

KUQIAO

ZHIPIN ZHONG HUANGQUMEI DUSU DE
WURAN JI KONGZHI

苦荞制品中 黄曲霉毒素的 污染及控制



林 巧 巩发永 肖诗明 ● 编著



苦荞制品中黄曲霉毒素的 污染及控制

林 巧 巩发永 肖诗明 编著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

苦荞制品中黄曲霉毒素的污染及控制 / 林巧, 巩发永, 肖诗明编著. — 成都: 西南交通大学出版社, 2016.4

ISBN 978-7-5643-4647-8

I. ①苦… II. ①林… ②巩… ③肖… III. ①荞麦 - 稻米制食品 - 黄曲霉毒素 - 污染控制 - 研究 IV. ①TS201.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 079702 号

苦荞制品中黄曲霉毒素的污染及控制

林 巧 巩发永 肖诗明 编著

责 任 编 辑 穆 丰

封 面 设 计 何东琳设计工作室

出 版 发 行 西南交通大学出版社
(四川省成都市二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)
发 行 部 电 话 028-87600564 028-87600533
邮 政 编 码 610031
网 址 <http://www.xnjdcbs.com>

印 刷 四川森林印务有限责任公司
成 品 尺 寸 185 mm × 260 mm
印 张 12.75
字 数 317 千
版 次 2016 年 4 月第 1 版
印 次 2016 年 4 月第 1 次
书 号 ISBN 978-7-5643-4647-8
定 价 45.00 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

荞麦属蓼科荞麦属双子叶植物，是我国传统的粮食作物，也是国际粮农组织公认的优秀粮药兼用粮种。我国苦荞的种植面积和产量均位居世界第一，但对于苦荞产品的研发只在最近的十几年才开始缓缓起步，其发展前景十分广阔。食用苦荞有降血压、血糖、血脂，改善微循环等作用，在高脂肪、高热量的食品充斥着现代人的餐桌与购物篮的时候，有“三降”之称的苦荞食品异军突起，成为市场上最为热销的产品之一。然而，苦荞和人们所熟知的花生、玉米等农作物一样，容易遭受黄曲霉毒素的污染，因此，苦荞食品的生产与销售受到国家或地区设置黄曲霉毒素限量要求的技术壁垒，严重制约了苦荞食品贸易的发展。

黄曲霉毒素主要是由黄曲霉真菌、寄生曲霉菌等菌株产生的，是一种毒性很强的肝毒素，其毒性为氰化钾的 10 倍、砒霜的 68 倍，可引起肝脏的急性或慢性损害，也被证实有致癌、致畸、致突变的“三致”作用。此外，黄曲霉在花生、玉米、苦荞等农产品中广泛存在，从作物田间种植到食品的生产加工与销售，最后到消费者消费的整个过程都可能受到黄曲霉毒素的污染，因此，黄曲霉毒素被世界卫生组织（WHO）的癌症研究机构划定为 I 类致癌物。

目前，对黄曲霉毒素关注和研究的意义主要表现在：① 社会公众、媒体、政府对食品安全越来越关注；② 黄曲霉毒素对人类健康的影响及造成的危害很大；③ 国际贸易中作为技术壁垒的调节杠杆；④ 在国际反恐和战争中，防止其成为具有大规模杀伤力的生化武器，等等。

本书编者都是四川省教育厅重点实验室——苦荞麦综合利用实验室的成员，多年来一直从事苦荞食品的研究，深感有必要通过全面系统地总结在该领域的工作经验，编写一本较全面介绍苦荞中黄曲霉毒素污染和控制方面的书。本书从苦荞的生理特性、产品研发、黄曲霉毒素的污染现状及有关规定、相应的检测方法、生产控制与质量认证等方面对苦荞中黄曲霉毒素的污染相关情况进行了介绍，可供检验部门、政府实验室、食品企业品管部门、第三方实验室的技术人员参考，也可为与食品安全检验、苦荞食品生产加工相关的企业提供指导。

本书在编写过程中，参阅了许多国内外有关专家学者的论著，深入西昌航飞苦荞科技发展有限公司、正中食品有限公司等苦荞企业生产一线，与生产管理质检部门相结合，希望能从生产与检测技术上为苦荞产业的发展提供一定参考价值。

在编写过程中，编者尽可能采用了最新的资料，但由于编者学识水平有限，书中难免存在不当之处甚至错误，恳请专家、读者批评指正。

编 者

2015 年 4 月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 苦荞的特性	1
第二节 苦荞的研究进展	10
第三节 苦荞制品的开发状况及前景展望	15
第二章 产黄曲霉毒素真菌	30
第一节 黄曲霉毒素	30
第二节 产黄曲霉毒素真菌	31
第三节 黄曲霉毒素的生物合成机理	38
第三章 国内外黄曲霉毒素的限量标准	43
第一节 世界各国对食品中黄曲霉毒素总量的限量要求	43
第二节 我国食品中黄曲霉毒素的污染现状与限量标准	50
第四章 苦荞中黄曲霉毒素的污染及风险评估	56
第一节 食品中黄曲霉毒素的危害分析与风险评估	56
第二节 黄曲霉毒素的毒理机制与危害	59
第三节 苦荞中成分与黄曲霉毒素的关系	66
第四节 苦荞中黄曲霉毒素的暴露评估	72
第五节 苦荞食品中黄曲霉毒素的风险评估	75
第五章 苦荞制品黄曲霉毒素的检测	81
第一节 采样和制样	81
第二节 高效液相色谱法	83
第三节 酶联免疫吸附法	88
第四节 薄层色谱法	93
第五节 荧光光度法	97
第六节 实验室控制	100
第六章 苦荞制品中黄曲霉毒素的控制	115
第一节 苦荞种植期的控制	115
第二节 苦荞收获期的控制	116

第三节	苦荞采购期的控制	118
第四节	苦荞制品加工期的控制	120
第五节	苦荞制品储藏期的控制	122
第七章	苦荞制品质量品质认证	126
第一节	苦荞茶生产基本加工工艺与品质形成	126
第二节	HACCP 基本原理	127
第三节	HACCP 与其他质量控制体系的关系	128
第四节	苦荞茶生产良好操作规范	130
第五节	HACCP 应用于苦荞茶中黄曲霉毒素的控制	139
第八章	苦荞制品中黄曲霉毒素的去除	149
第一节	采用物理方法去除苦荞中的 AFB ₁	149
第二节	采用化学方法去除苦荞中的 AFB ₁	151
第三节	采用生物方法去除苦荞中的 AFB ₁	152
第四节	黄曲霉毒素去除实例	156
附 录		161
附录 A	食品中黄曲霉毒素 B ₁ 的测定	161
附录 B	食品中黄曲霉毒素 M ₁ 和 B ₁ 的测定	174
附录 C	免疫亲和层析净化高效液相色谱法和荧光光度法	180
附录 D	食品中黄曲霉毒素 B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ 的测定	188

第一章 绪 论

荞麦是古老的作物，养育了边鄙之人，长期被视为粗劣粮种，如今却被人们视为药食同源的粮食珍品，被誉为“五谷之王”。苦荞麦又名鞑靼荞麦（*fagopyrum tataricum*）、荞子、蛮荞子、土三七、格罗姆等，是国际粮农组织公认的优秀粮药兼用粮种，出产于高寒山区，绿色天然，纯净无污染。近年来，通过选用苦荞优良品种、优化耕作栽培、加强田间管理等措施，苦荞的产量和品质得到了显著提高，更兼具良好的营养价值和降三高、抗氧化等药用价值。由于现代食品加工技术的提高和加工设备的改进，苦荞产品的开发得到了快速的发展。本章将介绍传统苦荞食品和部分新型产品的加工工艺以及苦荞市场的发展趋势和前景展望。

第一节 苦荞的特性

一、苦荞的形态特征

荞麦属，属于植物界，被子植物门，双子叶植物纲，属蓼科。一般认为，荞麦属有 15 个种，中国有 10 个种及 1 个变种。荞麦主要有两个栽培种：甜荞和苦荞（见图 1-1），世界上其他国家种植的荞麦都为甜荞，唯有中国既种甜荞又种苦荞。此外，米荞在我国也有少量种植。甜荞类籽实为三棱，无腹沟，棱翅有或无；米荞与苦荞籽粒呈圆锥形，因有腹沟，同属苦荞类，其区别是：苦荞有翅或无翅，腹沟明显；而米荞无翅，腹沟退化，皮壳薄，果实（籽粒）会自然爆裂，易脱米（见图 1-2）。

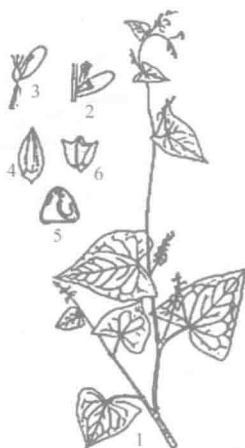


图 1-1 苦荞麦

1—枝条；2—一个聚伞花序簇；3—一朵花；4—瘦果；5—果的横切面；6—刺苦荞品种的瘦果

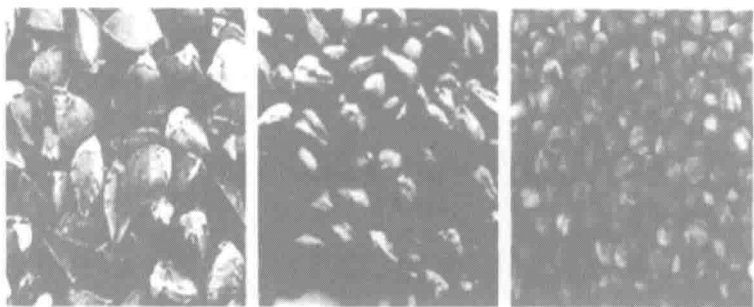


图 1-2 甜荞、苦荞、米荞籽粒

二、苦荞的栽培种植

(一) 苦荞的种植面积

中国苦荞的种植面积和产量居世界第一，荞麦在我国分布范围极其宽广，东南西北都有种植，主要作为产地人民的食粮或饲料。苦荞尤其适宜于高纬度、高海拔地区种植，垂直分布可达 4 400 m 以上的西藏康巴高原山区。据史书记载，华北、西北、东北地区以种植甜荞为主，而西南地区的云南、贵州、四川等省以种植苦荞为主。当今的情况是长江以北的华北、西北仍以种植甜荞为主，长江以南的中国西南部的红土高原高海拔山丘地区的云贵高原、青藏高原、秦巴山区南麓和渝鄂湘武陵山区种植的苦荞面积约为 80%，而黄土高原旱地区苦荞种植面积约为 20%。产量水平苦荞高于甜荞，种植面积甜荞高于苦荞，比例是 2：1 和 1：2。据各省、区、市农业技术推广站调查（不完全），2010 年苦荞种植面积为 223 800 hm²，其中云南省 80 000 hm²，四川省 52 000 hm²，贵州省 48 700 hm²，重庆市 3 130 hm²，陕西省 33 300 hm²，山西省 6 700 hm²，还有一些省区未在调查之列，相关数据如表 1-1 所示。

表 1-1 我国苦荞主产区种植面积与分布

省（市）	面积/hm ²	市（州）	县（区）
云南	80 000	昭通	昭阳、彝良、鲁甸、巧家、永善
		丽江	宁蒗、永胜、丽江
		曲靖	宜威、会泽、师宗、马龙、陆良、富源
四川	52 000	凉山	昭觉、喜德、美姑、甘洛、布拖、盐源、普格、越西、冕宁、金阳
贵州	48 700	毕节	威宁、赫章、毕节、大方、纳雍
陕西	33 300	安康、汉中	镇坪、平川、镇巴、宁强
山西	6 700	大同、朔州、临汾	广灵、左云、灵丘、右玉、平鲁、汾西
重庆	3 130	万州	开县、石柱

苦荞种植区多为地广人稀、土地贫瘠、气候冷凉、水资源缺乏、交通不便之地，是一片尚无污染或少污染的洁净之地。随着社会的发展和科学技术的不断进步，昔日藏于深山高处的苦荞的营养保健作用得到了大众肯定。

(二) 苦荞的种植方式

苦荞的种植方式主要是轮作。

轮作制度是农作制度的重要组成部分，轮作也称换茬，即同一地块上于一定年限内按一定顺序轮换种植不同作物，以调节土壤肥力，防除病虫害，实现作物高产。“倒茬如上粪”说明了荞麦轮作的意义。反之，连作会使土壤中某些营养元素缺乏，加剧土壤养分与苦荞生长供需矛盾，增加病虫害的蔓延与危害。同时，植株残体和根系分泌的生物质可能在土壤中积累，使自身中毒。苦荞的长期连作，会导致苦荞产量和品质下降，四川凉山便有“荞子连年种，变成山羊胡”的农谚。

近年来，作为食药同源的苦荞，因对人类健康价值有新的发现与肯定，人民需求量逐年增加，苦荞开始进入商品市场，在商品经济中发展起来的许多新型的苦荞生产企业都在苦荞适宜产区建立苦荞原料生产基地，在新垦荒地、复耕地，轮耕地种植苦荞。

北方干旱半干旱山区，即我国农业种植区划中的北部小杂粮区，无霜期短、一年一熟，主要作物为玉米、小麦、糜黍、谷子、荞麦、豌豆、燕麦、马铃薯、胡麻和油菜。主要轮作方式如表 1-2 所示。

表 1-2 我国北方干旱半干旱地区主要轮作方式

1 年	2 年	3 年	
马铃薯	春小麦	荞麦	内蒙古大青山地区
谷子	糜黍	荞麦	内蒙古翁牛特、库伦
玉米（大豆）	荞麦	豌豆	内蒙古通辽、山西广灵、灵丘
糜黍	荞麦	马铃薯	陕西定边、山西左云
胡麻（芸芥）	荞麦	黑豆	宁夏盐池、山西平鲁
燕麦	荞麦	豌豆	山西右玉、平鲁

南方无霜期长或无霜冻，一年两熟、两年三熟或一年三熟地区荞麦仅作为秋季或冬季填闲作物。主要轮作方式如表 1-3 所示。

表 1-3 南方苦荞种植主要轮作方式

玉米	荞麦、杂豆	荞麦	云南
小麦、大麦、油菜	中、旱稻	荞麦	江西
马铃薯	玉米	荞麦	四川
小麦	芝麻	荞麦	浙江金华，旱地
荞麦	早稻	大豆	云南
中稻	荞麦、马铃薯	荞麦	湖南湘西
水稻	荞麦	绿肥	湖南湘西
水稻	荞麦	油菜	

云南云贵高原，无霜期短，一年一熟，主要粮食作物为苦荞、燕麦、马铃薯等。主要轮作方式如表 1-4 所示。

表 1-4 南方云贵高原苦荞种植主要轮作方式

1 年	2 年	3 年	
苦荞	燕麦	马铃薯	云南宁蒗
苦荞	马铃薯	燕麦	贵州威宁
苦荞	休闲	苦荞	四川盐源
燕麦	苦荞	休闲	四川布拖

三、苦荞的营养价值

苦荞籽粒营养丰富，并含有一些其他粮食作物不含或少含的营养物质。苦荞籽粒中蛋白质含量为 10%~15%，大大超过谷物和麦类，而且易被人体消化吸收。苦荞中含 20 种氨基酸，其中包括人体所必需的 8 种氨基酸，且配比适当，特别是甲硫氨酸、谷氨酸、组氨酸、赖氨酸、精氨酸、天冬氨酸均较为丰富。脂肪含量为 2.1%~2.6%，淀粉含量为 65%~75%，纤维素含量 1.5%~2.1%。苦荞籽粒中还含有丰富的钙、磷、镁和微量元素铁、铜、硼、碘、镍、钴、硒等，其中，镁、钾、铜、铁等元素的含量是大米和小麦面粉的 2~3 倍。苦荞中的维生素含量更高，B 族维生素的维生素 B₁、维生素 B₂、维生素 B₆ 及维生素 P 族中的芦丁、烟酸等含量均十分丰富，同时还含有大量的叶绿素（见表 1-5）。

表 1-5 苦荞与其他主要粮食营养成分比较

项 目	苦荞粉	小麦粉	轴标-大米	黄色玉米粉	甜荞粉
水分 /%	13.15	12.00	13.0	13.40	13.00
粗蛋白 /%	10.50	9.90	7.80	8.40	6.50
粗脂肪 /%	2.15	1.80	1.30	4.30	1.37
淀粉 /%	73.11	71.60	76.60	70.20	76.59
粗纤维 /%	1.62	0.60	0.40	1.50	1.01
维生素 B ₁ /mg	0.18	0.46	0.11	0.31	0.08
维生素 B ₂ /mg	0.50	0.06	0.02	0.10	0.12
维生素 PP /mg	2.55	2.5	1.4	2.00	2.70
维生素 P /%	3.05	0	0	0	0.21
叶绿素 /mg	0.42	0	0	0	1.304
钾 /%	0.40	0.195	0.172	0.27	0.29
钠 /%	未检出	0.001 8	0.001 7	—	未检出
钙 /%	0.016	0.038	0.001 7	0.034	0.03
镁 /%	0.22	0.051	0.063	—	0.14

续表

项 目	苦荞粉	小麦粉	轴标-大米	黄色玉米粉	甜荞粉
铁 /%	0.008 6	0.004 2	0.002 4	—	0.014
铜 /ppm	5.585	4.00	2.20	—	4.00
锰 /ppm	11.695	25.50	23.40	—	10.30
锌 /ppm	18.50	22.80	17.20	—	17.0
硒 /ppm	0.43	—	—	—	—

(一) 苦荞中的碳水化合物

1. 淀 粉

苦荞淀粉主要存在于胚乳细胞中，含量为 63.6%~72.5%，淀粉呈多角形的单粒体，直径比一般作物淀粉粒小，与大米淀粉相似。同时，苦荞的直链淀粉含量高达 25%，所以制成食品较为疏松、可口。此外，苦荞淀粉还含有对淀粉转化为糖起关键作用的 α -淀粉酶和 β -淀粉酶的抑制物。因此，荞麦可以作为糖尿病患者理想的补充食物。

从营养学角度看，淀粉主要分为 3 类：

- (1) 快速消化淀粉 (RDS)；
- (2) 缓慢消化淀粉 (SDS)；
- (3) 抗性淀粉，指不被小肠吸收，能在大肠发酵的淀粉 (RS)。

缓慢消化淀粉和抗性淀粉能够平缓血糖反应，对糖尿病人有重要的营养价值。抗性淀粉在大肠内发酵，可阻止结肠癌发生，与可溶性非淀粉多糖的作用相类似。若长期摄取含大量抗性淀粉的食物，能够降低血浆总胆固醇和甘油三酯的含量，可以改善体内胆固醇水平。与小麦相比，荞麦中的抗性淀粉比例高，葡萄糖分子释放缓慢，可作为糖尿病人良好的补充食品。

苦荞中的抗性淀粉可以从以下几个方面对淀粉酶产生影响：

(1) 多酚类物质可以通过与淀粉酶结合，和与淀粉结合的蛋白质结合或直接与淀粉结合，从而影响淀粉可消化性。芦丁也是一种多酚类物质，因而对 α -淀粉酶活性有显著的抑制作用，但 100 ppm 和 200 ppm 的芦丁对 β -淀粉酶活性无抑制作用，说明多酚的作用可能因酶的种类不同而有所差异。

(2) 苦荞浸提液对 α -淀粉酶和 β -淀粉酶活性都有显著的抑制作用，对 α -淀粉酶的抑制，可能归因于黄酮或芦丁的作用，而对 β -淀粉酶的抑制作用，则可能是存在其他抑制物的原因。

Thompson 研究得出，多酚物质的不同对淀粉消化性的影响也有很大差异。苦荞浸提液对 β -淀粉酶活性的抑制是由于芦丁、黄酮还是其他抑制物，需进一步研究。

(3) 苦荞淀粉的消化性较低，而消化性低的淀粉被认为具有多种保健功能。苦荞中的成分物质对淀粉消化性的影响是苦荞淀粉低消化性的重要原因之一，而对影响淀粉消化性的成分、含量、抑制程度和作用机制等方面的研究有待更进一步深入。

2. 膳食纤维

苦荞中的食物纤维明显高于小麦和大米，苦荞中膳食纤维含量高达 1.6%，是普通米面的

8 倍。食物纤维具有整肠通便、消除体内毒素的良好功效，是人体消化系统的清道夫。食物纤维可以整合胆固醇，预防高胆固醇血症和动脉粥样硬化疾病。此外，食物纤维吸水性强，可使肠道保持一定的充盈度并促进肠道蠕动，减短粪便在肠道中的停留时间，降低直肠癌的发病率。食物纤维还具有强吸水膨胀及强吸附能力等特征，可用于高血压、糖尿病治疗。

(二) 苦荞中的蛋白质

苦荞蛋白是苦荞麦主要的生物活性成分之一，具有很高的生物价值，主要由清蛋白、谷蛋白、醇溶蛋白及球蛋白等构成，不同于谷类作物蛋白，这些蛋白质无面筋性且黏性差，与豆类植物蛋白相近。苦荞麦中蛋白质含量的高低，是评价其营养品质的重要指标。蛋白质含量愈高，各种氨基酸的组成含量愈多，营养价值就越高（见表 1-6）。苦荞麦蛋白含有 20 种氨基酸，其中包括人体所需的 8 种必需氨基酸及幼儿和成人所需的另两种必需氨基酸——精氨酸和组氨酸；苦荞蛋白中的氨基酸组成比例适宜，其赖氨酸含量与大豆蛋白相近，因而是较为理想的膳食蛋白。苦荞蛋白质不但营养价值高，而且还具有多项生理功能。用碱抽提和等电沉淀从苦荞籽粒中制备出苦荞蛋白复合物，再用含 20%苦荞蛋白复合物的饲料喂养小鼠，发现小鼠血液和脏器中超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和谷胱甘肽过氧化物酶活性均有不同程度的提高，脂质过氧化物丙二醛含量下降，这说明苦荞蛋白复合物对生物体有一定的营养及抗衰老作用。最近研究表明，荞麦蛋白质的降胆固醇效果比大豆蛋白质还显著，并且苦荞麦蛋白质还具有抑制脂肪蓄积、改善便秘、抑制大肠癌和肠结石的发生、抑制有害物质吸收等独特功效。

表 1-6 根据化学成分确定蛋白质的质量（以鸡蛋为 100%）

蛋白质	缬氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	苏氨酸	苯丙氨酸	赖氨酸	色氨酸	甲硫氨酸
鸡蛋	100	100	100	100	100	100	100	100
小麦粉	52	51	75	58	72	35	70	40
黄豆粉	72	83	87	81	86	100	90	40
玉米粉	45	71	147	81	78	45	40	60
苦荞	67	63	78	77	86	98	110	55

从表 1-6 可知，苦荞中人体必需的 8 种氨基酸含量与鸡蛋相比最接近，只是甲硫氨酸低于玉米粉，但也为鸡蛋的 55%。而小麦粉和黄豆粉的甲硫氨酸仅为鸡蛋的 40%。

(三) 苦荞中的脂肪

膳食脂肪具有重要的生理功能，其品种、数量与人类健康和疾病密切相关。1 g 脂肪可产生 9.3 kcal 热量，是营养素中产热量最高的一种。脂肪中的磷脂和胆固醇是人体细胞的主要成分，其中，脑细胞和神经细胞中需要量最多。细胞膜中含有的大量脂肪酸，是维持细胞正常结构和功能的重要成分。而脂溶性维生素 A、D、E、K 等需要溶解在脂肪中才有利于人体的吸收利用。因此，膳食脂肪是最重要的营养素之一，富含不饱和脂肪酸、植物甾醇等功能性营养素的植物脂肪更具有重要营养保健作用。

苦荞脂肪呈黄绿色，富含人体必需的脂肪酸，如表 1-7 所示。苦荞含 9 种脂肪酸，其中油酸和亚油酸含量最多，占总量的 80% 左右。其次是棕榈酸（14.5%）和亚麻酸（3.31%）等。另外，苦荞还含有硬脂酸、肉豆蔻酸和两个未知酸，并且 75% 以上为高度稳定、抗氧化的不饱和脂肪酸。食用苦荞使人体多价不饱和脂肪酸增加，能促进胆固醇和胆酸的排泄作用，从而降低血清中胆固醇的含量。

表 1-7 不同品种荞麦脂肪酸组成及含量 / %

	油酸	亚油酸	亚麻酸	棕榈酸	硬脂酸	肉豆蔻酸	花生酸	总脂肪酸
分子式	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:0}	C _{20:4}	
四川苦荞	40.34	36.61	1.89	13.90	2.39	0.15	1.11	2.95
山西苦荞	37.83	34.73	1.75	16.64	1.94	0.14	1.36	2.77

检测结果表明，苦荞粉的粗脂肪含量约 2.7%，明显高于小麦等大宗作物。有学者对荞麦粉中提取的植物脂肪进行了脂肪酸和不皂化物的成分测定，结果表明，苦荞脂肪中不饱和脂肪酸含量可达 83.2%，其中，油酸、亚油酸含量分别为 47.1%、36.1%。不皂化物占总脂肪含量的 6.56%，其中主要为 β -谷甾醇，含量达 57.3%。

目前普遍认为，亚油酸是人体必需脂肪酸（EFA），不仅是细胞膜的必要组成成分，也是合成前列腺素的基础物质，具有降血脂、抑制血栓形成、降低血液总胆固醇（TC）、低密度脂蛋白胆固醇（LDL-C）、抗动脉粥样硬化、预防心血管疾病等作用。而油酸在提高超氧化物歧化酶（SOD）活性、抗氧化等方面更胜一筹。 β -谷甾醇具有类似乙酰水杨酸的消炎、退热作用。食物中较多的植物甾醇可以阻碍胆固醇的吸收，起到降血脂的作用。

（四）苦荞中的维生素

维生素参与人体内物质代谢和能量转变、调节机体生理和生化的过程，如果缺乏，人类往往要产生特异的病症，如缺维生素 A 发生眼干燥症和夜盲症，缺乏维生素 C 发生坏血病等。维生素是维持生命的一类特殊物质，对人体作用巨大却需要量甚微。按其溶解性可分为脂溶性维生素与水溶性维生素两大类。如维生素 A、D、E、K 等是脂溶性维生素；如 B 族维生素、维生素 C 等是水溶性维生素。由于人体不能合成维生素，只能从食物中摄取，因此食物中的维生素种类和含量对人体健康显得十分重要。

苦荞中主要含有的维生素 B₁、维生素 B₂、维生素 PP、维生素 E 4 种维生素，与其他大宗粮食作物维生素含量比较如表 1-8 所示。

表 1-8 苦荞与其他大宗粮食作物维生素含量比较 / (mg/100 g)

维生素种类	苦荞	甜荞	小麦粉	粳米	黑米	黄玉米
维生素 B ₁ (硫胺素)	0.32	0.28	0.28	0.16	0.33	0.21
维生素 B ₂ (核黄素)	0.21	0.16	0.08	0.8	0.13	0.13
维生素 PP (尼克酸)	1.5	2.2	2	1.3	7.9	2.5
维生素 E (生育酚)	1.73	4	1.8	1.01	0.22	3.89

维生素 B₁ (硫胺素) 最重要的作用是作为辅酶参加糖类代谢, 使糖代谢过程能够顺利地进行, 其需要量一般根据糖类摄入量来决定, 供给每 1 000 kcal 热能时, 大约需维生素 B₁ 0.5 mg。另外, 维生素 B₁ 还有促进食欲与消化、维护神经系统正常功能等作用。

维生素 B₂ (核黄素) 为黄酶类辅基的组成部分, 在生物氧化的呼吸链中起传递氢作用, 对神经细胞、视网膜代谢、脑垂体促肾上腺皮质激素的释放起到促进作用。成人每天需要 15 ~ 20 mg。维生素 PP (尼克酸又名烟酸), 是辅酶 I 与辅酶 II 的组成成分, 为氧化反应时氢的供体与受体。维生素 B₂ 参与细胞内呼吸, 脂肪、蛋白质和 DNA 合成并在固醇类化合物的合成中起重要作用, 能降低体内胆固醇水平。

维生素 E (生育酚) 是一种酚类物质, 在自然界存在的维生素 E 中有 α -、 β -、 γ -、 δ - 四种生育酚, 但是 α -生育酚是维生素 E 中活性最大的物质。维生素 E 具有生物抗氧化 (和硒结合在一起)、促进生物活性物质和前列腺素合成的作用, 并涉及磷酸化反应、维生素 C、泛酸、维生素 B₁₂ 合成和 DNA 合成调节, 能提高动物的免疫力 (提高抗体形成量) 和解毒作用, 主要用于减小镉、砷、汞、银的毒性。

如表 1-8 所示, 苦荞富含多种维生素, 其中 B 族维生素含量明显高于大宗粮食作物, 是补充 B 族维生素的优质食物资源。

(五) 苦荞中的酚类及生物黄酮

1. 黄酮类化合物

苦荞黄酮是存在于苦荞的花、茎、叶和籽粒中的一种多酚类天然产物, 主要包括芦丁 (rutin)、槲皮素 (quercetin)、山柰酚 (kaempferol)、桑色素 (morin) 等天然化合物。其中, 芦丁 (见图 1-3) 又称芸香苷、维生素 P, 是槲皮素的 3-O-芸香糖苷, 占苦荞黄酮总量的 75% 以上。

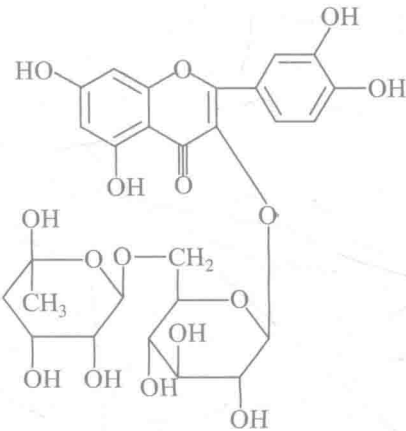


图 1-3 芦丁结构式

黄酮类化合物被称为是 20 世纪发现的最后一种营养素, 它是苦荞中重要的生物活性成分, 赋予苦荞众多的生理功能。其中, 苦荞黄酮已获得美国国家食品与药物管理局 (FDA) 认证。据研究, 苦荞黄酮类化合物主要有以下几种生理功能:

(1) 预防、治疗心血管疾病。苦荞黄酮的主要成分——芦丁 (见图 1-3), 具有维持血管

张力,降低其通透性,减少脆性,维持微血管循环的作用。苦荞黄酮对冠心病、心脑血管病和周围血管病均具有良好的治疗作用。芦丁可以抑制血管紧张素转换酶的活性,从而对高血压症的控制与治疗具有积极作用。目前,芦丁已经成为大多数降血压药不可缺少的主要成分。

(2) 降血脂作用。最近的体外试验证明芦丁能使胰脂肪酶的活性增加 74.28%,能使得粥样动脉硬化受阻,并能加强维生素 C 在体内的作用,进而改善脂代谢,这可能是苦荞黄酮降血脂作用的主要机制。另外,芦丁对脂肪浸润的肝有祛脂作用,且与谷胱甘肽合用祛脂效果更明显。

以芦丁和槲皮素为主要成分的药品,可以使受试大鼠总血液胆固醇水平下降 21%~30%。因此,芦丁和槲皮素可以用于预防和治疗高脂血症、动脉硬化、心绞痛、中风和肝病。

(3) 增强免疫力。苦荞黄酮能提高小鼠碳廓清能力和网状内皮系统吞噬功能,对小鼠的非特异性免疫功能有明显的改善作用。

(4) 抗氧化作用。血红细胞不仅在体内每天都有一部分发生自身氧化解体,而且在体外培育过程中同样可产生氧化溶血反应,在其氧化过程中产生了大量的氧自由基。除加速血红蛋白的氧化外,还可使膜脂质发生过氧化反应加速溶血。丙二醛(MDA)是这种脂质过氧化反应的终产物,因此 MDA 是判断脂质过氧化反应强弱的一个很好的指标。研究表明芦丁可显著抑制红细胞(RBC)自氧化,并可减少 RBC 自氧化过程中脂质过氧化物——MDA 的含量。这说明芦丁对 RBC 的自氧化溶血损伤有一定的保护作用,并可能与抑制脂质过氧化反应有关。

(5) 其他作用。苦荞黄酮还有抑菌杀菌、防止脑细胞老化,用作抗癌药剂等作用。苦荞黄酮的主要成分芦丁可以用于抗炎、保护胃黏膜、修复脑损伤、抗抑郁。另外,已经证实,芦丁能影响胰岛 B 细胞的功能,促进胰岛素分泌,提高胰岛素受体的亲和力。对醛糖还原酶具有抑制作用,此作用有利于糖尿病型白内障的治疗。

2. 酚类化合物

苦荞中具有抑制自由基和抗氧化功效的活性成分,还有酚酸、原花青素等酚类化合物。徐宝才等对苦荞籽粒不同部位样品进行的分析测定发现,苦荞麦中主要包括原儿茶酸等 9 种酚酸和原花青素。苦荞中的酚酸种类主要是苯甲酸类——原儿茶酸和对羟基苯甲酸,酚酸总量达到 94.6~1 745.33 mg/kg。苦荞中的原花青素含量为 0.03%~5.03%。有研究表明,苦荞麸皮中酚类成分含量最高。

苦荞多酚的生理功能:

- (1) 具有抗炎症、抗变态反应、抗病毒和抗癌特性。
- (2) 具有吞噬自由基的能力,是抗氧化物的重要来源。
- (3) 可减少脂类氧化并形成抗心脏病的保护。
- (4) 可以抑制白血病细胞的生长。

值得注意的是荞麦多酚与其他物质的协同作用往往会产生更好的效果。用含胆固醇的高脂饲料喂杂交雄兔,辅以荞麦多酚,结果表明血中丙二醛和 p-脂蛋白、胆固醇和甘油三酯降低;肝中抗坏血酸自由基和血中苯乙酸睾丸素增加。其作用效果均明显高于单一化合物——芦丁。日本最新研制的 PMP (Polypkenolic Mixture of Plant) 是普通荞麦中精制的多酚与环状糊精、食物纤维等混合压片制成的药舱,多酚含量 15%~18%。该 PMP 具有显著的生理活性:降低脑 LPO 值、促进 SOD 活性、提高小鼠智力、促进脑蛋白激酶(PKC)活性、预防和治

疗小鼠 STZ 诱发的糖尿病、预防和治疗小鼠高胆 B 醇血症、活化巨噬细胞、促进一氧化氮(NO) 的产生。

(六) 苦荞中的矿物质

矿物质是无机营养物质，在人体内各种元素中，除碳、氢、氧和氮主要以有机化合物形式存在外，其他各种元素统称矿物质。矿物质是人体组织和细胞的组成部分，如钙、磷和镁是骨骼和牙齿的重要组成成分，磷和硫是体蛋白的重要组成成分。矿物质在物质代谢、调节组织细胞渗透压、保持机体的酸碱平衡等许多方面都起着重要作用。

苦荞富含许多重要矿物营养元素，特别是硒、钙、镁、钾、铁等元素含量，具有明显的高位水平。苦荞与其他作物矿物营养元素含量比较如表 1-9 所示。

表 1-9 苦荞与其他作物矿物质元素含量比较 / (mg/100 g)

矿物元素	苦荞	甜荞	小麦粉	粳米	黑米	黄玉米
钙	39	47	14	11	12	14
磷	244	297	218	121	356	218
钾	320	410	300	97	256	300
钠	2.3	4.7	3.3	2.4	7.1	3.3
镁	94	258	96	34	147	96
铁	4.4	6.2	2.4	1.1	1.6	2.4
锌	2.02	3.62	1.7	1.45	3.08	1.70
硒	5.57	2.45	3.52	2.50	3.20	3.52

已知苦荞是人体必需矿物质营养元素镁、钾、铁、锌、铜、硒等的重要来源。镁、钾、铁的高含量代表着苦荞粉的高营养保健功能，镁元素参与人体细胞能量转换，调节心肌活动，促进纤维蛋白溶解，抑制凝血酶生成，降低血清胆固醇，预防动脉硬化、高血压、心脏病。钾元素是维持体内水分平衡、酸碱平衡和渗透压的重要阳离子。苦荞的铁元素十分充足，为其他主粮的 2~5 倍，能充分保证人体制造血红素对铁元素的需求，防止缺铁性贫血的发生。锌与味觉障碍的关系令人注目。苦荞粉中还含有硒元素，有抗氧化和调节免疫的功能，在人体内可与金属相结合形成一种不稳定的“金属-硒-蛋白质”复合物，有助于排除体内的有毒物质。硒还有类似维生素 C 和维生素 E 的功能，不仅对防治克山病、大骨节病、不育症和早衰有显著效果，还有抗癌作用。苦荞中铬的含量也较丰富，铬是构成葡萄糖耐量因子（GIF）的重要活性物质。GIF 可以增强胰岛素功能，对改善葡萄糖耐量及降低血糖极为重要。

第二节 苦荞的研究进展

一、苦荞的药用价值

苦荞是营养丰富的粮食作物，也是很好的药用作物。苦荞作为一种传统中药，在我国很

多医书上都有记载,且朝鲜、韩国、日本、尼泊尔、印度、俄罗斯及欧洲许多国家的人民都用苦荞来治病。《本草纲目》中记载:“苦荞麦味苦性品寒、有益气、续精神、利耳目、降气宽肠、磨积滞、消热中风、脾积泄泻的作用。”《齐名要术》记有“头风畏冷者,饱食而三日即愈,神效。其秸作荐,可辟臭虫蜈蚣,烧烟熏之亦效。其壳与黑豆皮、菊花装枕,明目”《植物名实图考》称荞麦“性能消积,俗呼净肠草”。苦荞具有降血压、降血糖、降血脂,改善微循环等作用,因此又称“三降”食品。

(一) 降血糖

哈尔滨医科大学公共卫生学院一项调查表明,主食荞麦地区的人群,其血糖水平和糖尿病患病率明显低于不食用荞麦地区的人群。其中,主食荞麦的居民高血糖水平(即高于正常值的血糖水平)的检出率为1.6%;而非主食荞麦的人群,高血糖的检出率为7.33%,后者高于前者近4倍。主食荞麦和不食用荞麦地区的糖尿病患病率也相差约1倍,前者为1.88%,后者为3.84%。这一结论提示,荞麦作为有效降低糖尿病发生的杂粮作物,应该更多地出现在老百姓的餐桌上。

(二) 降血脂

动物实验表明,用苦荞麦蛋白复合物饲料喂小鼠后,小鼠血液中的红细胞SOD(超氧化物歧化酶,具有对抗自由基的作用)活性提高了15.1%,CAT(过氧化氢酶,催化过氧化氢分解成氧和水)活性提高了13.4%,全血GSH-PX(谷胱甘肽过氧化物酶,具有抗氧化作用)阻止自由基生成的活性提高了23.2%,肝脏中的SOD, CAT和GSH-Px的活性都提高了19.2%。

(三) 降血压

苦荞麦有稳定血压的作用,对中轻度的血压偏高治疗作用明显。这是因为苦荞麦中含有一般食品中不含有的黄酮类化合物——芦丁。芦丁可以清洗血液,软化血管,改善微循环,同时还有很好的抗酸化作用,使高血压患者的毛细血管的脆性得到恢复,达到降血压的功效。

(四) 对心血管系统的作用

1. 对心肌的作用

苦荞麦中富含的生物类黄酮主要成分是芦丁,又名VP,其主要功效是软化血管、改善微循环、清热解毒、活血化瘀、拔毒生肌、益气提神,有降血糖和尿糖的作用。荷兰米切尔·赫托格杜博士对805名老年男性膳食中牛物类黄酮的含量进行了测定,结果发现,每天摄入生物类黄酮的量不小于30mg的组,比每天摄入生物类黄酮量不大于19mg的组,死于冠心病的危险率降低了50%。

2. 对血管的作用

苦荞生物类黄酮具有多方面的生理功能,其中的槲皮素和桑色素等具有改善机体血管平滑肌的收缩和舒张功能;芦丁具有扩张血管,维持毛细血管的抵抗力,降低其通透性及脆性,促进细胞增生和防止血细胞的凝集,以及降血脂、扩张冠状动脉、增强冠状动脉血流量等作