

原料乳与乳制品中 碳水化合物质量控制研究进展

杨自洁¹, 龚吉军^{1,2,3,*}, 任国谱¹, 邓放明²

(1. 中南林业科技大学食品科学与工程学院, 湖南长沙 410004;

2. 湖南农业大学生物学博士后流动站, 湖南长沙 410128;

3. 湖南亚华乳业有限公司博士后工作站, 湖南长沙 410200)

摘要:原料乳与乳制品中碳水化合物具有极高的营养价值, 对人体健康具有重要作用, 但其掺伪现象较普遍, 严重影响了原料乳与乳制品的品质。文章综述了原料乳与乳制品中碳水化合物及其掺伪物质检测技术研究进展, 旨在为如何做好原料乳与乳制品中碳水化合物质量控制提供科学依据。

关键词:原料乳与乳制品, 碳水化合物, 质量控制

Research progress in carbohydrates quality control of raw milk and milk products

YANG Zi-jie¹, GONG Ji-jun^{1,2,3,*}, REN Guo-pu¹, DENG Fang-ming²

(1. College of Food Science and Engineering, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China;

2. Post-doctoral Mobile Station of Biology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;

3. Post-doctoral Station, Hunan AWA Dairy Co., Ltd., Changsha 410200, China)

Abstract: Carbohydrates of raw milk and milk products have significant nutritional value for human body. Adulteration, however, that is a common phenomenon at present. This review mainly focused on detection technology of the real and adulterated carbohydrates in raw milk and milk products, in order to provide theoretical guidances on quality control and adulteration detection of carbohydrates in raw milk and milk products.

Key words: raw milk and milk products; carbohydrate; quality control

中图分类号: TS252.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2012)22-0409-05

原料乳中的碳水化合物主要是乳糖, 乳制品除乳糖外, 还含有乳果糖和蔗糖等。碳水化合物营养价值广泛, 如乳糖对于神经系统、皮肤纹理、骨骼等的形成有重要作用, 能促进肠道益生菌的生长, 此外经消化的乳糖能促进脑苷脂类和粘多糖类的生成, 对于婴幼儿脑部的发育至关重要^[1-2]。乳果糖不仅能促进双歧杆菌增殖、调整肠道菌群平衡, 治疗肝性脑病, 降低内毒素等, 还有独特生理活性, 如低热值、不影响胰岛素分泌等。因此原料乳与乳制品中的碳水化合物的质量控制具有重要意义^[3]。目前, 我国乳制品市场供不应求; 奶牛大多采用传统饲养方法, 日食营养不合理, 原料乳的质量不能符合标准要求; 一些奶农为了牟取利益, 向原料乳加入其他成分, 一些原料乳收购者收购不达标的原料乳, 为不合格原料乳进入工厂提供了机会; 一些企业盲目扩大奶源基地, 忽

略了对原料乳与乳制品质量的监管, 导致市场上发生了一系列原料乳与乳制品质量安全问题, 对一些特殊人群、企业、行业的品牌和形象造成了巨大损害。常见碳水化合物掺伪物有糊精、淀粉、乳清粉等, 糊精具有廉价、易得到等优点, 是惯用的掺假物质之一^[4]。因此, 应加大原料乳与乳制品中碳水化合物质量控制力度。目前, 能够同时检测分离出原料乳与乳制品中多种碳水化合物成分的技术有限, 存在操作复杂、检测速度慢、准确度低等缺点。因此对其高效检测技术进行研究是非常必要的, 对维护奶业健康发展, 提高原料乳与乳制品质量的市场竞争力, 保证消费者权益有着直接的现实意义。

1 原料乳与乳制品中碳水化合物的检测

1.1 原料乳与乳制品中乳糖的检测

在乳品行业中, 乳糖的检测是原料乳验收和成品检验中的重要项目^[5]。目前乳糖测定方法主要有酶法、直接滴定法、直接比色法、近红外光谱法、旋光法、高效液相色谱法、毛细管电泳法等。现在应用与研究比较多的方法主要分为化学检测法和仪器检测法。

收稿日期: 2012-05-24 * 通讯联系人

作者简介: 杨自洁(1986-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 乳品质量与安全。

基金项目: 国家十二五科技支撑计划课题(2012BAD12B04); 国家863计划课题(2010AA023004)。

1.1.1 化学法 我国现行的关于乳糖检测的标准中推荐的化学分析法是莱因-埃农氏法(GB 5413.5-2010)。黄闽燕等^[6]对莱因-埃农氏法测定乳糖进行了研究优化。实验的相对标准偏差为0.64%，平均加标回收率分别为104.4%、105.0%，该方法回收率良好，准确度较高。由于莱因-埃农氏法测定乳糖有滴定条件不易控制且终点不易判定、操作繁琐、无法避免其他还原糖的干扰等缺点，仅适于测定原料奶和成分简单的乳制品中的乳糖含量，但与比色法相比精密程度更高^[7]。

梁敏^[8]采用比色法测定乳粉中乳糖含量，线性关系较好，相关性系数 $r=0.9629$ ，样品10次平行实验误差较小，变异系数 $CV=0.65\%$ ，样品的回收率可达99.38%~100.67%，重现性优于莱因-埃农氏法，该方法操作简单，需要的样品量及试剂量较少。此外，有人对比色法测定乳糖的方法进行了分析，发现该法以还原糖而非特定的乳糖为测定对象仅适用于少量多批次原料乳和成分简单的乳制品样品的测定，测定乳糖含量所用的显色剂成分之一苦味酸为危险品，不易获得^[7]。伍红等^[9]对蒽酮比色法研究发现，该法具有简便、快速、准确、灵敏且耗样量少的优点，其回收率为99%~101%，相对误差为 $\pm 1\%$ 。管健^[10]用亚砷酸钠代替不稳定的焦硫酸钠对比色法进行研究，其标准偏差为0.0465，变异系数为0.98%，回收率在100.0% $\pm 5\%$ 之间，提高了检测的准确度，但是本方法不适用于其他还原糖、蔗糖的检测。此外，尤玉如等^[11]还将碘法与酶法结合测定乳糖含量，其回收率在96.14%~100.96%之间，适于低乳糖乳制品中乳糖含量的检测。

总之，化学分析方法由于步骤繁琐，需要的样品量及试剂量较大，检测时间长，对操作人员要求高，只能测定一种成分等原因只能在实验室中作为序后测量。

1.1.2 仪器法 王林舸等^[12]使用两种近红外光漫反射光谱技术分析测定乳糖含量，乳糖含量的相关系数(r)为0.8288，预测误差均方根(RMSEP)为2.804。有人研究发现，虽然该法具有快速、低成本、无需样品预处理且可同时无损测量多种成分等优点，但要建立涵盖不同浓度范围的不同模型，在预测分析前，要先对未知样品光谱的适用性进行判断，以选择正确的校正模型并降低RMSEP，同时噪声、样品背景及仪器漂移等也会对光谱造成一定的影响，从而影响模型精度^[13-14]。分光光度计的波长范围的精度影响牛奶属性的预测^[15]。有人报道与其他光谱技术相比，指定的短波近红外光谱波长工作较好，对碳水化合物预测决定系数是0.982。利用短波近红外区，光束测量数据不仅结果可靠同时也缩短了测量时间，从水中产生振动可以缩小长波近红外光谱区。新鲜奶中的含水量是影响近红外光谱的主要因素^[16-17]。荣茵等^[18]将Elman网络与近红外光谱技术结合进行分析。Elman网络模型对样品中乳糖含量的预测决定系数(R^2)为:0.967，该方法具有检测速度快、效率高、成本低、测试重现性好、测量方便等特点。但是由于网络

结构的确定是经验性的问题，需要设计大量的实验并且对样品温度有一定要求。Andreas等^[19]研究近红外光谱法可以在同一时间和特定的基质条件下分析多个成分。乳糖的决定系数 $R^2=0.73$ 和标准错误预测 $SEP=0.09$ 。漫反射近红外光谱法分析的原料奶的组分没有达到实验室精度却有一个优点，它的检测频率比透射法和折射法更高。牛奶中乳糖含量的定标精确性，只在在线分析中可接受。应该进一步的提高最优化校准改善估计牛奶中乳糖的含量值。此外，还有人将近红外光谱技术与自动挤奶系统结合使用进行了研究^[20]。

有报道对光折射法测量原料乳中乳糖含量进行了分析，结果表明，采用光折射法测量乳糖含量的质量分数可达到0.1%的精度^[21-22]。此外，谢家兴等^[23-24]还对光折射法测量原料乳乳糖质量分数单双式样盒进行了对比研究。研究发现，虽然该方法操作简单，测量精确度高，速度快，但是在测试过程中，原料乳中乳糖溶液样品的获得、样品测试温度的选择和变化、盛放乳糖溶液的试样盒都会直接影响测量的精确度和仪器化程度，且使用双三角形试样盒的测量精确度比单三角形试样盒的高。

钟宁等^[25]探索了高效毛细管电泳法配合紫外检测器测定乳糖，其标准偏差为0.09%，测定乳糖的出峰时间、峰面积和乳糖浓度的变异系数均小于5%。该方法具有良好的重复性、精密度和准确度。但实验结果的谱图均存在显著的系统峰，还需进一步的实验探索怎样消除系统峰，并且发现在两种样品类型的谱图中，乳糖出峰后均出现了其他峰，其具体为何种物质也有待进一步分析测定。

Tommaso等^[26]研究了配有脉冲电流检测器的高效阴离子交换色谱技术(HPAE-PAD)，其相对标准偏差(RSD)为4%，平均回收率为98.3% $\pm 2.5\%$ 。该技术具有无需预处理、高效、快速、微量、选择性和重现性好的分离与检测等优点。但乙酸钡作为淋洗液，较易生成碳酸钡沉淀，对柱子的寿命和淋洗液的稳定造成一定的影响，且所用仪器设备昂贵。

高效液相色谱法早在30多年以前就被使用，近年来广泛用于糖类组分的分析^[27]，是我国现行的关于乳糖检测的标准(GB 5413.5-2010)中推荐方法之一，有研究发现，该方法具有步骤简单、可同时测定多种组分、对乳糖有良好的选择性、结果准确等优点，但其稳定性、重复性和选择性均有一定程度的不足^[28-29]。陈少美^[30]采用该法检测发现，乳糖在0.22~1.76mg/mL范围内线性关系良好($r=0.9991$)，相对标准偏差(RSD)为0.84%，平均回收率为99.0%。为了优化高效液相色谱法，李公斌等^[31]采用高效液相色谱-蒸发光散射法检测乳糖，其回收率为102.0%~103.2%，相对标准偏差(RSD)为0.228%，同时，有人员研究发现，该方法稳定性好，灵敏度高，无溶剂峰干扰，弥补了HPLC传统检测器的不足，操作简便，结果准确、重现性好，克服了示差检测器检测糖类时灵敏度低、系统平衡时间长、不能进行梯度进样的缺点，而且在20min内即能完成对各种糖的良好分离，但流动相中

水的比例会影响分离和检测结果^[32-33]。据Jose等^[34]报道ELSD反应并不是基于样品的光学特性和在基本相同反应因子下检测的样品组成。ELSD检测器和UV检测器相比对于所有的成分的反应原理是一样的,而且所有的成分经一次简单的跑样就可以完成检测。但是,ELSD检测器的检测限略低于UV检测器。

孙式兴等^[35]应用自行开发的数字图像检测系统进行了乳糖数字图像检测方法的研究,提出了一种基于数字色度学原理的乳粉中乳糖含量的测定方法。该方法具有良好的重复性和准确性,变异系数为1.06%,加标回收率在96.67%~103.67%之间,具有良好的准确性,回收率较高,简单、快速并可以一次测定多个样品。

胡强等^[36]对液相色谱-串联质谱法研究发现,其最低检测限为0.2 μ g/mL,平均回收率为100.3%,总分析时间为7min。用该法检测乳糖,样品预处理简单,结果灵敏、准确、精密,能满足生物样品分析方法的要求,但流动相中水相和有机相的比例对检测方法灵敏度、分离度和分析时间有较大影响,需要进一步研究分析。

1.2 乳制品中乳果糖的检测

复原乳掺伪是目前乳品行业中存在的较为严重的问题。乳果糖是判断乳制品中复原乳掺伪的重要指标。此外,由于原料乳加热灭菌过程会造成蛋白质和脂类的水解和部分维生素的损失,破坏矿物元素的平衡和热敏性生物活性物质以及发生美拉德反应等,影响原料乳及乳制品的品质,所以乳果糖也是评价液态乳加工质量的指标。乳果糖含量的测定有薄层色谱法、气相色谱法、液相色谱法、离子色谱法、荧光法、微分pH计法和酶法等,其中高效液相色谱法和酶法较为成熟^[37-39]。

刘芳等^[3]对薄层色谱法进行了优化,用盐溶液代替水制备薄层硅胶板增加了糖在固定相中的溶解度,提高了薄层的负荷量,还使糖的斑点更集中,改善了分离效果,乳果糖的检测限为2 μ g,相对标准偏差(RSD)为3.41%,平均回收率为95.6%。

酶法具有准确度高、检出限低的优点。但该方法的显著缺点是乳果糖水解为该方法的关键步骤,而该步骤中的培养温度正是微生物适宜生长的温度,极易产生微生物污染而造成乳果糖测定值偏低;此外测定周期过长,不利于该方法的推广和大批量测定。该方法还受温度、反应时间、酶量、酶活和pH等的影响。黄萌萌等^[38]通过升高培养温度和加大酶的添加量,加快酶的反应速度而对水解条件进行优化,从而建立了一种快速检测乳果糖的方法,其平均回收率为98.6%。

曾文芳等^[40]采用离子色谱电化学方法(HPAEC-PAD)成功地对原料乳中乳果糖含量进行测定,该方法的回收率为102.4%,检测限低于0.002mg/mL,准确度、精密度较高,灵敏度好,是一种简便快速、分离效果良好的分析方法,能够满足分析测试要求。

1.3 乳制品中蔗糖的检测

化学分析法测定乳制品中的蔗糖占主导地位,

但据报道,菲林滴定法、间苯二酚法和Se氏法等化学方法操作复杂,终点难以控制,准确度低,检出限高,受反应条件限制较多,如反应液碱度、反应温度、滴定速度等,所以对检测人员的要求较高。而用于蔗糖单一成分检测的仪器法有限,一般使用可对多组分分析检测的方法进行蔗糖的检测^[41]。

李静芳等^[28]研究发现高效液相色谱法(配示差折光检测器)可以同时测定多种糖,即可用于乳制品中蔗糖的检测。用该方法测定蔗糖的检出限为1.12mg/g,相对标准偏差为1.4%,平均回收率为104.56%,具有快速简单、结果准确、灵敏度高的特点。梁宝爱等^[42]采用高效液相色谱仪(配示差折光检测器),对食品中蔗糖进行准确定量测定的研究。该方法回收率在95%~105%之间;相对标准偏差<3.0%,精密度高;最低检出限为0.9g/kg;确定检测柱温度为30 $^{\circ}$ C,考虑到蔗糖化合物的特性及对柱温的影响,确定检测池温度为35 $^{\circ}$ C,确定了分离效果最佳的流动相为乙腈+水(体积比4:1),分离效果好,准确度高。

郭晓东等^[43]采用最小二乘法(PLS)回归建模,进行模型与手工法的对比验证。与手工法相比,近红外透射光谱法具有测试准确度高、测试速度快、对样品无损害等特点,证明了采用近红外透射法测定酸奶中蔗糖含量的可行性。

2 原料乳与乳制品中碳水化合物的掺伪检测

2.1 原料乳与乳制品中糊精的掺伪检测

目前对于原料乳与乳制品中糊精的检测方法有限,主要有酶解法、比色法和乳成分分析法。

王丹慧等^[44-45]研究发现比色法针对原料乳及复原乳的检出限为0.025%,平均回收率为98%,检验药品成本很低。该方法对于原料奶和乳粉中糊精掺假检测具有灵敏度高、检测准确度高、成本低廉等优点。孙燕等^[46-47]利用乳成分快速分析仪对原料乳与乳制品中糊精掺伪进行检测,分析原料乳成分数据的变化规律及调整控制因素,以达到预判原料乳掺伪和确定掺伪物质—糊精检出限的目的。样品无需预处理、操作简单,但是对于报警QA值需要进行多次实验才能确定以提高乳成分检测准确度。

2.2 原料乳与乳制品中淀粉的掺伪检测

现阶段,对于原料乳与乳制品中淀粉的掺伪检测方法中占主导地位的也是化学分析法即碘法。但是该法只能做定性分析不能用于定量分析^[48]。

吴敏等^[49]研制了用于淀粉掺假快速检测的试纸,结果比较准确,基本达到半定量,试纸选用圆形,保质期长,比较稳定。该试纸具有操作简便、快速(10min左右)、呈色特效、现象明显、阳性结果容易把握、检测限较低(最低检测限为1.4mg/mL)、其他掺假物质不会对试纸检测造成干扰和误判等优点,反应在室温下即可进行,缺点是浸泡时间太长,纸张易破,不易晾干操作,晾干后试纸的形状保持不好且每隔一段时间要对试纸灵敏性进行检测。

李亮等^[50-51]采用Fisher多类线性判别分析法处理近红外光谱分析中的大量数据,不仅可以从大量光谱信息中提取有用信息,降低数据维数,而且能够运

用已知样本的特征建立掺假奶识别模型,定性判别未知样本的属性;此外利用PLS法定量检测了掺伪奶中掺伪淀粉的含量,检测结果准确可靠。建模方法为多层感知器神经网络,比起Fisher线性判别和径向基函数神经网络,多层感知器神经网络强大的非线性映射建模能力获得了较优的识别结果;采用偏最小二乘法建立的掺伪淀粉含量定量检测模型也达到了比较好的建模效果,掺伪原料奶掺伪淀粉含量校正模型的决定系数在94%以上,预测标准偏差RMSECV均在原料奶掺伪常规检测偏差范围内,利用校正模型对验证集样本进行验证,各验证模型决定系数都在96%以上,建立的校正模型预测精度达到了相关规定,且检出精度高于常规检测方法。

2.3 原料乳与乳制品中乳清粉的掺伪检测

由于乳清粉成分复杂,目前可对其检测的方法有限,秦立虎等^[52]报道了一种乳清粉判别指标,即乳清粉中乳糖含量大于等于75%,掺了乳清粉的原料乳中脂肪含量甚至还低于蛋白质含量,此时再测鲜奶中的乳糖含量,如果乳糖质量分数大于等于4.80%,便可确定该原料乳与乳制品中掺有乳清粉。而一般的化学方法非常复杂不适合在线检测。

王右军等^[53]考察了线阵电荷耦合器件(Charge coupled devices, CCD)近红外光谱技术快速定量检测牛奶中乳清粉掺伪的可行性。该方法无需对样品进行预处理,加上CCD近红外光谱仪具有小巧易携带,成本低等优点,为掺伪原料乳与乳制品的快速检测提供了技术支撑。但是受近红外光谱技术检测限的限制,难以准确预测原料乳与乳制品中乳清粉浓度低于千分之一时的掺伪量。

3 展望

原料乳与乳制品中碳水化合物质量不仅对消费者健康有巨大影响,甚至关系到生命安全,还对我国乳产业的健康发展和社会稳定产生不可忽视的影响。现阶段,原料乳和乳制品中碳水化合物的检测方法正由传统的化学检测方法向方便、快捷、准确度高的物理检测方法与生物检测方法发展。但是以上提到的检测方法都存在着一些不足,主要是:操作复杂、检测时间长、影响因素较多,尤其是化学方法,只能检测一、两种成分,不适合大批量的样品的检测,准确度、回收率和重复性不理想。

由于原料乳与乳制品中碳水化合物及碳水化合物掺伪成分复杂,不仅局限于一、两种碳水化合物。所以为了更有效地控制原料乳与乳制品中的碳水化合物质量,应该研发简单、快速、准确并且可以同时检测多种碳水化合物成分的高新技术或将已有的多种检测方法联用从而消除单独使用它们时的缺点,如可考虑将高效液相色谱法与PAD、紫外检测器或串联质谱仪配合使用,其检测原理及操作简单、快速,具有广谱性,该法对于原料乳与乳制品中碳水化合物及相应的掺伪成分检测有较大优势,具有推广的价值。相关人员可对其检测条件进一步研究优化以提高其检测、分离的准确度、重复性和回收率。此外还可以利用科学技术研发生物检测法。

参考文献

- [1] 戴智勇,张岩春,刘跃辉,等. 婴幼儿配方乳粉中蛋白质、脂肪及碳水化合物的调整[J]. 中国乳业,2011(4):58-61.
- [2] 崔思荣. 乳糖的生物特性[J]. 枣庄学院学报,2010,27(5):77-80.
- [3] 刘芳,杨瑞金,张文斌,等. 薄层色谱法快速分析乳果糖[J]. 食品与发酵工业,2008,34(1):119-123.
- [4] 于海涛,张魁. 乳与乳制品质量安全问题探析[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2011,23(4):53-56.
- [5] 郭明若,肖玲. 乳糖的比色测定[J]. 中国乳品工业,1989,17(3):99-102.
- [6] 黄阁燕,钟小伶. 莱因-埃农氏法测定婴幼儿奶粉中乳糖含量[J]. 中国卫生检验杂志,2005,15(12):1529-1533.
- [7] 钟宁,侯彩云. 三种乳糖检测方法的比较[J]. 食品科技,2011,36(7):263-265.
- [8] 梁敏,邹东恢,田志茗. 比色法测定乳粉中乳糖含量[J]. 齐齐哈尔大学学报,2002,18(3):33-36.
- [9] 伍红. 两种测定牛奶中乳糖含量方法的比较[J]. 西南民族学院学报,1999,25(3):288-291.
- [10] 管健. 牛乳中乳糖的快速测定[J]. 中国乳品工业,1991,19(2):66-67.
- [11] 尤玉如,陈素珍,何光华. 低乳糖乳制品中乳糖含量测定方法[J]. 食品与设备,1999(1):36-37.
- [12] 王林舸,籍保平,庆兆,等. 基于不同波段近红外光谱的原料奶主要成分品质检测研究[J]. 中国食物与营养,2011,17(8):52-55.
- [13] 王丽杰,徐可欣,郭建英. 采用近红外光谱技术检测牛奶中脂肪、蛋白质及乳糖含量[J]. 光子·激光,2004,15(4):468-471.
- [14] Roman M B, Sergey V S. Melamine detection by mid- and near-infrared (MIR/NIR) spectroscopy: A quick and sensitive method for dairy products analysis including liquid milk, infant formula, and milk powder[J]. Talanta, 2011, 85:562-568.
- [15] Mouazen A M, Dridi S, Rouissi H, et al. Prediction of selected ewe's milk properties and differentiating between pasture and box feeding using visible and near infrared spectroscopy[J]. Biosystems Engineering, 2009, 104:353-361.
- [16] Wu D, He Y, Feng S J. Short-wave near-infrared spectroscopy analysis of major compounds in milk powder and wavelength assignment[J]. Analytica Chimica Acta, 2008, 610:232-242.
- [17] Ru Y J, Glatz P C. Application of Near Infrared Spectroscopy (NIR) for Monitoring the Quality of Milk, Cheese, Meat and Fish[J]. Asian-Aus J Amin Sci, 2000(7):1017-1025.
- [18] 荣茜,刘波平,邓泽元,等. Elman网络近红外光谱技术同时测定鲜乳中三种主成分含量[J]. 食品科技,2008,33(11):258-261.
- [19] Andreas M, Eberhard H, Angelika H. Accuracy of milk composition analysis with near infrared spectroscopy in diffuse reflection mode[J]. Biosystems Engineering, 2012, 112:210-217.
- [20] Masataka K, Shuso K, Maki T, et al. Near-infrared spectroscopic sensing system for on-line milk quality assessment in a milking robot[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 63:22-27.

- [21] 靳添博, 姬广举, 侯庆春, 等. 光折射法对牛乳乳糖的快速精确测量[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2002, 7(3): 32-34.
- [22] 田晓华, 常彦琴, 于助, 等. 光折射法快速测量牛乳乳糖质量分数研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2011, 23(5): 60-63.
- [23] 谢家兴, 王建, 刘洪山, 等. 利用光折射法的牛乳乳糖质量分数测量技术[J]. 红外与激光工程, 2011, 40(9): 1796-1800.
- [24] 谢家兴, 茹占军, 于助, 等. 光折射法测量牛乳乳糖质量分数单双式样盒的对比研究[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2005, 10(2): 93-96.
- [25] 钟宁, 侯彩云. 高效毛细管电泳测定液态乳中乳糖[J]. 中国乳品工业, 2011, 39(10): 44-47.
- [26] Tommaso R I C, Massimiliano A, Giuliana B. Determination of mono- and disaccharides in milk and milk products by high-performance anion-exchange chromatography with pulsed amperometric detection[J]. Analytica Chimica Acta, 2003, 485: 43-49.
- [27] Ferreira I M P L V O, Gomes A M P, Ferreira M A. Determination of sugars, and some other compounds in infant formulae, follow-up milks and human milk by HPLC-UV/RI[J]. Carbohydrate Polymers, 1998, 37: 225-229.
- [28] 李静芳, 张素文, 彭美纯, 等. 高效液相色谱法检测乳制品中果糖、葡萄糖、蔗糖和乳糖的含量[J]. 食品工业科技, 2011, 32(6): 391-393.
- [29] Wang X M, Zhang R L, Lv Z H, et al. Determination of glucosamine and lactose in milk-based formulae by high-performance liquid chromatography[J]. J Food Composition and Analysis, 2008, 21: 255-258.
- [30] 陈少美. HPLC示差折光分析法测定乳糖含量[J]. 海峡药学, 2011, 23(2): 37-38.
- [31] 李公斌, 辛秀兰. HPLC-ELSD法测定酸奶中乳糖的含量[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(11): 99-101.
- [32] 莫海涛, 李永库, 潘发用, 等. 高效液相色谱激光蒸发光散射检测法测定低蔗糖食品中葡萄糖、蔗糖、麦芽糖和乳糖含量[J]. 食品工业科技, 2006, 27(3): 186-191.
- [33] 梁纪军, 刘瑞芝, 汪玉梅, 等. 高效液相色谱-蒸发光散射法测定果维康V_C含片中果糖、葡萄糖、蔗糖、乳糖、麦芽糖的含量[J]. 中国卫生检验杂志, 2008, 18(12): 2593-2594.
- [34] Jose A B B, Rita C B C. Indirect determination of Amadori compounds in milk-based products by HPLC/ELSD/UV as an index of protein deterioration[J]. Food Research International, 2004, 37: 739-747.
- [35] 孙式兴, 侯彩云, 祝晓芳, 等. 乳粉中乳糖数字图像检测方法的研究[J]. 食品科技, 2007(9): 206-209.
- [36] 胡强, 徐红兵, 李水军, 等. 液相色谱-串联质谱法测定尿中乳果糖、甘露醇和乳糖含量[J]. 中国现代医学杂志, 2008, 18(13): 1810-1813, 1817.
- [37] 关荣发, 蒋家新, 刘东红, 等. 液态乳中掺有复原乳的乳糖检测方法[J]. 中国食品学报, 2008, 8(6): 161-164.
- [38] 黄萌萌, 王加启, 卜登攀. 牛乳中乳果糖含量测定的快速酶法[J]. 中国农业大学学报, 2007, 12(5): 57-60.
- [39] 黄萌萌. 乳中乳果糖测定方法的优化及其在乳品质量评定中的应用[D]. 北京: 中国农业科学院, 2007.
- [40] 曾文芳, 时巧翠, 陈永欣. 离子色谱电化学测定牛奶中的乳糖和乳果糖[J]. 食品科学, 2006, 27(5): 205-207.
- [41] 杨秀英. 牛奶掺假分析鉴别[J]. 四川畜牧兽医, 2011(10): 22-24.
- [42] 梁宝爱. 食品中蔗糖检测方法的研究[J]. 食品工程, 2009(1): 58-60.
- [43] 郭晓东, 罗海峰. 近红外透射光谱法(NIT)分析酸奶中蔗糖含量的研究[J]. 乳品加工, 2006(11): 45-46.
- [44] 王丹慧, 王春苗, 李梅, 等. 原料乳及乳粉中糊精掺假的检测方法[J]. 中国乳品工业, 2008, 36(4): 62.
- [45] 张志国, 生庆海, 李朝旭. 比色法检测奶粉中的糊精[J]. 中国乳品工业, 2005, 33(3): 41-43.
- [46] 孙燕, 许卓望. 原料乳中糊精掺假鉴别的研究[J]. 中国奶牛, 2011, 16: 51-53.
- [47] 彭攀, 林慧, 杜如虚. 利用近红外光谱技术同时检测奶粉中的多个掺假成分[J]. 计算机与应用化学, 2011, 28(3): 307-310.
- [48] 刘绍军. 牛乳中掺假检验的新方法[J]. 食品科技, 2000(1): 56.
- [49] 吴敏, 张杰, 曾里, 等. 牛乳中淀粉掺假快速检测试纸的研制[J]. 乳业科学与技术, 2008(1): 18-20.
- [50] 李亮, 丁武. 掺有植物性填充物牛奶的近红外光谱判别分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(5): 1238-1242.
- [51] 李亮. 近红外光谱技术在原料乳掺假快速检测及新鲜度检测中的应用研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010.
- [52] 秦立虎, 韩起文, 孙武斌. 鲜奶掺假的快速检验技术[J]. 山西食品工业, 2005(3): 29-34.
- [53] 王右军, 朱大洲, 屠振华, 等. CCD短波近红外光谱快速检测牛奶掺假物质的研究[J]. 食品科学, 2009, 30(6): 135-137.

(上接第408页)

- Research and application of bioactive peptide derived from soy protein with anxiolytic-like activity[J]. Soy Protein Research, 2010(13): 105-108.
- [22] 乐国伟, 沈会祥. 大豆肽对发酵酸牛奶菌生长及活力的影响[J]. 中国食品添加剂, 2008, S1: 131-142.
- [23] D Fukushima. Recent progress in research and technology on Soybeans[J]. Food Science and Technology Research, 2001, 7(1): 8-16.
- [24] E Shintaro, O Hajime. Characterization of a cellular immunostimulating peptide from a soybean protein fraction digested with peptidase[J]. Journal of Nutritional Science and Vitaminology, 2009, 55(5): 428-433.
- [25] Yoshikawa M, Kishi K, Takahashi M, et al. Immunostimulating peptide derived from soybean protein[J]. Ann N Y Acad Sci, 1993, 685: 375-376.
- [26] WANG L J, Masayoshi SAITO, Eizo TATSUMI, et al. Antioxidative and angiotensin I-Converting enzyme inhibitory activities of Sufu (Fermented Tofu) extracts[J]. Japan Agricultural Research Quarterly, 2003, 37(2): 129-132.
- [27] Chen, HM, Muramoto, K., Yamauchi, F. Structural analysis of antioxidative peptides from soybean β -conglycinin[J]. J Agric Food Chem, 1995, 43: 574-578.