



全国高等农业院校教材



# 作物生物化学

● 韩锦峰 董钻 主编

● 农学类 食品加工类专业用



中国农业出版社

全国高等农业院校教材

# 作物生物化学

韩锦峰 董 钻 主编

农学类、食品加工类专业用

中国农业出版社

(京)新登字060号

全国高等农业院校教材  
**作物生物化学**  
韩锦峰 董 钻 主编

\* \* \*

责任编辑 魏丽萍 杨天桥

中国农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号)  
新华书店北京发行所发行 通县曙光印刷厂印刷

850×1168mm 32开本 12.625印张 315千字

1995年5月第1版 1995年5月北京第1次印刷

印数 1—1,000册 定价 8.65元

ISBN 7-109-03180-2/S·2051

## 前 言

随着商品经济的发展和人民生活水平的提高，作物生产经营中除要求稳产、高产外，对产品品质也提出了新的、更高的要求。

改善和提高作物产品品质，一般有两条途径，一是通过作物品质育种，二是借助于环境因素的影响和栽培措施的调节。就作物品质育种而言，近年来在提高水稻、小麦的蛋白质含量，改善玉米氨基酸组成，增加大豆、向日葵含油率，降低棉酚含量，培育高芥酸和低芥酸油菜品种等许多方面都取得了重要的成果。专门论述作物品质育种的专著也已出版。

迄今为止，尽管关于土壤气候因素能够影响作物产品品质，栽培措施可以调节产品品质的知识业已积累了不少，可是全面论述这一知识的著作，在我国却不多见。全国高等农业院校农学、食品加工类专业用的教材《作物生物化学》正是适应上述要求和形势而组织编写的。

本教材包括：禾谷类作物如小麦、水稻、玉米、高粱、谷子，大豆，食用豆类，油料作物，油菜、花生，棉花，烟草，甜菜和其他块根作物如马铃薯，蔬菜，水果和浆果的生物化学共17章。每章大致都包括产品的化学成分、产品形成过程中化学成分的变化、环境因素和栽培条件对品质的影响等。需要指出的是，各章的篇幅有长有短，内容有简有繁，这主要是由于当前对不同作物产品品质的研究深度和广度不一所致，当然与编者所掌握的资料多少也有关系。

本教材就知识领域和学科范畴来说，介于植物生物化学与作

物栽培学、蔬菜栽培学和果树栽培学之间。讲授这门课程的主要目地在于，使学生懂得如何通过环境因素和栽培措施改善和提高作物产品的品质。当然，某些章节也涉及了品质育种问题。

本节由韩锦峰、董钻主编，参加编写的还有刘启鑫、张高英、秦武发、唐予迪和王瑞新。分工如下：第一、十三章韩锦峰；第二、三、四、五和六章秦武发；第七、八章董钻；第十章刘启鑫；第十一章张高英；第十二章唐予迪；第九、十四、十五、十六和十七章王瑞新。编写本教材没有现成的教科书作蓝本，加之编者水平有限，时间也着实仓促，错误疏漏之处在所难免，恳请教者、读者指正。

初稿完成后，承蒙吴丁教授审阅，提出许多宝贵意见，在此致以衷心的感谢。

编 者

1992年10月

# 目 录

## 前言

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第一章 禾谷类作物籽粒的生物化学      | 1  |
| 第一节 籽粒的化学成分           | 1  |
| 一、籽粒的含氮化合物            | 1  |
| 二、籽粒的碳水化合物            | 8  |
| 三、籽粒的脂类物质             | 11 |
| 四、籽粒的无机物质             | 11 |
| 五、籽粒的维生素              | 13 |
| 第二节 禾谷类作物籽粒成熟时化学成分的变化 | 15 |
| 一、蛋白质和碳水化合物的积累        | 16 |
| 二、面筋的形成               | 19 |
| 三、维生素含量的变化            | 21 |
| 第三节 气候条件对籽粒化学成分的影响    | 21 |
| 一、地区                  | 21 |
| 二、籽粒化学成分与土壤湿度的关系      | 23 |
| 三、籽粒化学成分与温度的关系        | 24 |
| 四、土壤溶液渗透压的作用          | 24 |
| 第四节 肥料对籽粒化学成分的影响      | 26 |
| 第二章 小麦籽粒的生物化学         | 34 |
| 第一节 成熟籽粒的化学成分         | 34 |
| 一、蛋白质                 | 35 |
| 二、淀粉                  | 40 |
| 三、纤维素和半纤维素            | 41 |
| 四、糖                   | 43 |
| 五、脂类物质                | 43 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 六、矿物质 .....               | 44  |
| 第二节 麦粒发育过程中化学成分的变化 .....  | 46  |
| 一、麦粒发育的同化物来源 .....        | 46  |
| 二、蛋白质的变化 .....            | 48  |
| 三、淀粉和蛋白质在积累过程中的关系 .....   | 50  |
| 第三节 影响小麦籽粒化学成分的遗传因素 ..... | 51  |
| 一、影响蛋白质含量的遗传因素 .....      | 51  |
| 二、影响赖氨酸含量的遗传因素 .....      | 53  |
| 第四节 影响籽粒化学成分的环境因素 .....   | 55  |
| 一、营养供应对籽粒化学成分的影响 .....    | 56  |
| 二、生态因素对籽粒化学成分的影响 .....    | 63  |
| 三、其他栽培条件对籽粒化学成分的影响 .....  | 69  |
| 第三章 水稻籽粒的生物化学 .....       | 73  |
| 第一节 成熟稻谷的化学组成 .....       | 73  |
| 一、稻米的化学组成 .....           | 73  |
| 二、稻米的蛋白质 .....            | 74  |
| 三、稻米的淀粉 .....             | 81  |
| 四、稻米的脂质 .....             | 82  |
| 五、稻米的香味物质 .....           | 83  |
| 六、稻米中的矿物质和维生素 .....       | 84  |
| 第二节 稻粒发育过程中化学成分的变化 .....  | 85  |
| 一、氮素代谢与蛋白质的积累 .....       | 85  |
| 二、淀粉的合成与积累 .....          | 87  |
| 第三节 环境因素对稻米化学成分的影响 .....  | 88  |
| 一、气象因素 .....              | 88  |
| 二、施肥 .....                | 89  |
| 三、灌溉 .....                | 94  |
| 第四章 玉米籽粒的生物化学 .....       | 100 |
| 第一节 玉米籽粒的化学成分 .....       | 100 |
| 一、化学成分的含量与分布 .....        | 100 |
| 二、蛋白质的化学组成 .....          | 101 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 三、脂肪及脂肪酸组成 .....           | 104 |
| 四、淀粉 .....                 | 105 |
| 五、其他成分 .....               | 105 |
| 第二节 玉米籽粒发育过程中化学成分的变化 ..... | 106 |
| 一、蛋白质的变化 .....             | 106 |
| 二、玉米油分及其脂肪酸的变化 .....       | 112 |
| 第三节 影响玉米籽粒化学成分的因素 .....    | 114 |
| 一、影响玉米籽粒成分的遗传因素 .....      | 114 |
| 二、影响玉米籽粒成分的环境因素 .....      | 115 |
| 第五章 高粱籽粒的生物化学 .....        | 119 |
| 第一节 籽粒的结构特点 .....          | 119 |
| 第二节 籽粒的化学成分 .....          | 119 |
| 一、蛋白质及其化学组成 .....          | 119 |
| 二、碳水化合物 .....              | 121 |
| 三、脂肪 .....                 | 121 |
| 四、多酚物质 .....               | 122 |
| 第三节 高粱籽粒成熟过程中化学成分的变化 ..... | 123 |
| 第四节 影响高粱籽粒品质的因素 .....      | 124 |
| 一、高粱品质的遗传因素 .....          | 124 |
| 二、影响高粱籽粒成分的环境因素 .....      | 125 |
| 第六章 谷子籽粒的生物化学 .....        | 128 |
| 第一节 籽粒的化学组成 .....          | 128 |
| 一、蛋白质 .....                | 128 |
| 二、淀粉 .....                 | 129 |
| 三、脂肪及脂肪酸 .....             | 130 |
| 四、维生素和矿物质 .....            | 131 |
| 第二节 成熟过程中谷子穗部的物质变化 .....   | 132 |
| 第三节 栽培条件对谷子籽粒化学成分的影响 ..... | 133 |
| 第七章 大豆籽粒的生物化学 .....        | 136 |
| 第一节 大豆成熟籽粒的生物化学 .....      | 136 |
| 一、大豆籽粒的蛋白质 .....           | 137 |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| 二、大豆籽粒的油分                 | 142        |
| 三、大豆籽粒蛋白质与油分的相关           | 145        |
| 四、大豆籽粒的碳水化合物及其他物质         | 146        |
| 五、大豆同株籽粒的异质性              | 146        |
| 第二节 大豆籽粒形成过程中化学成分的变化      | 148        |
| 第三节 环境条件和栽培措施对大豆籽粒品质的影响   | 152        |
| 一、大豆籽粒的品质与气候条件的关系         | 152        |
| 二、大豆籽粒品质与地理纬度的关系          | 153        |
| 三、大豆籽粒品质与海拔高度的关系          | 155        |
| 四、大豆籽粒品质与播种期的关系           | 156        |
| 五、施肥对大豆籽粒品质的影响            | 157        |
| 六、灌水、茬口、病虫害侵染等对大豆籽粒品质的影响  | 159        |
| 第四节 大豆籽粒品质的改良             | 161        |
| <b>第八章 食用豆类作物籽粒的生物化学</b>  | <b>163</b> |
| 第一节 豆类籽粒的蛋白质和氨基酸          | 163        |
| 一、豆类籽粒蛋白质含量的品种间差异         | 164        |
| 二、豆类籽粒蛋白质的氨基酸组成           | 165        |
| 三、豆类籽粒形成过程中蛋白质、氨基酸的变化     | 166        |
| 第二节 豆类籽粒的矿物质和维生素组成        | 167        |
| 第三节 绿豆籽粒的品质               | 168        |
| 第四节 气候和栽培条件对食用豆类籽粒化学成分的影响 | 169        |
| <b>第九章 油料作物种子的生物化学</b>    | <b>173</b> |
| 第一节 油料作物种子的化学成分           | 174        |
| 一、脂肪                      | 174        |
| 二、蛋白质                     | 180        |
| 三、碳水化合物                   | 181        |
| 四、矿物质                     | 181        |
| 第二节 油饼的化学成分               | 182        |
| 第三节 成熟过程中油料种子化学成分的变化      | 183        |
| 第四节 栽培条件对油料作物种子化学成分的影响    | 185        |
| 一、地区                      | 186        |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 二、水分和温度 .....              | 186 |
| 三、肥料 .....                 | 188 |
| 第十章 油菜籽的生物化学 .....         | 192 |
| 第一节 油菜籽的化学成分 .....         | 192 |
| 一、水分 .....                 | 192 |
| 二、脂肪 .....                 | 194 |
| 三、蛋白质 .....                | 203 |
| 四、纤维素和糖类 .....             | 205 |
| 五、硫或葡萄糖甙 .....             | 206 |
| 六、其他成分 .....               | 208 |
| 第二节 菜籽饼粕的化学成分 .....        | 211 |
| 一、蛋白质和脂肪 .....             | 211 |
| 二、碳水化合物 .....              | 212 |
| 三、纤维素 .....                | 212 |
| 四、硫甙 .....                 | 213 |
| 五、矿物质 .....                | 214 |
| 六、维生素 .....                | 215 |
| 七、植酸盐 .....                | 216 |
| 八、芥子碱和单宁 .....             | 216 |
| 第三节 油菜种子成熟过程中化学成分的变化 ..... | 217 |
| 一、酶的变化 .....               | 217 |
| 二、油脂含量及脂肪酸组成的变化 .....      | 217 |
| 三、蛋白质含量的变化 .....           | 222 |
| 四、糖类的变化 .....              | 222 |
| 五、硫甙含量的变化 .....            | 224 |
| 第四节 种植条件对油菜种子化学成分的影响 ..... | 225 |
| 一、种产条件对菜籽含油量的影响 .....      | 225 |
| 二、种植条件对菜籽油脂肪酸组成的影响 .....   | 230 |
| 三、种植条件对硫甙含量的影响 .....       | 233 |
| 第十一章 花生种子的生物化学 .....       | 236 |
| 第一节 花生的油脂 .....            | 237 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 一、油脂的积累和含量的变化 .....          | 237 |
| 二、花生油脂的理化特性及化学组成 .....       | 242 |
| 三、花生种子发育过程中的化学组成变化 .....     | 247 |
| 第二节 花生的蛋白质 .....             | 251 |
| 一、子仁中蛋白质的积累及变异 .....         | 251 |
| 二、花生蛋白质组成 .....              | 253 |
| 三、花生蛋白质中氨基酸组成 .....          | 254 |
| 第三节 花生中的其他成分 .....           | 257 |
| 一、碳水化合物 .....                | 257 |
| 二、灰分元素 .....                 | 259 |
| 三、维生素 .....                  | 261 |
| 第十二章 棉花种子及纤维的生物化学 .....      | 264 |
| 第一节 棉花种子的生物化学 .....          | 264 |
| 一、棉子的化学成分 .....              | 264 |
| 二、棉子发育成熟过程中化学成分的变化 .....     | 267 |
| 三、环境条件和栽培措施对棉子化学成分的影响 .....  | 267 |
| 第二节 棉花纤维的生物化学 .....          | 272 |
| 一、棉纤维的内在结构与品质的关系 .....       | 272 |
| 二、棉纤维的化学成分 .....             | 273 |
| 三、棉纤维发育成熟过程中化学成分的变化 .....    | 276 |
| 四、环境条件和栽培措施对棉纤维化学成分的影响 ..... | 277 |
| 第十三章 烟草的生物化学 .....           | 289 |
| 第一节 烟叶的主要化学成分 .....          | 289 |
| 一、碳水化合物 .....                | 289 |
| 二、蛋白质和氨基酸 .....              | 291 |
| 三、烟碱 .....                   | 293 |
| 四、酚类化合物 .....                | 294 |
| 五、脂、蜡、树脂及挥发油 .....           | 296 |
| 六、有机酸 .....                  | 302 |
| 七、色素 .....                   | 303 |
| 八、无机化合物(灰分) .....            | 304 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 第二节 烟叶成熟过程中主要化学成分的变化 ..... | 304 |
| 一、碳水化合物 .....              | 305 |
| 二、总氮、蛋白质 .....             | 305 |
| 三、烟碱 .....                 | 308 |
| 四、色素 .....                 | 309 |
| 五、多酚化合物 .....              | 310 |
| 六、脂类及其他致香物质 .....          | 311 |
| 七、酶活性 .....                | 314 |
| 第三节 栽培条件对烟叶主要化学成分的影响 ..... | 314 |
| 一、产地 .....                 | 314 |
| 二、肥料 .....                 | 317 |
| 三、光照 .....                 | 326 |
| 四、温度 .....                 | 328 |
| 五、水分 .....                 | 328 |
| 六、组织的成熟度 .....             | 329 |
| 七、植物生长调节剂 .....            | 329 |
| 八、其他 .....                 | 331 |
| 第十四章 甜菜和其他块根的生物化学 .....    | 337 |
| 第一节 块根的化学组成 .....          | 337 |
| 一、碳水化合物 .....              | 338 |
| 二、含氮化合物 .....              | 340 |
| 三、有机酸 .....                | 340 |
| 四、脂肪 .....                 | 341 |
| 五、无机物质 .....               | 341 |
| 六、维生素 .....                | 341 |
| 第二节 成熟时块根化学成分的变化 .....     | 342 |
| 第三节 栽培条件对块根化学成分的影响 .....   | 344 |
| 第十五章 马铃薯的生物化学 .....        | 349 |
| 第一节 马铃薯块茎的化学组成 .....       | 349 |
| 一、碳水化合物 .....              | 350 |
| 二、含氮物质 .....               | 351 |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 三、有机酸 .....                  | 352        |
| 四、维生素 .....                  | 353        |
| 五、配糖碱 .....                  | 354        |
| 六、矿物质 .....                  | 354        |
| 七、类脂 .....                   | 355        |
| 第二节 马铃薯的化学成分对其菜肴质量的影响 .....  | 355        |
| 第三节 成熟时马铃薯中化学成分的变化 .....     | 357        |
| 第四节 栽培条件对马铃薯块茎化学成分的影响 .....  | 358        |
| 一、地理条件 .....                 | 359        |
| 二、水分 .....                   | 359        |
| 三、肥料 .....                   | 360        |
| <b>第十六章 蔬菜的生物化学 .....</b>    | <b>363</b> |
| 第一节 蔬菜中的主要化合物 .....          | 364        |
| 一、碳水化合物 .....                | 364        |
| 二、含氮物质 .....                 | 366        |
| 三、有机酸 .....                  | 367        |
| 四、脂类 .....                   | 367        |
| 五、无机物质 .....                 | 368        |
| 六、维生素 .....                  | 368        |
| 七、挥发油和其他特殊物质 .....           | 370        |
| 第二节 蔬菜在成熟过程中化学成分的变化 .....    | 372        |
| 第三节 栽培条件对蔬菜化学成分的影响 .....     | 373        |
| <b>第十七章 水果和浆果的生物化学 .....</b> | <b>377</b> |
| 第一节 水果和浆果的化学成分 .....         | 377        |
| 一、糖 .....                    | 377        |
| 二、淀粉 .....                   | 379        |
| 三、纤维素 .....                  | 380        |
| 四、果胶物质 .....                 | 380        |
| 五、有机酸 .....                  | 380        |
| 六、维生素 .....                  | 381        |
| 七、含氮物质 .....                 | 382        |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 八、矿物质 .....                   | 382 |
| 九、挥发油 .....                   | 383 |
| 十、丹宁物质 .....                  | 385 |
| 十一、糖苷 .....                   | 385 |
| 第二节 成熟过程中水果和浆果化学成分的变化 .....   | 386 |
| 第三节 果实化学成分和品质变化与栽培条件的关系 ..... | 387 |

## 第一章 禾谷类作物籽粒的生物化学

属禾谷类作物的有小麦、玉米、黑麦、燕麦、大麦、水稻、黍(粟)、高粱及许多其他作物，它们是地球上大多数居民营养中蛋白质和淀粉的主要来源，特别是小麦和玉米，有着重要的作用，在粮食平衡中黑麦、大麦、燕麦、水稻也占重要地位。

禾谷类和豆类作物是最易利用及广泛分布的蛋白质来源，从这些作物中可获得总蛋白质的一半以上，因此这些作物中蛋白质的含量特别引人注意。

提高植物性蛋白质的生产，以满足人们对蛋白质的需要，具有首要的实际意义。蛋白质在人和家畜的营养中不可能为其他物质所代替，每个人每天应有70~120g蛋白质，根据FAO\*的资料，地球上大约一半以上居民处于蛋白质饥饿状态，因此观察到人们的神经和心血管活动有严重的损伤，为了有效地解决这个问题，国际联合组织成立专门委员会，其任务是研究蛋白质问题和提出克服蛋白质饥饿的实际建议。

### 第一节 籽粒的化学成分

#### 一、籽粒的含氮化合物

(一) 蛋白质 小麦籽粒中的蛋白质最多，黑麦、燕麦、谷子、大麦中含有的蛋白质少一些，玉米和水稻籽粒中蛋白质含量一般最低。表1—1列出了一些谷类作物籽粒化学成分的平均值。

---

\* 联合国粮食及农业组织。

一些样品的分析表明，禾谷类作物的籽粒中蛋白质含量变化范围较大，从5%到26%，小麦籽粒中蛋白质含量变化在9~26%之间，谷子8~19%，玉米5~20%，水稻5~11%，这种变化与植物的品种特性、气候条件、栽培条件及其他原因有关系。

表 1—1 籽粒中化学成分平均含量(%干物重)

(B.Л.Керошук, 1981)

| 作 物 | 蛋白质 | 淀 粉 | 脂 肪 | 纤维素  | 糖   | 戊聚糖和<br>其他碳水<br>化合物 | 灰 分 |
|-----|-----|-----|-----|------|-----|---------------------|-----|
| 小 麦 | 15  | 65  | 2.0 | 2.8  | 4.3 | 8                   | 2.2 |
| 小 米 | 10  | 70  | 4.6 | 2.1  | 3.0 | 7                   | 1.3 |
| 黑 麦 | 13  | 70  | 2.0 | 2.2  | 5.0 | 10                  | 2.0 |
| 燕 麦 | 12  | 50  | 5.5 | 14.0 | 2.0 | 13                  | 3.8 |
| 大 麦 | 12  | 55  | 2.0 | 6.0  | 4.0 | 12                  | 3.5 |
| 水 稻 | 7   | 70  | 2.3 | 12.0 | 3.6 | 2                   | 6.0 |
| 黍   | 12  | 60  | 4.6 | 11.0 | 3.8 | 2                   | 4.0 |

表 1—2 小麦籽粒各部分的化学组成(%干物质)

(Б.П.Плешков, 1987)

| 籽粒部分      | 重量比例 | 蛋白质  | 淀 粉  | 脂 肪  | 纤维素  | 糖    | 戊聚糖和<br>其他碳水<br>化合物 | 灰 分  |
|-----------|------|------|------|------|------|------|---------------------|------|
| 整个籽粒      | 100  | 16.1 | 63.1 | 2.2  | 2.8  | 4.3  | 8.1                 | 2.2  |
| 胚 乳       | 81.6 | 12.9 | 78.8 | 0.7  | 0.2  | 3.5  | 2.7                 | 0.5  |
| 胚         | 3.2  | 41.3 | 0    | 15.0 | 2.5  | 25.1 | 9.7                 | 6.3  |
| 带糊粉外<br>壳 | 15.4 | 28.8 | —    | 7.8  | 16.2 | 4.2  | 36.7                | 10.5 |

表1—1列出的是整个籽粒的化学成分；但是，某些物质，其中包括蛋白质的含量在种子的各部位极不平衡。胚乳、胚、糊粉层和种皮具有极为不同的化学成分（表1—2）。

种子中蛋白质的主要部分是贮藏蛋白质，某些蛋白质组分变化极大，它们与禾谷类作物的种类、品种及栽培条件有关。

1. 白蛋白 多数禾谷类作物种子中这种蛋白质占总量的比例

不大。小麦中一般占总蛋白质的5~15%，亦即如果小麦中蛋白质含量是15%的话，那么白蛋白一般占种子重的0.7~2%。玉米籽粒中白蛋白占总蛋白质的6~14%。黑麦中这些物质含量高，达总蛋白质的35%。白蛋白主要是酶——活性蛋白质，其中许多是水解酶、蛋白酶等，对籽粒的酶分离及其性质正进行着广泛的研究。

2. 球蛋白 球蛋白是用中性盐可以浸提的蛋白质，在谷类种子中它的含量比白蛋白多。用0.5~1N的 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{K}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{KCl}$ 或 $\text{NaCl}$ 溶剂从种子中浸提蛋白质时，小麦籽粒中这些蛋白质的含量平均为总蛋白质的10~20%，在玉米中为7~15%，燕麦中为15~25%，黑麦中为15~25%。这一组分大概主要是贮藏蛋白质，但其中也包含有酶——蛋白质。

3. 醇溶谷蛋白 它是用70%乙醇能浸提出来的蛋白质，是一种特殊蛋白质。它们主要是在禾谷类种子中合成，如在小麦和黑麦中称为麦胶蛋白，在大麦中叫大麦胶蛋白，燕麦中叫燕麦蛋白，玉米中叫玉米胶蛋白等等。在其他作物中几乎不形成这种蛋白质。小麦不同种的籽粒中麦胶蛋白可达总蛋白的20~40%（亦即占种子的4~8%），在黑麦种子中达总蛋白的10~20%，在燕麦籽粒中占20~30%，玉米中的玉米胶蛋白达50%，大麦的大麦胶蛋白占25~40%等等。籽粒中醇溶谷蛋白研究较多，它们的分子量、等电点、氨基酸成分均已确定。

4. 谷蛋白 它是不溶于水、盐和乙醇，而能在弱碱中溶解的蛋白质。在小麦、大麦和燕麦中，它们的含量一般为总蛋白质的25~40%，而在水稻籽粒中它们占总蛋白质的60~90%。

用各种溶剂从禾谷类种子提取出的一些蛋白质组分不是单一的蛋白质，而是许多蛋白质的混合物。借助于沉淀、离子交换柱层析、电泳及其他方法，可从这些混合物中得到物理—化学性质相近的较为简单的蛋白质混合物。目前正在从种子中分离单一蛋白质，并对其组成、性质进行研究。