

# 大豆肽螯合钙能力影响因素的研究

崔宇, 王小林, 孔祥珍, 华欲飞

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122)

**摘要:** 研究脱酰胺改性方法及改性方式、肽钙比及肽段的金属离子亲和特性对大豆肽螯合钙能力的影响。结果表明: 酸法脱酰胺对大豆肽螯合钙能力的改善要优于 Glutaminase 酶法脱酰胺的效果; 并且先酶解再脱酰胺方式的效果要优于先脱酰胺再酶解的方式; 将肽钙比扩大至 1:2 (质量摩尔比) 后, 大豆肽 B 的钙结合量增幅最大, 由 93.67 mg/g 增加至 129.32 mg/g; 肽段的金属离子亲和能力越强, 钙螯合效果越好; 羧基中 O 原子及氨基中 N 原子是主要配位原子; 肽键也参与了螯合; 相对分子质量大于 1 kDa 的肽段较相对分子质量小于 1 kDa 的肽段更易参与钙螯合物的形成。

**关键词:** 肽钙螯合物; 脱酰胺; 肽钙比; 金属离子亲和特性

**中图分类号:** TS201.2; TS218      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1003-7969(2018)02-0070-05

## Effect factors of calcium – binding capacity of soybean peptides

CUI Yu, WANG Xiaolin, KONG Xiangzhen, HUA Yufei

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu, China)

**Abstract:** The effects of deamidation modification methods and modification pathway, ratio of peptide to calcium and peptides' affinity to metal ion on calcium – binding capacity of soybean peptides were investigated. The results showed that acidic deamidation was better than enzymatic deamidation by Glutaminase. The pathways of deamidation after enzymolysis was better than enzymolysis after deamidation. The calcium – binding amount of soybean peptides B appeared the largest increase, from 93.67 mg/g to 129.32 mg/g when the ratio of peptide to calcium increased to 1:2 (mass – molar ratio). The stronger the ability of peptides' affinity to metal ion, the higher the calcium chelation effect. The oxygen atom on the carboxyl group and amino nitrogen atom were primary coordination atoms, peptide bind also involved in chelation, and peptides with  $M_w$  higher than 1 kDa was more easily to chelate calcium than peptides with  $M_w$  lower than 1 kDa.

**Key words:** peptide – calcium chelation; deamidation; ratio of peptide to calcium; affinity to metal ion

钙作为最早被确定的机体必需元素之一, 占人体体重的 1.5% ~ 2.2%<sup>[1-2]</sup>。99% 的钙存在于骨骼和牙齿中, 另外 1% 的钙存在于血液和软组织中, 在神经调节、肌肉收缩、有丝分裂、血液凝固等生命活动的调节中发挥着重要作用<sup>[3]</sup>。长期缺钙会导

致身体出现诸多钙缺乏症状, 比如佝偻病、病理性骨折、骨质疏松症及高血压等。钙制剂的发展包括 3 个阶段<sup>[4]</sup>: 第一代钙制剂以无机钙盐为主, 虽然钙含量较高, 但溶解性差, 利用度低, 在胃中会消耗大量的胃酸, 不宜大量服用; 第二代钙制剂主要是有机酸钙, 在溶解度以及利用率上有较大的提升, 但对机体仍然存在一定的毒副作用; 第三代钙制剂包括氨基酸螯合钙及肽螯合钙, 具有溶解性好、钙利用率高、易于机体吸收等优势。

大豆蛋白含有人体所需的 8 种必需氨基酸, 其校正氨基酸评分 (PDCAAS) 值为 1.0, 属于完全蛋白质, 是唯一类似于动物蛋白的植物蛋白<sup>[5]</sup>。大豆蛋白因其良好理化性质以及感官特性而广泛应用于食

收稿日期: 2017-05-31; 修回日期: 2017-09-23

基金项目: 江苏高校品牌专业建设工程资助项目 (PPZY2015A052)

作者简介: 崔宇 (1995), 女, 在读本科, 专业为食品科学与工程 (E-mail) 1350968172@qq.com。

通信作者: 孔祥珍, 副教授, 博士 (E-mail) xzkong@jiangnan.edu.cn。

品工业中<sup>[6]</sup>。此外,大豆蛋白具有非常好的营养保健功能,可以降低胆固醇<sup>[7]</sup>,降低肥胖症<sup>[8]</sup>、骨质疏松症<sup>[9]</sup>等的发病率。

通过水解制备的大豆肽近乎保留了大豆蛋白全部的营养价值,以其制备的肽钙螯合物不仅可以为机体提供优质的肽源,更为机体提供优质的钙源。本文采用 Alcalase 酶解脱植酸大豆分离蛋白,制备低相对分子质量的大豆肽钙螯合物,并探讨了改性方法及改性方式、肽钙比以及金属离子亲和特性对肽螯合钙能力的影响,为新型钙制剂的制备提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

#### 1.1.1 原料与试剂

低温脱脂豆粕,山东禹王集团;植酸酶(45 000 U/g),山东潍坊苏柯汉生物技术有限公司;Alcalase, Novozymes(中国);Glutaminase SD - C100S(100 gtu/g),天野酶制品株式会社;Sephacrose CL - 6B, Pharmacia; C18 填料, SiliCycle; 亚氨基二乙酸(IDA), Sigma - Aldrich; 2,2' - 联喹啉 - 4,4' - 二二钠甲酸(BCA), 苏州亚科科技股份有限公司。

AR 级氢氧化钠、硫酸、碳酸氢钠、盐酸、醋酸钠、无水乙醇、硫酸钾、氯化钙、环氧氯丙烷(ECH)/磷酸氢二钠、氯化钠、乙二胺四乙酸二钠(EDTA)、醋酸、六水氯化铁、碳酸钠, HPLC 级乙腈、三氟乙酸(TFA), BR 级三羟甲基氨基甲烷(Tris), 硼氢化钠(98%)。

#### 1.1.2 仪器与设备

K9840 自动凯氏定氮仪; Himac CR21G II 型冷冻离心机; 日本 Hitachi 公司; LGJ - 18 型冷冻干燥机; HH - 601 超级恒温水浴箱; 磁力搅拌器; SHA - 2A 冷冻水浴恒温振荡器; TDZ5 - WS 台式低速离心机; AR224CN 电子天平; 箱式电阻炉; AA - 240 原子吸收分光光度计; 美国 Varian 公司; D - 2000 Elite 高效液相色谱仪; 日本 Hitachi 公司; Nicolet Nexus 470 傅里叶红外光谱仪; 美国 Nicolet 公司; HD - 3 紫外检测仪; HL - 2 恒流泵。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 脱植酸大豆分离蛋白的制备

将低温脱脂豆粕与水以 1:10(质量比)的比例混合,用 2 mol/L 氢氧化钠溶液调节 pH 为 7.0, 搅拌 1 h。用纱布进行粗过滤,取滤液在 7 500 r/min、4℃条件下离心 30 min。取上清液,用 2 mol/L 盐酸调节 pH 为 5.0,加入植酸酶 40 U/g,搅拌 1 h。后调节 pH 至 4.5,酸沉 1 h。取下层混浊液,在 7 500 r/min、

4℃条件下离心 30 min。离心后取沉淀,加入 4 倍水复溶,用 2 mol/L 氢氧化钠调节 pH 为 7.0,在 3 000 r/min 下离心 25 min。取上清液干燥,即得大豆分离蛋白(SPI)。

#### 1.2.2 大豆肽的制备

将 SPI 配制成 5 g/mL 的溶液于夹套烧杯中,调节溶液 pH 9.0,酶添加量 2%(以 SPI 质量计),在 60℃下用 Alcalase 酶解 5 h,反应结束后调节溶液 pH 至 7.0,沸水浴灭酶,离心,收集上清液,干燥,得到大豆肽 A。

酸法脱酰胺处理:将大豆肽 A 加水配成 5% 的溶液,加盐酸调节溶液 pH 至 1.0,于 65℃下反应 5 h;反应过程中用保鲜膜密封好,以防水分蒸发;反应结束后调节溶液 pH 至 7.0,离心,收集上清液,干燥,得到大豆肽 B。

酶法脱酰胺处理:将 SPI 配制成 5 g/mL 的溶液于夹套烧杯中,调节溶液 pH 至 9.0,酶添加量 2%(以 SPI 质量计),在 60℃下用 Alcalase 酶解 5 h,反应结束后调节溶液 pH 7.0。加入 2%(以 SPI 质量计)谷氨酰胺酶 Glutaminase,于 50℃下反应 2.5 h 后,沸水浴灭酶,离心,收集上清液,干燥,得到大豆肽 C。

将 SPI 配成 5 g/mL 的溶液,调节 pH 为 1.0,于 65℃下反应 5 h。反应结束后调节溶液 pH 至 9.0,加入 Alcalase 酶解 5 h,酶添加量 2%(以 SPI 质量计),酶解温度为 60℃。反应结束后将溶液 pH 调为 7.0,沸水浴灭酶 10 min,冷却,离心,收集上清液,干燥,得到大豆肽 D。

#### 1.2.3 肽钙螯合物的制备

参照 Liu 等<sup>[3]</sup>的方法并稍加调整。称取 0.500 0 g 肽样品,溶于 25 mL 的 20 mmol/L Tris - 盐酸(pH 7.8)缓冲液,以 1:1(质量摩尔比,下同)肽钙比加入 0.2 mol/L 氯化钙溶液,水浴恒温振荡器中 40℃下反应 1 h。离心(4 000 r/min, 10 min),取上清液,按体积比 1:6 加入无水乙醇,静置沉淀 30 min,离心,沉淀于 50℃烘干,即得螯合物。螯合物得率、钙螯合率计算公式下:

$$\text{螯合物得率} = \frac{\text{螯合物质量}}{\text{肽加入质量} \times \text{蛋白质含量} + \text{加入钙质量}} \times 100\%$$

$$\text{钙螯合率} = \frac{\text{螯合的钙质量}}{\text{加入钙质量}} \times 100\%$$

#### 1.2.4 螯合物中钙含量的测定

取干燥至恒重的螯合物样品 10 mg 左右于坩埚中,记下准确质量,在红外炉上灼烧至无黑烟产生。转移至箱式电阻炉中,于 500℃灰化 4 h 左右至无

黑色碳粒。冷却至室温后加少量盐酸溶解并定容至 100 mL, 稀释 10 倍, 采用火焰原子吸收法测定金属钙的含量。测定条件为: 空心阴极灯波长 422.7 nm, 光谱宽度 0.5 nm, 电流 10 mA, 质量浓度上限 4.0  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。钙结合量以螯合物中平均每克蛋白质结合的钙量表示, 计算公式如下:

$$\text{钙结合量} = \frac{\text{螯合的钙质量}}{\text{螯合物样品质量} \times \text{蛋白质含量}}$$

### 1.2.5 傅里叶变换红外光谱<sup>[10]</sup> (FTIR) 分析

取适量待测样品于研钵内, 与 KBr 粉末一起研磨均匀后压片。检测样品于 4 000 ~ 400  $\text{cm}^{-1}$  范围内的透光度变化。

### 1.2.6 相对分子质量分布的测定

采用高效液相色谱法测定大豆肽以及肽钙螯合物的相对分子质量分布。流动相为乙腈-水-三氟乙酸(体积比 45:55:0.1)。样品用流动相溶解, 质量浓度为 5  $\text{mg}/\text{mL}$ , 经滤膜过滤并超声后进样。测定参数: 进样量 20  $\mu\text{L}$ , 检测波长 214 nm, 流速 0.5  $\text{mL}/\text{min}$ , 柱温 30  $^{\circ}\text{C}$ , 进样时间 35 min。

### 1.2.7 吸附肽、未吸附肽的钙螯合物的制备

参照文献[11]制备 IDA-Sepharose-CL-6B 填料, 参照 Lü 等<sup>[12]</sup>的方法制备 IDA-Sepharose-CL-6B- $\text{Fe}^{3+}$  亲和层析柱, 并对肽样品进行吸附洗脱, 得到吸附肽、未吸附肽, 之后进行钙的螯合, 考察

表 2 大豆肽样品的钙螯合能力

样品	螯合物得率/%	钙结合量/( $\text{mg}/\text{g}$ )	钙螯合率/%
大豆肽 A	35.50 $\pm$ 0.71	82.13 $\pm$ 1.23	29.31 $\pm$ 0.61
大豆肽 B	40.10 $\pm$ 0.72	93.67 $\pm$ 1.49	39.57 $\pm$ 0.83
大豆肽 C	37.62 $\pm$ 0.61	86.80 $\pm$ 1.71	36.42 $\pm$ 0.81

由表 2 可以看出, 大豆肽 B 的 3 个指标均最大, 其次是大豆肽 C、大豆肽 A, 表明脱酰胺改性有助于大豆肽钙螯合物的制备, 与文献<sup>[13-14]</sup>报道相符。且酸法脱酰胺对于大豆肽螯合钙能力的改善优于酶法脱酰胺的效果, 说明了酸性氨基酸残基的重要作用。

### 2.2 大豆肽及肽钙螯合物的红外光谱分析

对上述 3 种大豆肽样品以及相应的肽钙螯合物进行红外光谱分析, 由于其图谱变化趋势相同, 本文只列出大豆肽 A 及其肽钙螯合物的红外光谱图, 如图 1 所示。

脂肪族氨基酸中伯胺 N-H 的伸缩振动在 3 500 ~ 3 250  $\text{cm}^{-1}$  范围内形成 1 个双峰, 并且在低频区一侧有肩峰; 酰胺 I 带的红外吸收峰范围在 1 680 ~ 1 620  $\text{cm}^{-1}$ , 主要来源于羰基 C=O 的伸缩

振动; 酰胺 II 带的吸收峰主要来自于亚氨基 N-H 的面内弯曲振动, 在 1 650 ~ 1 515  $\text{cm}^{-1}$  范围内, 靠近酰胺 I 带; COO- 对称伸缩振动在 1 420 ~ 1 300  $\text{cm}^{-1}$ ; 800 ~ 500  $\text{cm}^{-1}$  范围内的吸收峰来源于 C-H 和 N-H 振动。由图 1 可知, 3 288  $\text{cm}^{-1}$  的伯胺 N-H 伸缩振动的红外吸收峰, 螯合后转移到 3 349  $\text{cm}^{-1}$ , 说明肽段中氨基端的 N 原子参与了钙的螯合; 螯合后, 1 654  $\text{cm}^{-1}$  移动到 1 657  $\text{cm}^{-1}$ , 并在 1 564  $\text{cm}^{-1}$  处出现新的吸收峰, 说明酰胺中 -NH 与钙发生了键合; COO- 的吸收峰由 1 401  $\text{cm}^{-1}$  转移到 1 410  $\text{cm}^{-1}$  处, 表明了 -COOH 可能参与了金属离子的结合形成 -COO-Ca。这些峰位的转移、消失或出现, 说明羧基中 O 原子及氨基中 N 原子是钙螯合的主要配位原子; 肽键也参与了螯合物的形成<sup>[15]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 改性方法对大豆肽钙螯合能力的影响

大豆肽 A、B、C 样品中的蛋白质含量及氮回收率结果如表 1 所示。

表 1 大豆肽样品中的蛋白质含量及氮回收率 %

样品	蛋白质含量	氮回收率
大豆肽 A	77.02 $\pm$ 0.92	86.43 $\pm$ 1.03
大豆肽 B	53.77 $\pm$ 0.66	85.92 $\pm$ 1.05
大豆肽 C	67.59 $\pm$ 1.01	83.50 $\pm$ 1.25

注: 氮回收率 = 大豆肽的总氮含量/原料的总氮含量  $\times$  100%。

由表 1 可以看出, 大豆肽 A 中的蛋白质含量、氮回收率均高于大豆肽 B、大豆肽 C。说明脱酰胺改性会降低所制备的大豆肽中的蛋白质含量, 同时导致氮回收率的下降。由于酸法脱酰胺过程引入大量的盐分, 所以大豆肽 C 的蛋白质含量高于大豆肽 B; 而酸法脱酰胺过程可能导致了肽键的进一步断裂, 而 Glutaminase 脱酰胺作用专一, 从而使大豆肽 B 的氮回收率增加, 大于大豆肽 C。

以螯合物得率、钙结合量、钙螯合率为评价指标, 测定了上述 3 种大豆肽样品的钙螯合能力, 结果如表 2 所示。

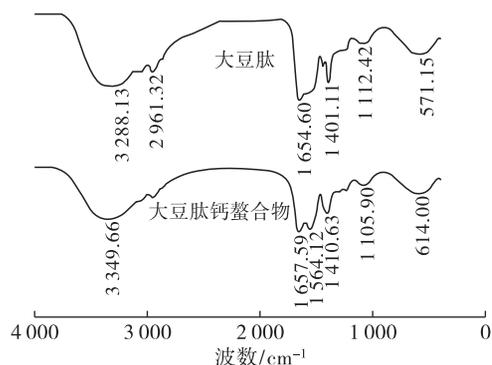


图1 大豆肽A及其肽钙螯合物的红外光谱图

### 2.3 大豆肽及肽钙螯合物的相对分子质量分布

对不同大豆肽样品螯合钙前后的相对分子质量进行测定,并将相对分子质量划分为7个范围,分别为: $\geq 10$  kDa、10~5 kDa、5~2 kDa、2~1 kDa、1~0.5 kDa、0.5~0.3 kDa、 $\leq 0.3$  kDa,计算每个范

围的肽段占比。结果发现,螯合后,相对分子质量大于1 kDa的肽段占比呈现扩大趋势,相对分子质量小于1 kDa的肽段占比呈减少趋势,说明相对分子质量大于1 kDa的肽段较相对分子质量小于1 kDa的肽段更易参与钙螯合物的形成。但金属离子对相对分子质量的选择与肽源也密切相关。Huang等<sup>[16]</sup>通过超滤发现相对分子质量小于1 kDa的虾蛋白肽,具有最高的钙结合量;Liu等<sup>[3]</sup>通过超滤发现3~5 kDa范围的麦胚芽蛋白肽具有最高钙结合量。

### 2.4 酸法脱酰胺改性方式对大豆肽螯合钙能力的影响

进一步探讨了酸法脱酰胺的方式对大豆肽螯合钙能力的影响,结果如表3所示。

表3 脱酰胺改性的方式对肽螯合钙能力的影响

样品	螯合物得率/%	钙结合量/(mg/g)	钙螯合率/%
大豆肽B	40.10 ± 0.72	93.67 ± 1.49	39.57 ± 0.83
大豆肽D	32.29 ± 0.54	88.12 ± 1.76	17.46 ± 0.38

由表3可以看出,大豆肽B的螯合物得率为40.10%,较大豆肽D高19%;钙结合量为93.67 mg/g,同样明显优于大豆肽D,因而导致钙螯合率明显高于大豆肽D。这些结果表明,酸法脱酰胺改性的方式对肽螯合钙的能力有显著的影响,即先酶解再脱酰胺方式的效果要优于先脱酰胺再酶解的方式。

### 2.5 肽钙比对大豆肽螯合钙能力的影响

结合已有报道<sup>[17]</sup>,肽钙比对螯合反应的影响尤为显著,为制备出更高钙结合量的大豆肽钙螯合物,将实验加入的钙量扩大为原来的2倍,即肽钙比1:2,结果如表4所示。

表4 肽钙比对肽螯合钙能力的影响

样品	螯合物得率/%	钙结合量/(mg/g)	钙螯合率/%
大豆肽A	28.63 ± 0.55	84.58 ± 1.44	21.88 ± 0.35
大豆肽B	31.17 ± 0.63	129.32 ± 2.46	18.94 ± 0.41
大豆肽C	32.65 ± 0.49	93.65 ± 1.31	20.26 ± 0.33
大豆肽D	13.60 ± 0.18	102.52 ± 2.01	5.18 ± 0.05

由表4可以看出,增加肽钙比后,钙结合量均有一定程度的增加,其中大豆肽B增加幅度最大,由93.67 mg/g增加至129.32 mg/g。4种大豆肽的螯合物得率以及钙螯合率均下降,说明此时钙用量属于反应过量的状态。

### 2.6 肽段的金属离子亲和特性对其螯合钙能力的影响

在上述实验的基础上,选择大豆肽B为原料,通过金属离子亲和层析柱对其进行肽段的分离。得到的吸附肽、未吸附肽实际螯合钙结果如表5所示。

由表5可以看出,吸附肽的钙结合量116.65 mg/g明显优于未吸附肽的99.87 mg/g,可能与吸附肽中含有大量的易螯合金属离子的肽段或氨基酸残

基组成有关。

表5 吸附肽、未吸附肽的钙螯合能力

样品	钙结合量/(mg/g)	螯合物得率/%
吸附肽	116.65 ± 1.45	37.41 ± 0.67
未吸附肽	99.87 ± 1.90	9.21 ± 0.21

## 3 结论

综上所述,酸法脱酰胺对于大豆肽螯合钙能力的改善要优于Glutaminase酶法脱酰胺的效果。红外光谱分析及相对分子质量分布的结果表明:羧基中O原子及氨基中N原子是主要配位原子;肽键也参与了螯合;相对分子质量大于1 kDa的肽段较相对分子质量小于1 kDa的肽段更易参与钙螯合物的形成。酸法脱酰胺改性的方式、肽钙比及肽段的金

属离子亲和特性对其螯合钙能力有较大影响。

### 参考文献:

- [1] DAENGPOROK W, GARNJANAGOONCHORN W, NAI-VIKUL O, et al. Chicken eggshell matrix proteins enhance calcium transport in the human intestinal epithelial cells, Caco-2 [J]. J Agric Food Chem, 2003, 51 (20): 6056-6061.
- [2] YAMAGUCHI M. Isoflavone and bone metabolism: its cellular mechanism and preventive role in bone loss [J]. J Health Sci, 2002, 48(3): 209-222.
- [3] LIU F R, WANG L, WANG R, et al. Calcium-binding capacity of wheat germ protein hydrolysate and characterization of peptide-calcium complex [J]. J Agric Food Chem, 2013, 61(31): 7537-7544.
- [4] 付文雯. 牛骨胶原多肽螯合钙的制备及其结构表征 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- [5] 李里特, 刘志胜, 辰巳英三. 大豆蛋白营养品质和生理功能研究进展 [J]. 大豆科学, 2000, 19(3): 263-268.
- [6] CHOVE B E, GRANDISON A S, LEWIS M J. Some functional properties of fractionated soy protein isolates obtained by microfiltration [J]. Food Hydrocoll, 2007, 21 (8): 1379-1388.
- [7] PIPE E A, GOBERT C P, CAPE S E, et al. Soy protein reduces serum LDL cholesterol and the LDL cholesterol: HDL cholesterol and apolipoprotein B: apolipoprotein A-1 ratios in adults with type 2 diabetes [J]. J Nutr, 2009, 139(9): 1700-1706.
- [8] LEE M, CHAE S, CHA Y, et al. Supplementation of Korean fermented soy paste doenjang reduces visceral fat in overweight subjects with mutant uncoupling protein-1 allele [J]. Nutr Res, 2012, 32(1): 8-14.
- [9] BRUNNER R L, COCHRANE B, JACJSON R D, et al. Calcium, vitamin D supplementation, and physical function in the women's health initiative [J]. J Am Diet Assoc, 2008, 108(9): 1472-1479.
- [10] ZHAO L, HUANG Q, HUANG S, et al. Novel peptide with a specific calcium-binding capacity from whey protein hydrolysate and the possible chelating mode [J]. J Agric Food Chem, 2014, 62(42): 10274-10282.
- [11] 李琼. 固定化金属离子螯合琼脂糖凝胶的制备及其纯化组氨酸标签蛋白的研究 [D]. 南京: 南京理工大学, 2012.
- [12] LÜ Y, LIU Q, BAO X, et al. Identification and characteristics of iron-chelating peptides from soybean protein hydrolysates using IMAC-Fe<sup>3+</sup> [J]. J Agric Food Chem, 2009, 57(11): 4593-4597.
- [13] 包小兰, 郭顺堂, 焉华娟, 等. 脱酰胺化对大豆蛋白水解物可溶性钙结合量的影响 [J]. 农产品加工 (学刊), 2006(8): 23-26.
- [14] BAO X L, SONG M, ZHANG J, et al. Calcium-binding ability of soy protein hydrolysates [J]. Chin Chem Lett, 2007, 18(9): 1115-1118.
- [15] 黄顺丽. 乳清蛋白钙螯合肽的制备、分离与表征 [D]. 福州: 福州大学, 2014.
- [16] HUANG G, REN L, JIANG J. Purification of a histidine-containing peptide with calcium binding activity from shrimp processing byproducts hydrolysate [J]. Eur Food Res Technol, 2011, 232(2): 281-287.
- [17] 甄守艳. 羊骨胶原肽的酶法制备及肽钙螯合研究 [D]. 山西 太谷: 山西农业大学, 2015.

### · 广告 ·

## 上海久星导热油股份有限公司

上海股权托管交易中心挂牌 简称:久星股份 代码:E100341



久星导热油 导热永长久

二苯基甲苯化学合成导热油(沸点392℃)	Y-QQL第二代强力型清洗剂
单苯基化学合成导热油(纯度99%)	Y-XNJ导热油修复剂(黏度)
L-QC320合成导热油	LYM-225合成高温链条油
L-QC310导热油	LHM32、LHM46、LHM68抗磨液压油
Y-QZX导热油在线清洗剂	C101合成电力电容器油

地址: 上海茂兴路86号22D  
 总机: 021-58708588  
 热线: 4008-810-018  
 13331833379  
 网址: www.9xchem.com  
 邮编: 200127



久星官方微信 久星官方网站