

聚丙烯酰胺凝胶电泳及其在食品检测中的应用

唐亚丽,施用晖,赵伟,乐国伟

(江南大学食品科学与技术国家重点实验室,江南大学食品学院,江苏无锡,214122)

摘要 聚丙烯酰胺凝胶电泳是以聚丙烯酰胺凝胶作为支持介质的电泳方法。在这种支持介质上可根据被分离物质分子大小和分子电荷数量来进行分离。文中就其原理及在食品检测方面的应用做一简要概述。

关键词 聚丙烯酰胺凝胶电泳,十二烷基硫酸钠-聚丙烯酰胺凝胶电泳(SDS-PAGE),食品检测

电泳即带电的胶粒或大分子在外加电场中向带相反电荷的电极作定向移动的现象。显然带电粒子的大小、形状、所带的静电荷数量以及介质的 pH、粒子强度粘度等都会影响粒子的电泳速度,从电泳现象可获得胶粒或大分子的结构、大小和形状等有关信息。

最初用滤纸作为载体的称为纸上电泳,实验时先将一厚滤纸条浸泡在一定的 pH 缓冲液中,取出后两端加上电极,在滤纸中央滴少量待测溶液,电泳速度不同的各组份即以不同速度沿纸条运动,经一段时间后,在纸条上形成距起点不同距离的区带,区带数等于样品中的组分数。将纸条干燥并加热,将各蛋白质组分固定在纸条上,再用适当方法进行分析。如果用淀粉凝胶、琼胶、或聚丙烯酰胺等凝胶作为载体,则称为凝胶电泳,将凝胶装在玻管中,电泳后各组分在管中形成圆盘状称为圆盘电泳。如果将凝胶扑在玻板上进行电泳则称为平板电泳。凝胶电泳比纸电泳分辨率高,例如用纸上电泳只能将血清分成 5 个组分,而用聚丙烯酰胺可以分离出 25 个组分。

1 聚丙烯酰胺凝胶电泳的原理

聚丙烯酰胺(polyacrylamide, PAA)凝胶是丙烯酰胺(acrylamide, Acr)在交联剂甲叉双丙烯酰胺(bisacrylamide, Bis)的作用下经聚合而形成的一种大分子化合物。

1.1 聚丙烯酰胺凝胶的特点

(1)聚丙烯酰胺凝胶是由丙烯酰胺和 N,N'-甲叉双丙烯酰胺聚合而成的大分子。该分子量带有酰胺侧链的碳-碳聚合物,没有或很少有带离子的侧基,因而电渗作用比较小,不易和样品相互作用。(2)由于聚丙烯酰胺凝胶是一种人工合成的物质,在聚合前可调节单体的浓度比,形成不同程度交联结构,其空隙

度可在一个较广的范围内变化,可以根据要分离物质分子的大小,选择合适的凝胶成分,使之既有适宜的空隙度,又有比较好的机械性能。一般说来,含丙烯酰胺 7%~7.5%的凝胶,机械性能适用于分离分子质量范围为 $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^5$ 物质, 1×10^4 以下的蛋白质则采用含丙烯酰胺 15%~30%的凝胶,而分子质量特别大的可采用含丙烯酰胺 4%的凝胶。大孔胶易碎,小孔胶则难从管中取出,因此当丙烯酰胺的浓度增加时可以减少甲叉双丙烯酰胺浓度,以改进凝胶的机械性能。(3)在一定浓度范围聚丙烯酰胺对热稳定。凝胶无色透明,易观察,可用检测仪直接测定。(4)丙烯酰胺是比较纯的化合物,可以精制,减少污染。合成聚丙烯酰胺凝胶的原料是丙烯酰胺和甲叉双丙烯酰胺。丙烯酰胺称单体,甲叉双丙烯酰胺称交联剂,在水溶液中,单体和交联剂通过自由基引发的聚合反应形成凝胶。

1.2 胶体的聚合反应

丙烯酰胺单体(或 Bis)有神经毒性,必须戴手套处理;而十二烷基硫酸钠(sodium dodecyl sulfate, SDS)是一种很轻的粉状物,容易飘起来吸入肺部,造成肺泡表面张力的丧失,引起呼吸困难,要极为小心。

在聚丙烯酰胺凝胶形成的反应过程中,需要有催化剂参加,催化剂包括引发剂和加速剂 2 部分。引发剂在凝胶形成中提供初始自由基,通过自由基的传递,使丙烯酰胺成为自由基,发动聚合反应,加速剂则可加快引发剂释放自由基的速度。常用的引发剂和加速剂的配伍如表 1 所示。

表 1 聚合反应催化剂配伍

引发剂	加速剂
$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$	TEMED
$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$	DMAPN
核黄素	TEMED

注: $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$: 过硫酸铵; TEMED: N,N,N',N'-四甲基乙二胺; DMAPN: β -二甲基氨基丙酮

第一作者:博士研究生(乐国伟为通讯作者)。

收稿日期:2007-05-08,改回日期:2007-06-12

用过硫酸铵引发的反应称化学聚合反应;用核黄素引发,需要强光照射反应液,称光聚合反应。聚丙烯酰胺聚合反应可受下列因素影响:

- (1)大气中氧能淬灭自由基,使聚合反应终止,所以在聚合过程中要使反应液与空气隔绝。
- (2)有些材料如有机玻璃,能抑制聚合反应。
- (3)有些化学药物可以减慢反应速度,如赤血盐。
- (4)温度高聚合快,温度低聚合慢。

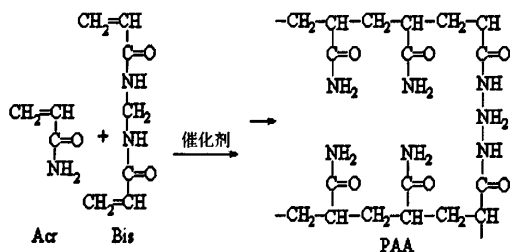


图1 聚丙烯酰胺凝胶的形成过程

聚丙烯酰胺凝胶的形成,是把单元体的丙烯酰胺一个一个串接起来。若在聚合的过程中,接到一个Bis,则此长链会产生分枝,因而造成立体的网状构造(见图1左下);控制丙烯酰胺及Bis的浓度,即可调整这些网目的大小,因而决定样本蛋白质在凝胶中的泳动率。

通常丙烯酰胺及Bis的浓度(T 30%, C 2.6%)用百分比来表示: T表示所有丙烯酰胺及Bis的总浓度为30%(即100 mL中含有30 g的丙烯酰胺及Bis),而其中的Bis(C, cross-linking 交联剂)为T30%中的2.6%(即30% × 0.026 = 0.78%),因此每100 mL中含有29.22 g丙烯酰胺,以及0.78 g Bis。

聚丙烯酰胺凝胶电泳(PAGE)通常包括2种孔度的凝胶,即大孔度的浓缩胶和小孔度的分离胶,浓缩胶的浓度通常PAA量为4.5%,交联剂含量为2.5%。分离胶的浓度则因样品的分子质量而不同,高浓度常用于分离低分子质量蛋白质。PAA量为7.5%的分离胶,对大多数生物体内的蛋白质的分离能有满意的结果。

根据样品分子质量的大小可按下表选择合适的分离胶浓度。

凝胶浓度和交联剂浓度按下式计算:

$$\text{凝胶浓度(g/mL)} = \frac{\text{Acr(g)} + \text{Bis(g)}}{\text{体积/mL}}$$

$$\text{交联剂浓度/\%} = \frac{\text{Bis(g)}}{\text{Acr(g)} + \text{Bis(g)}} \times 100$$

表2 凝胶浓度与分子质量范围的关系

样 品	分子质量范围	分离胶浓度/%
蛋白质	<10 ⁴	20~30
	(1~4) × 10 ⁴	15~20
	4 × (10 ⁴ ~10 ⁵)	10~15
	(1~5) × 10 ⁵	5~10
	>5 × 10 ⁵	2~5
核 酸	<10 ⁴	15~20
	10 ⁴ ~10 ⁵	5~10
	10 ⁵ ~2 × 10 ⁶	2~2.6

交联度过高,胶不透明并缺乏弹性;交联度过低,凝胶呈糊状。聚丙烯酰胺凝胶具有较高的粘度,它不影响对流减低扩散的能力,而且因为它具有三维空间网状结构,某分子通过这种网孔的能力将取决于凝胶孔隙和分离物质颗粒的大小和形状,这是凝胶的分子筛作用。由于这种分子筛作用,这里的凝胶并不仅是单纯的支持物,因此,在电泳过程中除了注意电泳的基本原理以外,还必须注意与凝胶本身有关的各种性质(网孔的大小和形状等)。

1.3 聚丙烯酰胺凝胶电泳的装置

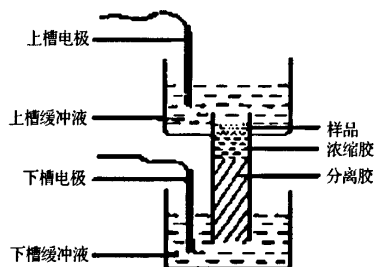


图2 聚丙烯酰胺凝胶电泳的装置

电泳的支持物凝胶一般制备在玻璃管中或玻璃板上。进行电泳的电泳槽分上槽和下槽2个相互分离的部分,各装有电极,通过玻璃管中的凝胶,使它们连成导电的整体(见图2)。电泳时带有电荷的分子在电场作用下发生移动,移动的速度依赖于电场的强度、分子的净电荷以及分子的大小和形状,同时也取决于介质的离子强度、粘度和温度。由于PAA凝胶具有三维网状结构,能起分子筛效应,用它作为电泳支持物,把分子筛效应和电荷效应结合起来,达到了很好的分离效果,而且方法也简单、快速,是植物生理生化研究中常用的方法。

1.4 聚丙烯酰胺凝胶电泳的分类

聚丙烯酰胺凝胶电泳可分为连续的和 discontinuous 的两类,前者指整个电泳系统中所用缓冲液、pH值和凝胶网孔都是相同的,后者是指在电泳系统中采用了

2 种或 2 种以上的缓冲液、pH 值和孔径,不连续电泳能使稀的样品在电泳过程中浓缩成层,从而提高分辨能力。

此外,根据是否添加表面活性剂,PAGE 系统又可分为两大类,一种在整个系统中加有表面活性剂 SDS,因此称为 SDS-PAGE;另一种则不加 SDS,因此样本蛋白质可以保持在其原始状态,称为非变性聚丙烯酰胺凝胶电泳(native-PAGE)。2 种 PAGE 各有其使用上的优缺点。

1.4.1 SDS-PAGE 与 native-PAGE 间的异同

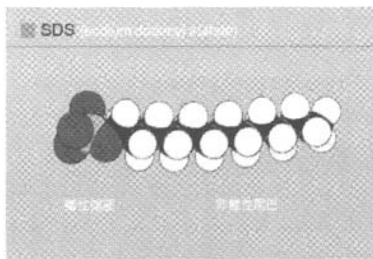


图3 十二烷基硫酸钠(SDS)的结构图

SDS 可以介入极性与非极性基团之间,是一种界面活性剂,俗称清洁剂。SDS 可以把非极性末端镶入蛋白质三级构造的内部,而以其极性头部与外界的水分子结合,因而使得蛋白质变性。

在 SDS-PAGE 系统中,除了整个电泳系统含有 0.1% SDS 外,样本也要加入 SDS,并以 β -巯基乙醇(β -mercaptoethanol)打断双硫键,同时加热处理,则蛋白质会解构成为一条直链状分子,其上布满了 SDS 的负电荷;理论上 SDS 是很均匀的吸附到蛋白质上,因此不管原来蛋白质分子的大小,每种蛋白质分子上所吸附的负电荷密度是相同的。SDS 与蛋白质结合后,还可引起构象改变,蛋白质-SDS 复合物形成近似“雪茄烟”形的长椭圆棒,不同蛋白质的 SDS 复合物的短轴长度都不一样,约为 18A,这样的蛋白质-SDS 复合物,在凝胶中的迁移率,不再受蛋白质原的电荷和形状的影响,而取决于分子质量的大小,因而 SDS 聚丙烯酰胺凝胶电泳可以用于测定蛋白质的分子质量。

在原始状态下,X 的分子质量最大,Z 的分子质量最小;但 Z 的 pI 为 9.3,在 native-PAGE 的 pH 之下,则会带有正电荷,因此其泳动率受到电荷及分子质量的双重影响,不太容易预测;而 SDS-PAGE 则因原来的电荷已经被 SDS 所覆盖,所有分子都会往向正极泳动,因此只剩下分子质量为影响泳动率的唯

一因素。

蛋白质 Z 在左边的 native-PAGE 中无法向下泳动,但在右边的 SDS-PAGE 则可以依其分子质量正确泳动,因此 SDS-PAGE 的应用较广泛。在 SDS-PAGE 下,X 分子被解构成单元体,因此分子质量由 160 ku 变成 40 ku;但若在较为温和的样本处理条件下,有可能看到未完全解构的 160 ku 蛋白质色带。

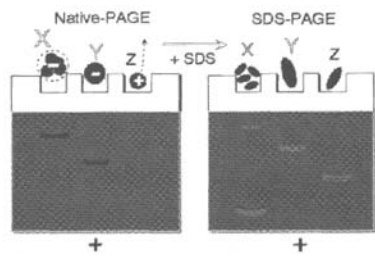


图4 native-PAGE 和 SDS-PAGE 的差异

2 聚丙烯酰胺凝胶电泳的应用

食物中的蛋白质组成情况可以从电泳图谱中表现出来。SDS-PAGE 技术已逐渐应用于食物原料种类的鉴定、食品的蛋白质组成的分析、食品在贮藏和加工过程中的质量变化等方面的研究,近几年,利用这一技术对食物中蛋白质种类差异、性质以及在贮藏加工过程中蛋白质的变化等研究有了新的进展。

2.1 SDS-PAGE 的应用

2.1.1 测定分子质量

Lambin 等人(1976)报告了一种测定蛋白质分子质量的新法方,即十二烷基硫酸钠-聚丙烯酰胺梯度凝胶电泳法(简称 SDS-PAGE 电泳法),并确证蛋白质在 SDS 中保温后,其分子质量对数和聚丙烯酰胺浓度对数之间,存在直线关系: $\text{Log}(M_w) = a\text{Log}(T) + b$ 其中 T 是蛋白质到达的聚丙烯酰胺浓度,a 和 b 分别是回归直线的斜率和截距。这种关系用于测定分子质量介于 20 000~1 000 000 的蛋白质,具有良好的准确性。以后,Lambin(1977)用上述方法对分子质量介于 13 000~950 000 的蛋白质和 7 种多肽链进行 SDS-PAGE 电泳,进一步证实了上述线性关系。

2.1.2 对猪皮水解胶原蛋白的分离

胶原由于其独特的结构、化学及生物学性质,被人们广泛用于食品、化妆品、医药等工业领域。因此,人们对胶原和胶原蛋白的水解产物进行了广泛深入的研究。其中胶原蛋白的水解产物的分离、分析,对

进一步揭示水解作用机理、控制水解产物分子质量及对外水解产物中不同分子质量大小的各个组分的分离纯化具有重要意义。戴红等人^[2]利用 SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳法对猪皮水解胶原蛋白进行分离,在选择恰当的缓冲溶液体系、凝胶体系的基础上,对凝胶浓度、样品的浓度、进样量和染色的方法进行了大量的实验。结果表明,采用 SDS-聚丙烯酰胺电泳对胶原蛋白水解产物进行分离分析,在浓缩胶浓度 3%、分离胶浓度 10% 的条件下,可达到较好的分离效果。

2.1.3 酪蛋白磷酸肽(CPPa)测定方法的研究

酪蛋白磷酸肽(casein phosphopeptides 简称 CPPs)是到目前为止所发现的唯一具有促钙吸收作用的短肽。在日本和德国已被列入重点推荐的功能性食品添加剂,CPPs 实际上是一系列含有磷酸丝氨酸簇的短肽。国外主要用高效毛细管区带电泳(high performance capillary zone electrophoresis, HPCE)和高效液相色谱(HPLC)对 CPPs 进行定量测定和纯度测定。这些方法所需设备昂贵,对操作人员素质要求高。庞广昌等人^[3]应用 SDS-PAGE 对 CPPs 的组分进行了测定,取得了较好的结果。

SDS-PAGE 法不需要对样品进行无机磷和非蛋白磷的测定,不仅可以对样品进行总 CPPs 的定量测定,而且可以测定各种含磷多肽链的组成,还可以测定和计算各种 CPPs 组分的 P/N 比,从而推测它们的肽链长度。

2.1.4 发芽糙米中谷蛋白亚基电泳分析

郭晓娜等人^[4]通过 SDS-PAGE 对发芽糙米、糙米和白米的谷蛋白亚基进行比较分析,采用 Scnimage 软件对电泳图谱进行处理。结果表明,发芽糙米、糙米和白米谷蛋白中含量较高的各亚基分子量没有太大差别,只是含量不同;含量较低的亚基在分子量和含量上均存在一定的差别。

2.1.5 提纯蛋白质

对于含有多种成分且各蛋白质成分的分子质量相差较小的菌体蛋白质的提纯,用一般的沉淀法、层析法均达不到理想效果。盖新娜等人^[5]选用 SDS-PAGE 的方法进行提纯,并尝试电泳后不经过染色,直接从凝胶中分离所需要的蛋白质成分,取得了较好的提纯效果。

2.1.6 检测牛奶中掺杂的豆奶

SDS-PAGE 是检测半定量牛奶、豆奶混合物中的豆奶和牛奶蛋白的非常有效的方法^[6]。蛋白分离不需要制备缓冲液,考马斯兰染色可快速得到灵敏度

高和背景染色弱的结果。

2.1.7 大豆原料及其分离蛋白的 SDS-PAGE 图谱研究

将大豆原料制备成脱脂豆粕、“碱提酸沉”分离蛋白和超滤法分离蛋白,采用 SDS-PAGE 技术研究其中的电泳图谱变化。在所有样品的 SDS-PAGE 图谱中共分离出 17 种蛋白组分^[7]。

2.1.8 分析含乳饮料和乳清粉的蛋白组成和含量

陈玉铭等人^[8]利用 SDS-PAGE 电泳结合凝胶成像分析测定了乳清粉及含乳饮料中的酪蛋白、 α -乳白蛋白(α -LA)和 β -乳球蛋白(β -LG)的含量,探讨了 2 种乳蛋白提取方法对测定结果的影响。

2.1.9 用鉴别进口大麦品种

目前商检系统对进口大麦进行品种鉴别主要以感官检验为主,缺乏准确的化学鉴别方法。潘良文等人^[9]试用加拿大谷物研究所提供的鉴别大麦品种的 SDS-PAGE 方法,根据其实验室的具体条件进行改进,对加拿大进口的 6 种大麦品种进行了电泳分析,得到的相应图谱与加拿大方法的图谱一致。同时,应用改进后的 SDS-PAGE 方法对通过“东方商人”轮进口的加拿大大麦全船混合样进行了电泳分析,鉴定该批大麦为合同规定的品种。

此外,Caballero 等人应用 SDS-PAGE 分析低分子质量的谷蛋白亚基组成^[10],周楠迪应用 SDS-PAGE 对谷氨酰胺转氨酶进行分离结束了化和酶学性质研究^[11],Aquino 等人^[12]用此电泳技术对耐热性淀粉酶的分子量进行测定。黄建松等人^[13]应用此电泳方法对美洲商陆细胞的 PAP 蛋白纯化进行研究。

另外,SDS-PAGE 还可以用来鉴别肾小球与肾小管蛋白尿,它能按分子质量分离尿中蛋白,对于区分生理性、小球性、小管性或混合性蛋白尿较其他方法都好。SDS 可在无损伤情况下,协助临床判断肾脏损害的部位。中分子及高分子质量蛋白尿主要反映肾小球的病变;低分子蛋白尿可以是肾小管及间质的病变,或是溢出性蛋白尿;混合性蛋白尿往往是病变波及肾小球、肾小管及间质。另外对临床症状不典型及微量蛋白尿或肾病患者治疗过程中病情的动态分析,通过尿 SDS 检测也很有价值。由于正常肾小球基底膜的屏障作用,尿中不能检出大分子蛋白,如果尿 SDS 出现大分子蛋白区带,为肾小球基底膜有异常改变。当尿 SDS 出现大量小分子蛋白时,提示肾小管回收能力下降或小管分泌中分子蛋白。

2.2 native-PAGE 的应用

2.2.1 聚丙烯酰胺凝胶电泳在转基因食品检测中的应用

应用聚丙烯酰胺凝胶电泳和琼脂糖凝胶电泳对系列稀释的 PCR 扩增产物进行检测^[14],结果如表 2 所示。

表 2 聚丙烯酰胺凝胶电泳与琼脂糖电泳的敏感性比较

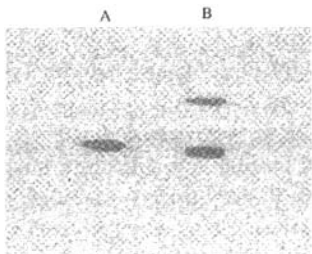
进样量/ μL	琼脂糖凝胶电泳	聚丙烯酰胺凝胶电泳
0.3	+	+
0.2	±	+
0.1	±	+
0.09	±	+
0.08	-	+
0.07	-	+
0.06	-	+
0.05	-	+
0.04		+
0.03		+
0.02		+
0.01		-

注: + 为阳性; - 为阴性; ± 为可疑

试验结果表明,聚丙烯酰胺凝胶电泳的敏感性较琼脂糖凝胶电泳高,其敏感性相差 10 倍以上,更适合于转基因食品的定性检测,可提高食品中转基因成分的检出率。

2.2.2 抗体的纯化分析

对于对抗体的纯度要求很高,因此检测抗体纯度的方法显得尤为重要,非变性聚丙烯酰胺凝胶电泳操作简单,可靠性强,被广泛应用于抗体纯度的检测。董敏等人^[15]采用电泳分析纯化后的抗体蛋白质,发现经过 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 初步纯化,电泳条带明显减少,但还有少量杂带存在。经亲和层析纯化后,只能看到一条明显的条带,见图 5。由此可知亲和层析纯化好于 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 沉淀法,所得抗体纯度较高。



A, 经过亲和层析纯化的抗体; B, 经过硫酸铵沉淀的抗体

图 5 电泳分离纯化后的抗体蛋白质

2.2.3 聚丙烯酰胺凝胶电泳分析轮状病毒 RNA

成人腹泻轮状病毒是大规模病毒性腹泻流行的

主要病因。轮状病毒 RNA 由 11 个分节段的双链 RNA 组成,在一定的 pH 环境下,分节段的 RNA 带负电荷,由于电场力的作用,带负电荷的 RNA 片段向正极方向泳动,由于各 RNA 片段本身结构、带电荷不同,因此,在一定的时间内各 RNA 片段泳动到聚丙烯酰胺凝胶上特定的位置,形成各自的致密区带,经硝酸银染色,呈现出 RNA 区带电泳图型,从而使 RNA 片段得以分离和分析。

2.2.4 快速检测糖化酶活力

武金霞等人^[16]根据糖化酶能水解淀粉的性质,采用 Search-PAGE 在分离胶中加入淀粉作为糖化酶的作用底物,电泳结束后温浴一定时间,糖化酶所在部位胶板中的淀粉被酶解,其余部分的淀粉依然存在,碘液染色后,糖化酶存在的部位呈现透明区域,没有被水解的部位则被染成蓝色,每块胶板 1 次可筛选出 8~15 个样品。

2.2.5 测定小麦种子纯度

习莉等人^[17],使用 SE-2000A 型对小麦、玉米专用的电泳仪,对 GB/T3543.5-1995 聚丙烯酰胺电泳法测定小麦种子纯度方法的样品提取、点样量及电泳条件进行了改进。结果表明:改进后使麦醇溶蛋白电泳图谱的蛋白质区带界限更明显,公共带和特征带清晰、可靠,且样品提取时间缩短了 23.5 h。

此外,有人利用聚丙烯酰胺凝胶作电泳支持物,分离血清蛋白。具有电荷和分子大小不一的血清蛋白通过浓缩效应、电荷效应、分子筛效应而被精细地分离。血清蛋白在纸上电泳可分成 5~7 个组分,而在聚丙烯酰胺凝胶电泳上可分成 12~25 条组分。

聚丙烯酰胺电泳技术(PAGE)在中药材的质量评价中应用较多,但由于 PAGE 的操作过程中存在较多的影响因素,结果的重现性较差。

3 结 论

聚丙烯酰胺凝胶电泳在工农业生产中应用广泛,适用于食品、药品检测,天然产物分析及特定物质的分离制备等。随着科技的不断发展,聚丙烯酰胺凝胶电泳分析技术将会与其他分析技术紧密结合,创造出更新更好地分析分离方法,以适应社会需求。

参 考 文 献

1 Lambin P, Rochu D, Fine J M, A new method for detection of molecular weights of proteins by electrophoresis across a sodium dodecyl sulfate (SDS) POLYACRYLAM-

- IDE GRADIENT GEL[J]. Anal Biochem, 1976, 74:567~575
- 2 戴红,张新申,张海山,聚丙烯酰胺凝胶电泳法对猪皮水解胶原蛋白的分离[J]. 皮革科学与工程, 2002, 12(6):15~18
 - 3 庞广昌,朱文欣. 酪蛋白磷酸肽(CPPs)测定方法的研究[J]. 食品科学, 2001, 22(5):49~52
 - 4 郭晓娜,朱永义,发芽糙米中谷蛋白亚基电泳分析[J]. 粮食与油脂, 2003(11):19~21
 - 5 盖新娜,蒋辉,卢静,等. 用 SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳的方法提纯蛋白质[J]. 实验动物科学与管理, 2001, 18(4):44~45
 - 6 赵慧芬, SDS-PAGE 检测牛奶中掺杂的豆奶[J]. 食品科学, 1996, 17(11):50~53
 - 7 黄惠华,郭乾初. 大豆原料及其分离蛋白的 SDS-PAGE 图谱研究[J]. 食品科学, 2000, 21(6):15~19
 - 8 陈玉铭,杨晓泉, SDS-PAGE 法分析含乳饮料和乳清粉的蛋白组成和含量[J]. 中国乳品工业, 2001, 29(4):14~16
 - 9 潘良文,陶军,用 SDS-PAGE 方法鉴别进口大麦品种[J]. 中国粮油学报, 1998, 13:6~10
 - 10 Caballero, Martin L M, Alvarez J B. Genetic variability of the low-molecular-weight glutenin subunits in spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L. em Thell.)[J]. Theor Appl Genet, 2004, 108: 914~919
 - 11 周楠迪,陈坚,郑美英,等. 谷氨酰胺转酶的功能性质及其在食品中的应用方法[J]. 中国食品添加剂, 2000, (1): 54~59
 - 12 Aquino A C M M, Jorge J A, Terenzi H F, et al. Studies on a thermostable α -amylase from the thermophilic fungus *Scytalidium thermophilum* [J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2003, 61: 323~328
 - 13 黄建松,詹金彪,邹媛,等. 美洲商陆抗病毒蛋白 II 基因的克隆和表达[J]. 生物工程学报, 2006, 22(4):592~597
 - 14 杨素. 聚丙烯酰胺凝胶电泳在转基因食品检测中的应用研究[J]. 食品科技, 2002, (11):61~63
 - 15 Dong Min, Li Guofu, Li Jin. Immunological detection of arbutin[J]. Tsinghua Science and Technology, 1999, 4(3):311~316
 - 16 武金霞,张贺迎,张瑞英,等. 一种快速检测糖化酶活力的电泳活性染色方法[J]. 中国酿造, 2004(1): 22~23
 - 17 习莉,李亚兰,李芳芳. 聚丙烯酰胺电泳法测定小麦种子纯度方法的改进[J]. 分析测试技术与仪器, 2002, 8(2):199~121

The Application of Polyacrylamide Gel Electrophoresis on Food Examination

Tang Yali, Shi Yonghui, Zhao Wei, Le Guowei

(The State Key Laboratory of Food Science and Technology, School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

ABSTRACT Polyacrylamide Gel Electrophoresis is an electrophoresis method with the polyacrylamide gel as medium. Different molecular size and charge of the material could be separated by this method. An outline of the principle and applications on food examination was presented.

Key words polyacrylamide gel electrophoresis, SDS-PAGE, food examination

政策
法规
标准

食品安全法草案允许食品添加部分中药材

2007年12月26日首次提请全国人大常委会审议的食品安全法草案规定,食品生产经营者不得在食品中添加药品,但是,可以添加按照传统既是食品又是中药材的物质。

草案规定,按照传统既是食品又是中药材的物质的目录由国务院授权的部门制定、分布。

销售的食品添加剂、食品相关产品或者生产食品所使用的食品添加剂、食品相关产品应当经检验合格。食品生产者使用食品添加剂应当符合食品安全标准并向县级食品生产监督管理部门备案。

食品添加剂是为改善食品品质和色、香、味,以及为防腐、保鲜和加工工艺的需要而加入食品中的人工合成或者天然物质。