

葡萄球菌A蛋白

王益寿 编著

10.8

科学技术出版社

责任编辑：任弘毅
封面设计：阎丁乙

葡萄球菌A蛋白

王益寿 编著

*

安徽科学技术出版社出版

(合肥市跃进路1号)

安徽省新华书店发行 安徽新华印刷厂印刷

*

开本：850×1168 1/32 印张：5.75 字数：152,000

1983年12月第1版 1983年12月第1次印刷

印数：1—7,000

统一书号：14200·55 定价：0.75元

内 容 提 要

本书介绍了医学上的一项现代研究课题——葡萄球菌A蛋白(SPA)。内容包括SPA的发现过程、理化及免疫学性质、制备工艺、应用原理和应用范围,以及用A蛋白所建立的各种实验新技术和用于治疗肿瘤的新疗法等。其中较详细地介绍了葡萄球菌A蛋白在各方面应用的实际操作。

本书可供医疗、防疫、寄生虫病防治、商品检验、兽医等有关工作者和科研人员,生物和生物制品工作者,以及医学、农学院校师生参考。

前 言

自七十年代以来,国外对葡萄球菌A蛋白(SPA)进行了广泛深入的研究,尤其在免疫学上的应用更为普遍。用A蛋白所建立的各种实验方法,由于具有敏感、特异、简便、省料和应用广泛等优点,已成为医学和生物学领域许多学科研究中常用的新技术。近年来发现A蛋白对某些肿瘤(如乳腺癌、结肠癌等)具有明显的治疗作用,更引起了人们对这一新领域的浓厚兴趣。

1979年底和1980年初,国内相继引进了国际标准株,对A蛋白的性质、制备和应用等研究,均有较快的进展,涉及的领域更广,并取得了可喜的成果。有关A蛋白的基础理论和实验方法,已日益成为免疫学、微生物学、寄生虫学、细胞学、肿瘤学和兽医学等工作者的迫切要求。鉴于目前国内外尚未见到这方面较为系统的专著,笔者在领导和兄弟单位的鼓励下,利用工作之余,本着抛砖引玉之宗,参考国内外文献、资料,结合工作中的体会,编写成册,以供临床医学、防疫、寄生虫病防治、商品检验、兽医等有关工作者和科研人员,生物学和生物制品工作者,以及医学、农学院校师生参考。

本书的编写原则是对葡萄球菌A蛋白的基础理论和应用技术两者并重,尽可能吸取国内外最新资料,力求对读者有所裨益。鉴于本人业务和写作水平所限,书中定有不少欠妥之处,深望读者批评指正。

本书在编写和脱稿过程中,承先辈谢少文、余灏、汪美先、杨贵贞教授等鼓励和审阅,提了不少宝贵意见;并蒙有关单位提供资料,使书更臻完善,特此一并表示感谢!

王 益 寿

1983年4月脱稿于卫生部

上海生物制品研究所

目 录

1	SPA的发现史	1
2	SPA的分离和性质	4
2.1	A蛋白的存在	4
2.2	A蛋白的理化性质	8
2.3	A蛋白的免疫学特性	14
2.3.1	A蛋白与人血清Ig或其他成分的反应	16
2.3.2	A蛋白与哺乳动物血清Ig的反应	28
2.3.3	A蛋白的其他免疫学特性	38
2.4	A蛋白的生物学性质	40
2.4.1	免疫原性和过敏原性	40
2.4.2	抑制吞噬作用	41
2.4.3	固定补体	44
2.4.4	促有丝分裂作用	46
2.4.5	ADCC的抑制	48
2.4.6	其他活性	49
3	SPA试剂的制备	53
3.1	A蛋白菌体试剂	53
3.2	荧光A蛋白菌体试剂	54
3.3	A蛋白纯品	55
3.4	荧光A蛋白纯品	62
3.5	酶联A蛋白纯品	62
3.6	同位素标记A蛋白纯品	63
3.7	Sepharose 4B (CL-4B)	64
3.8	SPA-Sepharose 6MB	65
3.9	A蛋白-铁蛋白	65
3.10	A蛋白-血蓝蛋白	66

4	SPA在细菌学中的应用	68
4.1	协同凝集反应	68
4.2	脑膜炎球菌上的应用	71
4.3	链球菌上的应用	74
4.4	志贺氏菌上的应用	76
4.5	沙门氏菌上的应用	78
4.6	猪急性败血症菌上的应用	81
4.7	绿脓杆菌上的应用	82
4.8	布氏杆菌上的应用	83
4.9	炭疽杆菌上的应用	83
4.10	鼠疫杆菌上的应用	85
4.11	白喉杆菌上的应用	86
4.12	肉毒杆菌上的应用	87
4.13	钩端螺旋体上的应用	87
4.14	新型隐球菌上的应用	89
5	SPA在病毒和立克次氏体学中的应用	92
5.1	乙型脑炎病毒上的应用	97
5.2	腺病毒上的应用	100
5.3	登革热病毒上的应用	102
5.4	肝炎病毒上的应用	104
5.5	流感病毒上的应用	106
5.6	疱疹病毒上的应用	107
5.7	电镜观察病毒上的应用	107
5.8	病毒特异性IgM上的应用	111
5.9	脊髓灰质炎病毒单克隆抗体上的应用	117
5.10	干扰素上的应用	117
5.11	Q热立克次氏体上的应用	118
5.12	斑疹伤寒立克次氏体上的应用	118
6	SPA在寄生虫学中的应用	121
6.1	血吸虫上的应用	121
6.2	疟原虫上的应用	122
6.3	阿米巴原虫上的应用	123

6.4	肺吸虫上的应用	124
6.5	弓形体上的应用	124
7	SPA在细胞学中的应用	126
7.1	杂交瘤上的应用	129
7.2	溶血空斑试验上的应用	131
7.3	玫瑰花环形成上的应用	132
7.4	小鼠T细胞上的应用	136
7.5	人类B细胞上的应用	138
7.6	细胞表面抗原上的应用	140
7.7	白细胞上的应用	141
7.8	分离细胞上的应用	142
7.9	A蛋白-铁蛋白的应用	143
7.10	细胞色素氧化酶前体上的应用	144
8	SPA在免疫学中的应用	146
8.1	抗原定位上的应用	147
8.2	分离和纯化Ig上的应用	148
8.3	制备抗IgG抗血清上的应用	152
8.4	抗体检测上的应用	154
8.5	免疫复合物上的应用	158
8.6	替代第二抗体上的应用	160
9	SPA在治疗肿瘤中的应用	163
9.1	治疗制剂的制备和用法	164
9.2	结肠癌上的应用	165
9.3	乳腺癌上的应用	166
9.4	子宫癌上的应用	168
附	SPA应用范围表	169

1 SPA的发现史

葡萄球菌 A 蛋白 (Staphylococcal protein A, SPA) 是一种从金黄色葡萄球菌细胞壁分离的蛋白成分。1940 年 Verwey^[1] 在研究金黄色葡萄球菌抗原成分时, 报告了一种制备葡萄球菌抗原的方法。当时他从 Julianelle 氏 A 型葡萄球菌中, 提取了 5 种抗原成分, 其中 B 成分是具有型特异的蛋白抗原。这种抗原在琼脂双向扩散试验中, 能与正常人血清形成沉淀线。

1958 年 Jensen^{[2][3]} 在制备葡萄球菌分型血清时, 为避免天然抗体对型特异抗体产生的干扰, 着手检查家兔免疫前的葡萄球菌天然抗体。在检查中发现, 41 只受检的家兔中有 2 只存在着天然抗体, 而且被证明是抗葡萄球菌 A 抗原的抗体。由此 Jensen 试图确定在正常人血清中是否也存在着 A 抗原的天然抗体。他先检查了 20 份血清, 结果均与 Cowan I 株金黄色葡萄球菌抽提物产生沉淀线。为证实这个意外结果的可靠性, 作者又检查了 100 名供血者的血清标本, 结果全部与该抽提物发生反应。接着作者将标本的检查范围扩展到各年龄组的 500 份血液标本, 其中包括 25 份新生儿的脐带血、母血和各种临床病人的血液标本。结果与前述相同, 100% 与 A 抗原能形成沉淀线。

为探索在人乳中是否也存在相同的沉淀因子, 作者检查了 10 份乳汁标本, 其中包括初乳, 分娩后 1 周的人乳, 还有 2 份是分娩后 6 周的乳汁标本。结果 10 份标本在沉淀反应中全部产生沉淀线, 而且其反应强度与分娩后时间长短成反比。作者还检查了 2 例蛋白尿病人的尿液, 发现该尿液与 Cowan I 株抽提物也出现沉淀线, 而在正常尿中则不出现这种现象。作者还采用特异性抗原吸收、血清中沉淀因子对热的抵抗力、电泳分离、盐析和兔免疫血清等试验证

明，这种产生沉淀的因子是一种天然存在的沉淀抗体。由于发现在人乳和脐带血中也存在着这种抗体，因此，作者认为这种抗体可由母体被动转移给胎儿。Jensen 虽然发现了这一现象，当时却未能作出正确的解释。

1959年Jensen^[4]在进行葡萄球菌抗原分析时，发现血浆凝固酶阳性菌株含有三种共同抗原成分，即A抗原、毒素(D)和Rantz型抗原。在对这些抗原的广泛研究中，发现Cowan I株中存在着大量A抗原；同时用琼脂扩散试验证明，抗A抗原的抗体广泛存在于正常人血清中。他认为A抗原是一种以前了解不多的多糖。

1962年Löfkvist和sjöquist^[5]对此作了进一步研究，比较了Verwey和Jensen二位学者从同一个菌种所提取抗原的方法。他们认为Jensen发现在75%金黄色葡萄球菌中存在着对正常人血清起反应的A抗原是很重要的；对于Jensen认为这种抗原是一种多糖，则在试验中未能被证实。他们用电泳进一步纯化Jensen的A抗原，证明它主要是由蛋白组成的。此外，用260nm紫外光吸收、抗原-抗体化学检查和经胰酶消化后沉淀反应的消失，也支持了上述看法。从Verwey和Jensen所采用的具体方法来看，前者是用pH3.5沉淀除去葡萄球菌核蛋白后，上清再用三氯醋酸沉淀；后者则将pH调到3.0后再加热煮沸。但所得到的两种抗原成分，经血清学证明是相同的。

总的来讲，Löfkvist等证明了Verwey提取的蛋白抗原与Jensen所提取被认为是“多糖”的A抗原系同一物质，不是多糖而是蛋白。这种物质是金黄色葡萄球菌细胞壁的一种成分，它确能与正常人血清在琼脂扩散试验中起沉淀反应。

1964年Grosv等^[6]试图纯化这种抗原，并进一步作化学和血清学分析。它的研究表明，由金黄色葡萄球菌Cowan I株所提取的抗原可用离子交换柱层析法纯化。化学分析结果说明，这种纯化的抗原含有15.38%的氮，未检出磷。蛋白水解后再作纸上层析，发现含有10种氨基酸，即：亮氨酸、缬氨酸、脯氨酸、丙氨酸、苏氨酸、甘氨

酸、丝氨酸、谷氨酸、天冬氨酸和赖氨酸。这些氨基酸是该抗原的重要成分。他还由沉淀反应证明, Jensen 的 A 抗原和 Verwey 的 B 成分是相同的。为此, Grov 同意 Löfkvist 和 Sjöquist 的意见, 确认这是一种蛋白成分; 并为了避免与 A 多糖相混淆, 建议将此成分命名为 A 蛋白。

参 考 文 献

- [1] Verwey WF: J Exp Med 71: 635, 1940
- [2] Jensen K: Acta Path Microbiol Scand 44: 421, 1958
- [3] Jensen K: Undersøgelser Over Staphylococcernes Antigenstruktur, Thesis, Munksgaard, Copenhagen, 1959
- [4] Jensen K: et al: Acta Path Microbiol Scand 53: 191, 1961
- [5] Löfkvist T et al: Acta Path Microbiol Scand 56: 295, 1962
- [6] Grov A et al: Acta Path Microbiol Scand 61: 588, 1964

2 SPA的分离和性质

2.1 A蛋白的存在

A蛋白存在于某些金黄色葡萄球菌细胞壁中。1963年Oeding^[1]测定了13株金黄色葡萄球菌，结果发现除Wood 46菌株外，全部含有A蛋白。1971年Kronvall等^[2]用¹²⁵I标记骨髓瘤病人球蛋白的方法，测定了156株金黄色葡萄球菌，结果有141株(占90%)含有不同程度的A蛋白。同时测定47株表皮葡萄球菌(*Staphylococcus epidermidis*)，结果全部阴性。A蛋白主要存在于某些金黄色葡萄球菌中而不存在于表皮葡萄球菌中^[8]。此外，还发现A蛋白大部分存在于血浆凝固酶阳性菌株中。众所周知，金黄色葡萄球菌是致病的，而后者往往是不致病的。因此，有人考虑，A蛋白的存在与菌株致病性之间是否存在着某种联系。但从现有资料来看，尚未见到A蛋白与菌株致病性之间的明确关系^[4]。有人认为A蛋白可能是引起葡萄球菌致病的一种辅助因子。

1971年Forsgren^[6]用亚硝基胍 Ethyl methenesulfonate 或含兔抗A蛋白血清的平板，使Cowan I株丧失产生A蛋白的能力，变为A蛋白缺陷株。结果该菌在缺乏A蛋白的同时，也缺乏核酸酶、血浆凝固酶、 α 溶血素、纤维蛋白溶酶和甘露醇利用的能力。此结果表明，A蛋白和其他胞外产物的缺陷是受共同调节机制控制的。

1972年Sjöquist^[6]的研究工作表明，Cowan I株金黄色葡萄球菌中的A蛋白含量为1.7%，而细胞壁中含量为6.7%。除去胞浆膜的细胞壁片段，并不影响A蛋白的含量；即使用氯化锂抽提也不会除去A蛋白。用溶菌酶虽可消化细胞壁的肽聚糖，从而由金黄色葡

萄球菌细胞壁中分离出A蛋白，然其效果远不如溶葡萄球菌素(Lysostaphin)显著。由此，他得出的结论是，A蛋白为金黄色葡萄球菌细胞壁的一种成分，且与细胞壁上的肽聚糖呈共价结合。

Movitz^[7]在研究葡萄球菌中A蛋白的生物合成过程时发现，A蛋白在细菌的核糖体合成后，便迅速连接到肽聚糖上，而不通过胞浆期。他还发现A蛋白和肽聚糖的合成是分头进行的。当A蛋白结合到细菌的细胞壁时，肽聚糖的合成已被万古霉素(Vancomycin)完全抑制。由此可以看出，肽聚糖的合成对A蛋白的结合并非重要，而A蛋白主要是结合到预先存在的肽聚糖链上。

继Forsgren^[8]发现金黄色葡萄球菌有10% A蛋白能分泌到生长培养基后，有人报告有的菌株所含的A蛋白能全部释放到培养基中。由此说明，A蛋白有细胞壁结合型和分泌型两种。于是Movitz^[9]对胞外的分泌型作进一步研究，结果无论是氨基酸的组成和顺序，还是电泳能力和分子大小，都是相同的。胞外的分泌型A蛋白在对数期的释放，主要取决于蛋白的合成，以及在核糖体合成后的直接释放。然而在稳定期所释放的A蛋白可能系细菌溶解所致。而且证明其原生质中A蛋白含量和整个菌体的A蛋白含量相同。如果细胞壁中不含A蛋白，则说明该菌的A蛋白是属分泌型的。同时在干扰核糖体的嘌呤霉素(Puromycin)存在情况下，核糖体只能释放出不完全的肽链。这种不完全的肽链可能与A蛋白一并进入细胞壁，形成肽和嘌呤霉素复合物。这样可使Cowan I株的胞外分泌A蛋白增加，同时使细胞壁结合的A蛋白相应地减少。

1977年Lindmark^[10]在已有人报告抗二甲氧苯青霉素菌株不含细胞壁结合型A蛋白而只含胞外分泌A蛋白^[11]之后，也试图探索二者是否具有相同的理化和免疫学特性。由于分泌型A蛋白不必用溶葡萄球菌素消化和溶解，这样可大大地简化提取工艺，只要通过亲和层析就能分离到理想的产品。经测定分泌型A蛋白的分子量为41,000。与细胞壁结合型A蛋白相同，其等电点的pH也是5.1。

其免疫学性质，包括和多种哺乳动物血清中的IgG凝集致敏绵

羊红血球等项目鉴定，尤其是经免疫扩散证明，两种A蛋白对正常狗血清和兔抗A蛋白抗血清的反应是相同的。

在结构上，分泌型A蛋白除有一个游离的N末端外，还有一个羧基末端；反之与细胞壁结合的A蛋白有一个封闭的N末端。在用溶葡萄球菌素消化后，可能出现少量的氨基己糖。此点说明，在这种蛋白中还可能含有某些糖类的片断。此型A蛋白是以羧基末端结合于细菌的细胞壁内。Lindmark在研究中所用的产生胞外分泌型A蛋白的菌株是A676株(噬菌体88型)。所得的结果与前述学者报告相同，即二者的理化和免疫学性质完全相同，但此型A蛋白较之细胞壁结合型A蛋白更易分离。

1978年Landwall^[12]进一步用胞外分泌型菌株进行透析培养的研究。结果证明，其在CCY培养基中虽细菌浓度高，但A蛋白的产量低。在含葡萄糖的BHI培养基(Brain heat infusion)中培养4小时，菌数可达最高峰，但6小时渐趋缓慢生长。在TSB培养基(Tryptical soy broth)中，虽细菌生长缓慢，菌数也较低，但A蛋白收获率高。透析培养不仅可增加培养细菌浓度，而且A蛋白的获得率也较满意。透析培养证明可除去培养过程中的代谢产物，这些代谢产物往往在培养后期有抑制细菌生长的作用。在透析培养中TSB和CCY培养基可达到同等效果。本法所得的A蛋白产量比常规培养法可增加7~9倍，而菌量只提高3倍左右。此结果说明，在常规培养中A蛋白的产生比细菌繁殖更易受到抑制。

1980年Umeda^[13]用扫描电镜作金黄色葡萄球菌表面A蛋白、噬菌体受体和聚集因子的定位研究时，观察到在葡萄球菌表面有两种不同形态的结构；並证明A蛋白产生于细菌生长的早期，而且是不定位的，即在整个菌体表面均存在A蛋白。他认为，A蛋白在菌细胞核糖体中合成后，以极快的速度转到细菌表面，这种快速传送可能是形成整个菌细胞表面含有A蛋白的机转所在。

Galinski^[14]曾从病人和带菌者中分离到495株金黄色葡萄球菌，测定其含有A蛋白的情况。结果发现从病人脓汁中分离的菌株

53% 含有A 蛋白；而从带菌者分离的菌株仅27% 含有A 蛋白。他还指出，菌株的噬菌体型和血清型与A 蛋白含量有关。

Kronvall^[15]还研究了由人和牛分得的342株金黄色葡萄球菌含A 蛋白的情况。其中由人类分得的菌株215株，牛的127株。结果无论从人或牛的急性乳腺炎所分得的菌株A 蛋白含量最高，而慢性乳腺炎的菌株含量较低。（表2-1）

表2-1 由人和牛中分离金黄色葡萄球菌的含A蛋白情况

来 源	培 养 基	A 蛋 白				菌株数
		(+)	%	(-)	%	
人急性乳腺炎	CYT琼脂	196	92.1	19	8.8	215
牛急性乳腺炎	CCY琼脂	30	100.0	0	0	30
牛慢性乳腺炎	CYT琼脂	46	47.5	51	52.5	97
	CCY琼脂	58	59.8	39	40.2	

Forsgren^[16] 在1969年曾报告，从L型金黄色葡萄球菌中曾测出过A 蛋白，但其含量远比非L型细菌少，约低20倍左右。

目前国内使用的有关A 蛋白的金黄色葡萄球菌菌株，大致有以下几种。

2.1.1 国外引进菌株

Cowan I株 血清式为a.m.，噬菌体为52/52A/80，此为国际标准株。卫生部生物制品检定所编号为26111，此株国外原编号为NCTC-8530。遵义医学院由日本引进的Cowan I株，中国科学院微生物研究所编号为AS1·1476。

Wood 46株 此为不含A蛋白的国际准株。卫生部生物制品检定所编号为26107。中国科学院微生物研究所编号为A S1·1477。此株系从日本引进。

丹麦4972株 此系第四军医大学由丹麦引进的富含A 蛋白的菌株。

2.1.2 国内自选菌株

1800株 此系由中国科学院微生物研究所保存的分自上海的菌株，后经遵义医学院筛选出的富含A蛋白的菌株^[17]。

Z₅株 原系遵义医学院1948年由英国引进的抗青霉素的菌株，经该院选出定为含A蛋白菌株^[17]。

799株 此系1979年由沈森局等从化脓性骨科病人的骨标中分出的含A蛋白的菌株。

Z₁₂株 此系遵义医学院实验室保存的菌株，后经证明为不含A蛋白的金黄色葡萄球菌^[17]。

2.2 A蛋白的理化性质

Verwey^[18]先用0.1N盐酸在pH5.2和pH3.5条件下除去葡萄球菌核蛋白后，再用三氯醋酸沉淀，所得沉淀物含有14~16%氮，含磷量低于0.1%，并对胰酶敏感。根据此结果可以证明，他所研究的抗原成分B是一种蛋白质。此后，其他学者也证明，无论是A蛋白粗提物，还是纯化的A蛋白，皆为蛋白成分；而且还有资料表明，这种抗原中除蛋白成分外，不含或可能含有少量碳水化合物。由于A蛋白的纯化，从而使人们对它的分子结构及物理化学性状的研究提供了可能，并在其研究上取得了较大的进展。其分子量可因提取的方法不同而有所异。如用加热、胰酶和DNA酶消化的金黄色葡萄球菌细胞壁，经超速离心后所提取的A蛋白，其分子量为12,000~15,000^{[19][20][21][22]}。

有的作者^[23]将A蛋白用胰酶作部分降解，在30℃、pH8.2条件下作用30分钟，分离出6个片段，其分子量范围为6,000~8,000。如果消化时间增加到90分钟，随着时间的增加，片段的分子则趋向<6,000，这些片段的活性很快便丧失。而呈现活性的片段的分子量是7,000左右，这时反应很快，往往在1分钟内即可被检出，这点说

明对胰酶作用敏感区在A蛋白的活性区之外。从菌体在pH7.2时消化能得到两个活性片段。这两个活性片段和前述6个片段,用特异性染色和氨基酸组成的分析鉴定,可能含有重叠的肽。每个片段用血凝或血凝抑制试验证明,与IgG分子Fc段的反应全是单价的。由此考虑这个片段可能只有一个活性部位。

1972年Björk^[24]用沉淀平衡分析和在6M盐酸胍的凝胶过滤测定,用溶菌酶或溶葡萄球菌素提取的A蛋白分子量为42,000。他的研究还表明,根据流体力学的研究结果,A蛋白的摩擦比(Frictional-ratio)为2.1~2.2。其粘度(Intrinsic viscosity)比通常的球蛋白高,前者为29ml/g,而后者为3~4ml/g。这些参数表明,A蛋白分子不是球形而是伸长形。由于它具有这种形态,致使不能用SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳来测定它的分子量。

Sjöquist^[25]1972年的研究资料还表明,A蛋白的紫外吸收系数为 $A_{275\text{nm}}^{1\%} = 1.65$;等电点为5.1^[26];易被碘化。1974年Sjöholm^[27]在探索A蛋白各种氨基酸侧链对碘结合能力的研究中,发现A蛋白用过量的碘化钾,在0℃和pH8.6条件下进行碘化。其碘化过程中反应较慢,结合8个碘原子需要14小时,而结合12个碘原子则需要12天。在电泳的同质区带中,含3.5个碘原子的碘化A蛋白的分离表明,只有0.68个碘化酪氨酸单体和0.12个碘化酪氨酸双体。但用酶解碘化组氨酸证明,可能碘化组氨酸残基的过程比碘化酪氨酸快。在不同pH条件下,用双色分光光度计比较碘化A蛋白和天然A蛋白的性质,结果看出,碘化酪氨酸所产生的变化可能与酸度增加有关。

Björk^[24]将A蛋白的理化性质归纳为表2-2。

A蛋白分子系一个单链多肽,其氨基酸组成各学者有不同的报道。如Löfkvist^[28]测定结果,认为A蛋白含有7种氨基酸;而同年由Grosv^[29]所得测定结果,含有10种氨基酸;Forsgren^[22]则证明A蛋白除不含色氨酸和半胱氨酸外,其他共同氨基酸均存在于A蛋白中。

表2-2 A蛋白的物理化学参数

参 数	值
分子量	42,000
沉淀系数 $S_{20W}^{\circ}(s)$	2.1
扩散系数 $D_{20,W}(cm^2/s)$	4.3×10^{-7}
Stokes'半径(nm)	5.0
摩擦比(f/f, min)	2.1
粘度(η)(ml/g)	29
Huggins常数, K	0.66
比容 $\bar{V}(ml/g)$	0.72

Sjöquist^[26]将A蛋白用酸水解24、48、96和120小时所得的氨基酸组成见表2-3:

表2-3 用6NHCl在110℃作用24、48、96和120小时后的氨基酸组成

氨 基 酸	水 解 时 间				残 基 最接近数
	24小时	48小时	96小时	120小时	
赖 氨 酸	52.1	51.7	50.8	49.9	52
组 氨 酸	4.2	4.1	4.1	4.2	4
精 氨 酸	4.6	4.4	4.4	4.3	4
天 冬 氨 酸	76.9	80.5	79.0	80.4	80
苏 氨 酸①	6.3	6.0	6.1	5.6	6
丝 氨 酸①	13.6	13.3	12.5	11.8	14
谷 氨 酸	58.6	59.7	59.9	60.0	60
脯 氨 酸	28.2	27.8	28.8	28.0	28
甘 氨 酸	27.8	28.0	28.0	28.4	28
丙 氨 酸	34.5	35.7	35.5	35.9	36
缬 氨 酸②	5.9	7.4	7.4	8.1	8
蛋 氨 酸③	2.6	2.9	2.9	2.7	3
异 亮 氨 酸	9.6	10.9	10.7	10.8	11
亮 氨 酸	28.1	28.2	27.1	27.5	28
酪 氨 酸	4.4	4.1	4.1	4.6	4
色 氨 酸	11.7	12.0	12.1	12.6	12
总 计					378④

①由直线推算到0时 ②得到的最高值 ③蛋白过甲酸氧化后的值 ④mwg41494