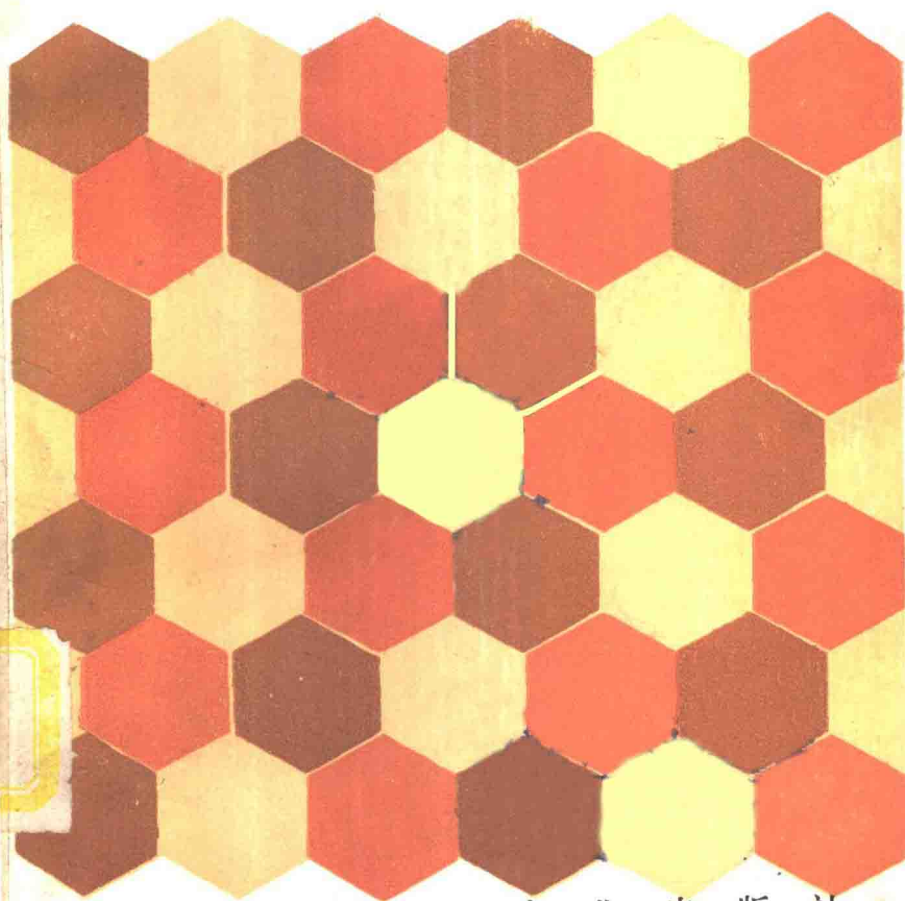


粮油籽粒品质及其 分析技术

何照范 编著



农业出版社

粮油籽粒品质及其分析技术

何照范 编著

农业出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了粮油籽粒营养品质、食用品质以及对人体有害的某些化学物质的实验室分析方法,共计105种。其中主要有:蛋白质,氨基酸,直链、支链淀粉含量及相对分子量,芥酸,硫葡萄糖甙,单宁等的测定。每种方法论述了分析原理、仪器设备、试剂配制、操作程序和注意事项。方法较全面,内容具体,容易掌握,切实可行。同时还扼要阐述了粮油籽粒品质有关指标在籽粒中的含量、分布以及与人体的关系。书末还附有一般品质分析的基本参数。

此书可供从事农业生化、作物品质育种科技工作者以及高等农业院校、综合性大学生物系师生等参考。

粮油籽粒品质及其分析技术

何照范 编著

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 12.5印张 258千字

1985年7月第1版 1985年7月北京第1次印刷

印数 1—3,100册

书号 16144·2997 定价 2.20元

序 言

我院生化营养研究室何照范同志，本其多年从事谷类油料的生化分析技术工作，近年编著《粮油籽粒品质及其分析技术》一书问世。内容着重分析技术。对于分析原理，仪器设备，试剂配制，操作程序，详述不遗。并从国内科研实际出发，一般生化实验室均可进行。故对当前国内农业生化工作者、作物育种工作者以及有关高等院校师生，均系有益的参考书。

新书问世，科技福音，故乐于为之序。

罗 登 义

于贵州农学院

1983年7月20日

编 者 的 话

粮油是人类的主要食物来源。人体必需的营养,如蛋白质、碳水化合物、脂肪等一半以上靠粮油供给。人类机体可从粮油食物中获得能量,合成与补充机体组分以及体内生物活性物质。

近十多年来,国内外农业生化、育种学家十分重视粮油作物品质、品质育种及其有关理论的研究,并取得了很大的成就,如奥帕克-2高赖氨酸玉米品种及双低(低芥酸、低硫葡萄糖甙)油菜新品种的育成等。作者根据二十年来从事粮油、水果生化分析实践,参考国内外有关资料,写成了《粮油籽粒品质及其分析技术》一书。

本书从粮油籽粒与人类的密切关系阐述了籽粒品质的基本涵义。营养品质、食用品质及对人体有害的某些化学物质三者都是评价其籽粒品质的重要指标。这些指标涉及到的检测手段复杂多样,作者从国内实际出发,比较系统地介绍了适合一般实验室采用的粮油籽粒品质分析技术。虽想尽可能正确地加以记述,但因水平有限,不妥之处在所难免,诚恳地希望广大农业科技人员给予批评指正,以利将来修订、补充。

作者多年来的研究工作是在罗登义教授、单友谅教授指导下进行的。本书编著过程中,罗老十分关心,并为本书撰写了

序言，刘振业教授、张庆勤副教授的支持和鼓励，同事们予以
颇多的协助，在此表示感谢。

1983年7月

目 录

绪论	1
第一章 粮油籽粒品质	8
第一节 粮油籽粒营养品质	8
一、营养素的一般含量及分布	8
二、蛋白质及氨基酸	10
三、糖类	17
四、脂肪	18
五、维生素	19
六、矿物质及水分	20
第二节 主要谷物籽粒食用品质	23
一、稻米淀粉理化特性与食用品质	23
二、小麦烘焙品质	29
第三节 粮油籽粒中有害化学物质	31
一、油菜籽中芥酸及硫葡萄糖甙	31
二、大豆中胰蛋白酶抑制剂	33
三、棉酚	33
四、粮食中的植酸及植酸盐	34
五、高粱籽粒中单宁类物质	35
第二章 蛋白质及主要必需氨基酸测定技术	37
第一节 蛋白质含量的测定	37
一、半微量凯氏法（中华人民共和国国家标准 1982）	37
二、酚试剂法测定微量蛋白质含量	41
三、染料结合法测定蛋白质含量	45

四、考马斯亮蓝 G-250 快速测定蛋白质含量	47
五、改良的双缩脉法快速测定蛋白质含量	50
六、水稻育种中蛋白质单粒筛选技术	53
第二节 蛋白质组分及效力比测定	57
一、粮油籽粒蛋白质组分的分离与测定	57
二、蛋白氮和非蛋白氮的测定	60
三、蛋白质效力比值的测定	61
第三节 几种主要氨基酸含量的测定	63
一、氨基酸的定性测定	63
二、谷物籽粒中微量氨基氮的测定	65
三、游离氨基氮甲醛快速滴定法	67
四、铜复合物紫外吸收法测定氨基酸含量	70
五、粮油籽粒及植株体中游离氨基酸总量的测定	72
六、茚三酮法快速测定赖氨酸含量	76
七、2-氯-3,5-二硝基吡啶法测定赖氨酸含量	78
八、三硝基苯磺酸法测定氨基酸及赖氨酸含量	81
九、不水解蛋白质直接测定稻米赖氨酸含量	87
十、DBL 法测定赖氨酸含量	90
十一、酶解法比色测定色氨酸含量	94
十二、酸水解法测定色氨酸含量	97
十三、不水解蛋白质直接测定色氨酸含量	100
十四、紫外吸收法测定谷物、豆类中色氨酸	102
十五、分光光度法测定蛋氨酸含量	105
十六、蛋氨酸的比色测定	108
十七、苯丙氨酸的测定	110
十八、亮氨酸、异亮氨酸及缬氨酸的比色测定	113
十九、谷物中游离脯氨酸含量的测定	119
二十、脯氨酸的测定	122
二十一、胱氨酸的测定	124
第三章 碳水化合物的测定技术	128

第一节 淀粉含量的测定	128
一、谷物种子粗淀粉测定法 (中华人民共和国标准, 1983)	129
二、旋光法快速测定粗淀粉含量	131
三、容量法测定淀粉含量	133
四、比色法快速测定谷物中淀粉含量	137
第二节 可溶性糖的测定	140
一、谷物及植株体中还原糖、非还原糖及淀粉含量系统分析	140
二、蒽酮比色法快速测定葡萄糖、果糖、蔗糖及淀粉含量	144
三、还原糖的快速测定	150
四、可溶性糖的鉴定及定量测定	153
第三节 纤维素及半纤维素的测定	155
一、纤维素的测定	156
二、重量法测定粗纤维	159
三、含油种子中纤维素的测定	161
四、半纤维素的测定	162
第四章 脂肪及其理化特性的测定	167
第一节 粗脂肪含量的测定	167
一、谷类、油料作物种子粗脂肪测定法 (中华人民共和国国家标准, 1982年)	167
二、折光法测定种子中脂肪含量	172
第二节 脂肪酸组成及其含量的测定	174
一、纸层析快速法测定菜籽油脂脂肪酸组成	174
二、薄层色谱法分离种子中主要不饱和脂肪酸	178
三、粮油籽粒中游离脂肪酸的快速测定	180
第三节 脂肪理化特性的测定	182
一、油比重的测定	182
二、油折光率的测定	183
三、油脂酸值的测定	184
四、油脂皂化值的测定	185
五、油脂碘值的测定	188

第五章 维生素含量的测定	193
第一节 脂溶性维生素的测定	193
一、胡萝卜素的测定	193
二、生育酚的荧光测定法	197
三、生育酚的分光光度测定法	200
第二节 水溶性维生素的测定	203
一、维生素C的测定 (2,6-二氯酚靛酚滴定法)	203
二、维生素B ₁ (硫胺素) 的测定——荧光法	205
三、维生素B ₂ 的测定——荧光法	210
四、维生素B ₆ 的比色测定	213
五、尼克酸和尼克酰胺的测定 (AACC方法, 1967年颁布)	216
六、维生素B ₉ (叶酸) 含量的测定	218
第六章 矿物质元素及水分含量的测定	223
第一节 矿物质元素的测定	223
一、灰分含量的测定	223
二、络合滴定法测定钙含量	225
三、铁含量测定法——硫氰酸钾法	228
四、磷含量比色测定	229
五、样品中铜、锌、铅系统分析法	231
六、催化和分光光度法测定痕量碘和锰含量	245
七、利用氟离子选择性电极测定氟含量	249
八、分光光度法测定微量硒含量	251
九、硫氰酸法比色测定铝含量	255
十、利用靛茜素试剂比色测定硼	258
第二节 水分含量的测定	262
一、谷物、油料作物种子水分测定法 (中华人民共和国国家标准, 1982年)	262
二、胶体束缚水及自由水 (游离水) 含量的测定	265
三、水分活性的测定	268
第七章 食用品质有关指标测定技术	274

第一节 粮食籽粒淀粉组分分离及测定	274
一、直链、支链淀粉分离、鉴定	274
二、谷物淀粉组分相对分子量的测定	278
三、蜡质谷物淀粉组分相对分子量简易快速测定法	282
四、谷物直链淀粉含量及相对分子量测定	285
五、双波长法测定谷物中直链、支链及总淀粉含量	290
六、安培法测定谷物中直链淀粉含量	294
第二节 稻米食用品质物理特性测定技术	297
一、透影目视法测定凝胶化温度	297
二、碱法测定凝胶化温度	298
三、胶凝度的测定	299
四、米粒延长性的测定	300
五、淀粉特性粘度 $[\eta]$ 的测定	301
六、稻米直链淀粉含量及膨胀性单粒快速筛选技术	303
第三节 面粉中面筋的测定	305
一、小麦面粉中面筋的测定	306
二、黑麦及大麦面粉中面筋的测定	307
三、化学法测定面粉中面筋含量	307
四、面粉面筋的延伸性、比延性测定	308
第四节 淀粉酶及蛋白酶活性的测定	310
一、小麦 α -淀粉酶活性快速比色测定法	310
二、 α -淀粉酶及 β -淀粉酶活性的测定	312
三、福林-酚试剂比色法测定蛋白酶活性	315
四、蛋白酶活性的测定	318
第八章 粮油籽粒中有害化学成分的测定	322
第一节 植酸及植酸磷测定	322
一、谷物植酸磷测定法	322
二、分光光度法测定油菜籽中植酸含量	326
第二节 高粱籽粒中单宁含量的测定	329
一、高粱单宁比色测定法	329

二、快速络合滴定法测定单宁含量	331
第三节 芥酸、硫葡萄糖甙的测定	334
一、“标样法”简易鉴定油菜籽芥酸含量	334
二、氯化钡快速测定油菜籽的硫代葡萄糖甙	336
三、油菜籽总硫葡萄糖甙含量的分光光度测定法	337
四、油菜籽硫葡萄糖甙速测技术(3,5-二硝基水杨酸分光光度法)	342
五、油菜籽(饼)中硫葡萄糖甙总量的快速测定	347
第四节 棉酚及胰蛋白酶抑制物活性测定	349
一、自由棉籽酚的测定	349
二、大豆胰蛋白酶抑制物活性的测定(AACC方法,1974)	352

附录:

一、主要谷物、豆类一般营养成分	356
二、主要谷物、豆类中氨基酸含量	358
三、常用标准溶液的配制和标定(国家标准GB601—65)	362
四、主要试剂分子量和当量表	377
五、一些常用酸碱指示剂	379
六、混合酸—碱指示剂	381
七、一些常用化合物在水溶液中的溶解度	383
八、一些市售试剂的浓度和密度	386
九、简单缓冲溶液配制	386
十、常用基准物质的干燥条件和应用	387
十一、常用干燥剂的使用性能	388
十二、常用冷却剂	388
十三、一般化学试剂的分级	388

绪 论

一、人的营养与粮油籽粒品质的基本涵义

食物是人类生活中必不可少的东西，食物主要来源有两类，即动物性食物和植物性食物。人们每天通过吃东西吸取身体所必须的各种营养物质（营养素），以供给机体正常的生长发育和从事各种活动的需要。人的营养素需要包括水、无机离子及一些有机化合物。无机离子包括细胞液内、骨骼的主要阴离子与阳离子以及一些需要量较少的元素。糖类和脂类被用作燃料和作为合成各种物质与结构的前体。氨基酸被用来合成人体蛋白质和其它含氮化合物。被称之为维生素的辅助食物因素，常常是辅酶的构成组分。根据目前研究，人体需要的营养素如表 1，这些营养素供应量适宜时，机体即可合成所有的其它物质。

据联合国统计，1980年世界人口总数约为 43 亿，到 21 世纪初将增加到 60 亿。按现在 43 亿人口计算，每年世界蛋白质总供应量差不多为 1 亿吨。其中植物性蛋白几乎是动物性蛋白的 2 倍。植物性食物的粮食，主要指稻米、小麦、大麦、玉米、高粱、谷子及薯类等，这类食物是我国人民的主食，在广大人民的膳食中，有 80% 左右的热能和 60% 左右的蛋白质是由粮食供给的，同时由粮食供给的 B 族维生素及无机物也在膳食中占有很大比重。油菜、大豆、向日葵、花生和棉籽，总称为世界

表 1 人体需要的营养素

氨基酸	元素	维生素
肯定的必需营养素		
异亮氨酸 亮氨酸 赖氨酸 蛋氨酸 苯丙氨酸 苏氨酸 色氨酸 缬氨酸	钙 氯 铜 碘 铁 镁 锰 磷 钾 钠 锌	抗坏血酸 胆碱 ⁽¹⁾ 叶酸 烟酸 ⁽²⁾ 吡哆醇 核黄素 硫胺素 维生素B ₁₂ 维生素A、D ⁽³⁾ 、E、K
可能是必需营养素		
精氨酸 组氨酸	氟 钼 硒	生物素 泛酸 多不饱和脂肪酸

(1) 膳食中蛋氨酸供应量适宜时,即可满足需要。

(2) 可由色氨酸合成以满足需要。

(3) 尚无证据表明成年人需要。

五大油料作物, 提供人类全部食用植物油脂的 90% 以上。油脂为高能食品, 1 克脂肪氧化所释放的能量约为 9,000 卡, 比氧化 1 克糖提供的能量大一倍多, 是人体热能的主要来源。近年来, 关于食用油脂与动脉粥样硬化关系的研究初步证明, 发病率与动物油脂中含有较多的胆固醇和高级脂肪酸有关。因此, 人们对食用植物油脂的需要量愈来愈大。植物油脂主要含有不

饱和脂肪酸，如油酸、亚麻酸，其熔点较低，在常温下呈液态，人体吸收率一般较动物油脂为高，吸收率在95%以上。

六十年代以后，许多国家育种学家和生化营养学家在研究提高粮食、油料作物产量同时，也十分重视品质的改良和生化机理的研究。粮油作物的品质是指主要收获物籽粒而言。粮油籽粒品质迄今为止，概念常不明确，标准也不一致。以往指的粮油籽粒品质，主要是外表特性，包括色泽、种皮厚薄、整齐度、大小、粒型，稻米还有心腹白及透明度等综合指标。随着研究的深入，从与人类关系的密切程度来看，粮油籽粒品质应该首先是营养品质，即提供给人的机体合成自身需要的物质数量及人体吸收率的程度而言。对于粮食作物籽粒主要是蛋白质含量及氨基酸组成，特别是赖氨酸、色氨酸、苏氨酸等主要必需氨基酸在籽粒中的含量愈来愈受到重视。油料作物籽粒品质应以总脂肪含量及必需脂肪酸组成作为营养品质的主要指标，脂肪酸中的亚油酸含量对评价油料作物籽粒营养品质有着更重要的意义。

近年来，一些研究者提出了粮食作物籽粒品质的另一指标，即食味与烹调品质，并已在水稻、小麦上进行了大量研究工作。食味、烹调（食用）品质的评价，常因国家、地区、民族、习惯、年龄的不同而异，因此很难提出一个完整的概念。但就一个国家或地区而言，也有相对稳定的标准。多数国家水稻育种工作中品种食味的评价是由十多人至二十余人组成品味小组，采用评分法，根据米饭的外观、香、味、粘、硬度及综合评价等项对品种和品系进行评定。一些研究者从研究粮食籽粒淀粉化学结构中，发现直链淀粉(amylose)及支链淀粉(amylopectin)

的含量和比例以及它们分子量大小与籽粒品质有关，直接影响米饭食味和出饭率。还有凝胶化温度 (gelatinization temperature)、胶稠度 (gel consistency) 及米粒延长性 (grain elongation) 也是评价食味烹调品质的指标。小麦一直为人们所重视，是我国最主要的粮食作物之一，需要量很大，在各类粮食中，唯有小麦和黑麦的面粉在润湿后揉合时才能形成有弹性并能粘合的面团。面团的粘性和弹性主要是由高分子的麦谷蛋白质所决定。麦谷蛋白分子中，氢键和疏水键能使面筋蛋白质聚合，在维持面团的强度和弹性方面起着重要作用。高粱品种中的蜡质高粱，淀粉几乎由 100% 支链组成，蜡质高粱籽粒较非蜡质型高粱加工简单，制成的食品柔软性保持时间长，在国外常用作快餐和其它食品。

粮油籽粒中某些物质，如植酸、单宁、芥酸、硫葡萄糖甙、棉酚及胰蛋白酶抑制素等，从营养学观点看是一类有害的化学成分。它们的存在，影响粮油籽粒品质，其含量多少也往往用来评价粮油籽粒品质。粮食籽粒中的磷常以植酸及植酸盐形式存在。植酸的存在，影响人体对钙、磷的吸收。高粱籽粒中的单宁，不仅有涩味，而且能与蛋白质形成溶解度很低的复合物，降低蛋白质利用率。油菜籽粒中芥酸在白鼠身上毒性明显，对人的毒性作用还没有证实。但为了预防高芥酸对人可能产生的毒性影响，降低芥酸含量是有必要的。同时芥酸是一种长链的脂肪酸，含有 22 个碳原子和 1 个双键，比普通脂肪酸长 4 个碳原子，在人体内消化吸收较慢，营养价值较低。硫葡萄糖甙本身无毒，经芥子酶水解后可生成有毒的异硫氰酸盐和噻唑烷硫酮，这类有毒物质直接影响菜籽饼综合利用。棉籽油中所含色

素是有6个羟基的化合物，具有毒性。大豆中含有一种胰蛋白酶抑制素，它能抑制胰蛋白酶对蛋白质的分解作用，使大豆蛋白质不能分解为人体可吸收的各种氨基酸，但大豆一经加热煮熟后，便可将其破坏，失去影响消化的作用。

二、主要粮油作物品质育种及籽粒分析技术

默茨等人(1964)发现玉米奥帕克-2(opaque-2)突变体(简写作o2)胚乳蛋白质中赖氨酸较普通玉米多一倍。这一发现是玉米遗传学方面的重要的进展之一。o2玉米必需氨基酸的平衡较好，使营养价值提高。这种潜力立即获得世界公认。近年来，人们企图在其它粮食作物上也能找到如玉米奥帕克-2基因，能显著提高赖氨酸含量的基因。日本、美国尤其是国际水稻研究所在筛选、培育、分析和鉴定高蛋白稻米品种和品系方面，曾进行了大量、广泛的研究工作，已初步筛选出一批蛋白质含量达到10—20%的高蛋白新品系，同时也鉴定推广个别蛋白质含量达10—11%的新品种。普尔杜大学研究组从1966年开始，通过常规杂交育种和使用化学诱变剂硫酸二乙酯，已选育出一批高粱籽粒突变体，使赖氨酸含量增加50%以上。

在粮食作物品质育种中，由于籽粒蛋白质含量是由多基因控制，容易受外界环境的影响，致使高蛋白品质育种进展相当缓慢。许多作物如水稻、小麦、玉米、大豆等的必需氨基酸常与蛋白质含量呈负相关，因此既提高蛋白质含量又提高赖氨酸等必需氨基酸含量就成为品质育种的重要课题。具体说来，当前粮食作物品质育种的主攻目标有两个方面，一是提高蛋白质含量，改善氨基酸组成。而赖氨酸又是稻米中第一限制性氨基