比例及含量的减少程度。1~9 泳道中 α-乳白蛋白含量分别为 (0.014 2 ± 0.000 1)、(0.007 7 ± 0.000 1)、(0.002 4 ± 0.000 1)、(0.001 9 ± 0.000 1)、0、0、0、0 mg。最低掺伪检测比例为 1:10 ($V_{\text{牛乳}}/V_{\text{驴乳}}$) (图 7)。

3 讨论

3.1 季节、摄取的饲料及身体健康状况对乳蛋白的影响 地理环境的不同意味着植被的不同,引起草食动物摄取食物后所分泌的乳汁的量和所含的部分蛋白质的差异,季节同样引起类似的现象。乳产量除与季节、饲养环境、胎次、种群等因素有关外,主要的影响因素是日粮营养水平,特种乳中蛋白及灰分的含量与日粮中的蛋白及纤维水平密切相关^[9]。家养时动物摄取牧草的蛋白质、粗纤维和矿物质含量都较低。该试验采样地点的牧民们饲养环境及营养方面未规范化,各动物乳中相应成分的含量也较低。

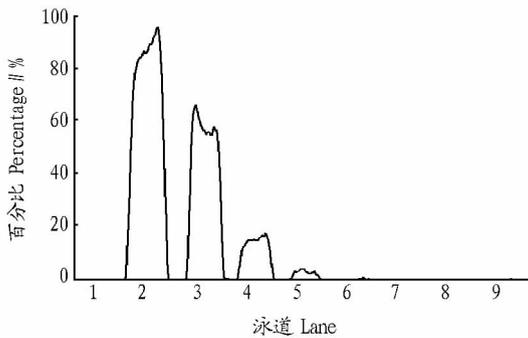


注:1. 山羊乳清样;2. 牛乳乳清样;3. 牛乳:山羊乳 1:1(V/V);
4. 牛乳:山羊乳 1:4(V/V);5. 牛乳:山羊乳 1:10(V/V);
6. 牛乳:山羊乳 1:20(V/V);7. 牛乳:山羊乳 1:1(V/100);
8. 牛乳:山羊乳 1:200(V/V);9. 牛乳:山羊乳 1:400(V/V)。

Note:1. Camel whey samples;2. Cow whey samples;3. Cow milk:
camel milk 1:1(V/V);4. Cow milk:camel milk 1:4(V/V);
5. Cow milk:camel milk 1:10(V/V);6. Cow milk:camel milk
1:20(V/V);7. Cow milk:camel milk 1:1(V/100);8. Cow
milk:camel milk 1:200(V/V);9. Cow milk:camel milk 1:400
(V/V).

图6 掺伪山羊乳对乳铁蛋白的灰度分析

Fig. 6 The gray analysis of Lf in adulterated goat milk



注:1. 驴乳乳清样;2. 牛乳乳清样;3. 牛乳:驴乳 1:1(V/V);4. 牛
乳:驴乳 1:4(V/V);5. 牛乳:驴乳 1:10(V/V);6. 牛乳:驴乳
1:20(V/V);7. 牛乳:驴乳 1:1(V/100);8. 牛乳:驴乳 1:200
(V/V);9. 牛乳:驴乳 1:400(V/V)。

Note:1. Camel whey samples;2. Cow whey samples;3. Cow milk:
camel milk 1:1(V/V);4. Cow milk:camel milk 1:4(V/V);
5. Cow milk:camel milk 1:10(V/V);6. Cow milk:camel milk
1:20(V/V);7. Cow milk:camel milk 1:1(V/100);8. Cow
milk:camel milk 1:200(V/V);9. Cow milk:camel milk 1:400
(V/V).

图7 掺伪驴乳对 α -乳白蛋白的灰度分析

Fig. 7 The gray analysis of α -Lg in adulterated donkey milk

3.2 电泳条件与分离检测灵敏度 不同浓度的胶迁移出不同长度的蛋白条带,对于聚丙烯酰胺凝胶电泳,分离胶浓度越大分离蛋白分子量越小。分离胶浓度太大分子量大的蛋白分不开,分离胶浓度太小分子量小的蛋白分不开。30 ku的驴乳乳清蛋白未完全迁移开,可以通过这些蛋白谱带上所代表的蛋白长度大小来选择适合浓度比例的凝胶,以探知是否还有其他差异性蛋白条带也可以用不同浓度的分离胶和浓缩胶。该试验利用5%的浓缩胶和10%的分离胶,提高浓度或者减少浓度可能分离出未被分离的蛋白亚基或者改进方法采用双向电泳技术迁移更多的蛋白条带。电压越大,电泳时间越短;另一方面,当电压超过120 V时,电泳产生的热

量引起介质的温度升高,这对分离效果造成潜在的影响,不利于检测试验。综合考虑选择90~120 V的电压。染色采取提高灵敏度法与传统染色方法比该方法所用时间短,清晰度高^[10]。

3.3 SDS-PAGE 电泳与其他检测技术比较 目前关于检测牛乳掺伪特种乳的研究较少。随着乳品市场的发展和安全生产,我国检测乳品掺伪的常用技术也逐渐从较浅的研究手段向尖端技术与科技发展。将低级乳掺入特种乳中,会对消费者产生欺骗行为,严重的会导致过敏人群尤其是0~16月的婴幼儿死亡。检测特种乳掺伪牛乳的标准常以不同牛乳蛋白质为主,检测方法集中在电泳技术、色谱技术、免疫技术以及等质谱方法。近几年,通过PCR技术检测食品掺伪研究证实该方法的可靠性和精确性。虽然其他技术的灵敏度高又可靠但实际操作繁琐,随身携带不方便,在实地检测时电泳法比较理想^[11-12],电泳技术基础上研发检测试纸具有潜在发展空间^[13]。

4 结论

该研究按一定比例1:1、1:4、1:10、1:20、1:100、1:200和1:400($V_{\text{牛乳}}/V_{\text{特种乳}}$)掺伪,离心分离乳清蛋白,SDS-PAGE电泳后确定特种乳缺失的蛋白。结果表明,新疆双峰骆驼乳乳清缺失 β -乳球蛋白,山羊乳乳清缺失乳铁蛋白,驴乳乳清缺失 α -乳白蛋白。鉴别用牛乳掺伪的新疆特种乳的有效鉴别体积比例分别为1:10、1:4和1:10($V_{\text{牛乳}}/V_{\text{特种乳}}$)。

参考文献

- [1] HERRERO MANUEAL J M, SIMÓ-ALFONSO E F, RAMIS-RAMOS G, et al. Determination of cow's milk in non-bovine and mixed cheeses by capillary electrophoresis of whey proteins in acidic iso-electric buffers[J]. Journal of chromatography A, 2000, 878: 261-271.
- [2] 何俊霞, 哈斯苏荣, 那仁巴图, 等. 驼乳医疗保健作用的研究进展[J]. 食品科学, 2009, 30(23): 504-507.
- [3] 陆东林, 刘朋龙, 徐敏, 等. 驼乳的化学成分和营养特点[J]. 新疆畜牧业, 2014(2): 10-12.
- [4] 解庆刚, 赵鑫, 董长春, 等. 山羊乳作为婴幼儿配方粉原料的营养优势评估[J]. 中国乳品工业, 2015(9): 26-28.
- [5] 陆东林, 李景芳, 张明, 等. 驴乳的营养特点和保健功效[J]. 草食家畜, 2012, 27(8): 146-149.
- [6] 赵小伟, 杨永新, 黄冬维, 等. 乳驴的利用现状及发展前景[J]. 草食家畜, 2014, 26(6): 28-32.
- [7] CALVANO C D, DE CEGLE C, ARESTA A, et al. MALDI-TOF mass spectrometric determination of intact phospholipids as markers of illegal bovine milk adulteration of high-quality milk species[J]. Anal Bioanal Chem, 2013, 405: 1641-1649.
- [8] 张春刚, 王加启, 刘光磊, 等. 牛初乳、常乳和免疫乳乳清中主要蛋白的SDS-PAGE分析[J]. 扬州大学学报, 2008, 29(2): 43-47.
- [9] 齐新林, 叶东东, 陆东林, 等. 不同饲养水平下驴乳化学成分比较[J]. 草食家畜, 2013, 28(6): 60-64.
- [10] 郑玉妹, 赵朴, 赵宏坤. SDS-PAGE染色-脱色方法的改良[J]. 实验室研究与探索, 2007, 26(1): 41-42.
- [11] PESIC M, BARAC M, VRI VC M, et al. Qualitative and quantitative analysis of bovine milk adulteration in caprine and ovine milks using native-PAGE[J]. Food chemistry, 2011, 125: 1443-1447.
- [12] MAYER H K, BÜRGER J, KAAER N. Quantification of cow's milk percentage in dairy products: A myth? [J]. Anal Bioanal Chem, 2012, 403: 3031-3040.
- [13] ANGELOPOULOU M, BOTSIALAS A, SALAPATAS A, et al. Assessment of goat milk adulteration with a label-free monolithically integrated optoelectronic biosensor[J]. Anal Bioanal Chem, 2015, 407: 3995-4004.