

# Research and Analysis on the Mechanism of Health Functions of Active Components in Oats

Dongliang Liu

Baicheng Academy of Agricultural Sciences, Baicheng, Jilin, 137000, China

## Abstract

Oats, a globally cultivated food crop and premium grain, have gained increasing popularity due to their rich nutritional content and diverse health benefits.  $\beta$ -glucan, a key dietary fiber component in oats, serves as the primary bioactive compound that has been proven to lower blood cholesterol and prevent diabetes. Oats also contain various bioactive compounds such as phenolic acids, tocopherol, sterols, oat saponins, and alkaloids. Research has confirmed oats' health benefits including immune regulation and improved gut microbiota. While numerous studies have explored oats' nutritional components and disease-related effects, both industry stakeholders and consumers are gaining deeper insights into their clinical applications and development potential through foundational research. This paper reviews the nutritional profiles and health functions of oats, providing theoretical foundations and development directions for their future advancement.

## Keywords

oats; nutritional components;  $\beta$ -glucan; bioactive compounds; health benefits

# 燕麦活性成分保健功能机制研究分析

刘栋梁

白城市农业科学院，中国·吉林 白城 137000

## 摘要

燕麦是一种在全球范围内种植的粮食作物和优质谷物。因为富含丰富的营养成分以及多种保健功效，燕麦越来越受到大众的喜爱。 $\beta$ -葡聚糖是燕麦谷物中膳食纤维的重要组成部分。它是燕麦中的主要活性化合物，已被证实能够降低血液中的胆固醇和预防糖尿病。燕麦中还含有其他很多种生物活性化合物，如酚酸、生育酚、甾醇、燕麦皂苷和燕麦生物碱。燕麦已被研究证实对人类健康有益，尽管关于燕麦营养成分和其对疾病影响的研究已有很多论文发表，相关产业和消费者通过研究结果中的临床效果、范围等基础理论方面对燕麦有更深入的了解并掌握发展方向。本文综述了燕麦包含的营养物质及保健功能，为燕麦未来发展提供理论基础和开发方向。

## 关键词

燕麦；营养成分  $\beta$ -葡聚糖 生物活性化合物 保健功能

## 1 引言

研究发现，燕麦能够在心血管疾病、糖尿病、肥胖症、癌症、免疫调节、抗氧化、改善肠道微生物群、抗炎、动脉粥硬化、抗菌和美容护肤方面均发挥积极作用。近年来，虽然燕麦及其制品逐渐被开发，但相关行业发展还不成熟。本文综述了燕麦的主要营养物质及相关的保健功能，为开发和应用燕麦提供发展方向和理论基础。

## 2 燕麦的主要营养物质

燕麦，作为餐桌上常见的谷物，包含很多的营养成分，如  $\beta$ -葡聚糖、蛋白质、多种酚类化合物、脂质和植酸等。 $\beta$ -

葡聚糖是燕麦可溶性纤维的重要组成，由 D- 葡萄糖单糖通过混合的  $\beta$  (1 → 3) 和  $\beta$  (1 → 4) 键连接而成的黏性多糖。其含量在 1.8% 到 7% 之间，受品种、生长地点、储存和加工条件的影响较大。 $\beta$ - 葡聚糖功能性较多，可以降低胆固醇，预防糖尿病等。燕麦蛋白主要存在于胚中，含量约占 30%，具有较高的营养价值。其中含有的 18 中氨基酸在谷物蛋白质中含量是最平衡的。燕麦中的酚类化合物由芳香环和一个或多个羟基组成，包括燕麦生物碱、对羟基苯甲酸、香草酸、三萜、阿魏酸等。这些酚类化合物可以用于抵御各种病原体。其摄入能够预防癌症、中风和冠心病等。燕麦中，脂肪含量较高，约为 3%-10%。其提取物所含的亚油酸能降低胆固醇含量，可预防动脉粥样硬化。燕麦中的植酸主要存在于燕麦麸皮和胚芽中，可以抑制脂肪氧化并能调节血糖<sup>1</sup>。

**【作者简介】**刘栋梁（1993-），男，满族，中国辽宁丹东人，硕士，初级，从事杂粮品质分析检测研究。

### 3 燕麦的保健功能

#### 3.1 预防和治疗心血管疾病

健康的饮食方法可以有效预防心血管疾病。据了解血清胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇水平高会导致心血管疾病的患病风险增加。食用燕麦已被证实可以通过降低这两个指标来降低罹患心血管病症风险。Anderson 等人发现轻度高胆固醇患者中，富含  $\beta$ -葡聚糖的燕麦及其制品通过调节胰岛素代谢改善血脂水平<sup>2</sup>。Shinnick 等人也通过胆固醇喂养的大鼠对膳食中燕麦麸成分的剂量反应实验发现：燕麦中的  $\beta$ -葡聚糖摄入量越高，血清中的胆固醇含量降低幅度越大<sup>3</sup>。然而，在一项研究中发现，健康年轻男性每天摄入 9g  $\beta$ -葡聚糖的燕麦胶速溶粉，持续 14 天。受试者血液中血清总胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇和甘油三酯浓度没有显著降低。故燕麦中  $\beta$ -葡聚糖降低胆固醇并非单以含量衡量，还应考虑  $\beta$ -葡聚糖溶解度和黏度<sup>4</sup>。

研究发现燕麦中  $\beta$ -葡聚糖的降胆固醇机制主要是通过在小肠形成一层黏性物质来实现，该黏性物质抑制胆固醇的吸收，并通过阻止胆汁酸的再吸收来增加其排泄。胆汁酸再吸收的抑制会刺激利用可得胆固醇合成胆汁酸，这反过来又降低了循环中的低密度脂蛋白胆固醇。

除了  $\beta$ -葡聚糖，燕麦中的蛋白质和脂质也能降低胆固醇水平。Gudbrandsen 等人发现燕麦中的赖氨酸 / 精氨酸和蛋氨酸 / 甘氨酸比例较低，这可以增加粪便中类固醇的排泄，从而使肝脏将胆固醇转化为胆汁酸以及低密度脂蛋白受体表达的增加<sup>5</sup>。此外，燕麦是膳食脂肪的重要来源。比如大鼠食用燕麦油可促进粪便脂质和胆汁酸的排泄。

#### 3.2 预防糖尿病

研究表明，燕麦中的  $\beta$ -葡聚糖具有降低餐后血糖水平的潜力。Battilana 等人发现  $\beta$ -葡聚糖通过延缓淀粉的消化来影响血糖反应。 $\beta$ -葡聚糖可以改变食品的微观结构，降低淀粉糊化程度，从而减缓淀粉的消化速度<sup>6</sup>。 $\beta$ -葡聚糖是一种高分子量的多糖，即使在低浓度下也具有高黏度。食用这种可溶性纤维会增加胃内食团的黏度，从而减缓消化道的运转速度。黏度的增加会降低葡萄糖的吸收和扩散，有助于降低餐后高血糖和胰岛素分泌。

另外，燕麦中  $\beta$ -葡聚糖的功效还取决于烹饪时间、食用量、食用持续时间、加工技术以及食品的形式。比如大粒燕麦的血糖生成指数 (GI) 值较低，麦片的 GI 值中等，速煮燕麦、即食燕麦和燕麦奶的 GI 值较高。

#### 3.3 助力治疗肥胖症

膳食纤维和全谷物的摄入有助于减轻体重，成为应对当前肥胖趋势的有效措施。食用富含高  $\beta$ -葡聚糖的燕麦制品更容易让人产生饱腹感和胃部膨胀感，从而减少饥饿感。Chang 等人发现  $\beta$ -葡聚糖具有黏性和吸水性，它会延缓胃的排空，从而抑制人对食物的摄入，以达到降低体重、体脂、体重指数 (BMI) 的目标<sup>7</sup>。同时，研究表明  $\beta$ -葡聚糖还

可以激活肠道发信号给下丘脑，增加饱腹感信号。

#### 3.4 预防和治疗癌症

癌症是威胁我国人民健康的主要安全问题。国家癌症中心发布 2022 年我国新增 482.47 万病例和 257.42 万癌症死亡病例，防控形势不容乐观。研究表明，燕麦中的活性化合物与癌症发病率降低之间存在正相关关系。Shen 等人发现可溶性和不可溶性燕麦  $\beta$ -葡聚糖均具有降低粪便胆汁酸水平、提高肠道内容物中短链脂肪酸水平以及促进小鼠癌旁细胞凋亡的作用，从而预防二甲基肼诱导的结肠损伤和癌症风险<sup>8</sup>。Guo 等人发现燕麦中生物碱富集提取物对结肠癌细胞增殖有抑制作用<sup>9</sup>，这表明食用燕麦和燕麦麸能够降低结肠癌的风险。

#### 3.5 加强免疫调节

免疫系统是人身体健康的重要屏障，一旦其功能异常，将增加患各种疾病的风险，如肿瘤和类风湿性关节炎等。燕麦中  $\beta$ -葡聚糖在体内和体外均具有免疫调节作用。研究表明，食用燕麦  $\beta$ -葡聚糖的回肠造口术患者的粪便水在刺激后能增强小肠和结肠细胞系的免疫功能，这与白细胞的作用一致<sup>10</sup>。Davis 等人也发现燕麦中  $\beta$ -葡聚糖能够刺激小鼠腹腔的巨噬细胞产生白细胞介素，并刺激其产生肿瘤坏死因子，这些因子可诱导适应性免疫调节作用<sup>11</sup>。

#### 3.6 抗氧化活性作用

氧化是一种化学反应，会产生自由基。这些自由基会损害生物体的细胞。抗氧化剂是能够清除这些自由基的化合物，从而减轻氧化应激。燕麦富含维生素 E、植酸、酚类化合物、黄酮类化合物等抗氧化剂。

Wilczak 等人发现燕麦中  $\beta$ -葡聚糖可以改变大鼠粪便中乳酸菌的水平和短链脂肪酸的分布，降低病原微生物及其代谢产物毒性影响的直接风险，并改善结肠组织的抗氧化潜力和氧化应激<sup>12</sup>。燕麦醋也被发现具有较强的抗氧化活性，表现出更强的自由基清除活性和抑制脂质过氧化能力。

此外，燕麦酰胺，燕麦所独有的最丰富的酚类生物碱，也具有看氧化活性。Yang 等人对燕麦生物碱 2c、2f 和 2p 的自由基清除能力进行评估，发现燕麦酰胺 2c 自由基具有最高的总抗氧化能力，这主要是因为其两个羟基和  $\alpha$ ， $\beta$ -不饱和羧基部分<sup>13</sup>。在体外实验中也发现燕麦酰胺的抗氧化活性，其能抑制  $\beta$ -胡萝卜素的褪色和自由基 2,2-二苯基-1-苦肼基 (DPPH) 的反应。

#### 3.7 改善肠道微生物群

肠道微生物群正常组成对维持胃肠健康至关重要。Shen 等人研究发现燕麦中  $\beta$ -葡聚糖会产生短链脂肪酸。产生的短链脂肪酸可以被重新吸收进行血液循环，从而影响代谢调节，也能被肠道微生物利用，抑制肠道中的有害酶，这些结果均对改善肠道功能和维持肠道健康有关<sup>14</sup>。同时，有研究发现，燕麦制品引起的肠道微生物群变化有助于减轻大鼠的肥胖症及其他肥胖相关的代谢紊乱。此外，燕麦麸也

被发现能促进猪后肠纤维分解菌的生长。

此外，燕麦中存在功能性的膳食纤维——抗性淀粉对肠道健康有益。一项体外研究表明，不同大小的燕麦片对肠道菌群具有不同的调节能力。在该研究中，厚燕麦片显示出比薄燕麦片更强的双歧杆菌增殖效果和更高的丁酸盐生成量，这归因于厚燕麦片中较高的抗性淀粉含量。燕麦中的生物碱也可以调节肠道微生物群，抑制有害微生物的生长。

### 3.8 抗炎作用

燕麦的抗炎特性已在很多研究中被证实。Suchcka 等人对燕麦  $\beta$ -葡聚糖水提取物进行了研究，发现燕麦中高分子量和低分子量的  $\beta$ -葡聚糖在慢性脂多糖诱导性肠炎中均表现出抗炎作用<sup>15</sup>。同时，燕麦  $\beta$ -葡聚糖还可通过抑制促炎因子的表达而对结肠炎发挥抗炎作用。

此外，燕麦蛋白能够通过减少白细胞介素-6浓度，对下坡路所致运动型肌肉损伤、后续炎症以及运动表现下降起到保护作用。燕麦中的生物碱在研究中发现能显著降低了中性粒细胞呼吸爆发、NF  $\kappa$  B 活化、血浆 IL-6 浓度、红细胞谷胱甘肽过氧化物酶活性，并提高了谷胱甘肽水平，从而降低全身性验证反应，减轻高强度运动引发的炎症。

### 3.9 预防动脉粥样硬化

燕麦对预防动脉粥样硬化有积极的作用。据了解血管平滑肌细胞的增殖以及一氧化氮生成受损均为动脉粥样硬化发生和发展中的主要病理生理过程。Nie 等人研究发现人工合成的燕麦蒽酰胺-2c（燕麦主要蒽酰胺之一）能有效抑制有丝分裂原刺激的平滑肌细胞增殖，并且能够在体外细胞培养系统中增加平滑肌细胞和人主动脉内皮细胞的一氧化氮生成来预防动脉粥样硬化<sup>16</sup>。燕麦纤维也被发现可以激活固醇调节元件结合蛋白/肝 X 受体  $\alpha$  (SREBPs/LXR  $\alpha$ ) 通路并改善脂质代谢，具有抗动脉粥样硬化潜力。

### 3.10 抗菌作用

研究表明，免疫抑制的小鼠感染卵囊型艾美耳球虫后，粪便中卵囊的排出量减少，无死亡病例，且血清中的免疫球蛋白含量更高，这表明燕麦麸皮糖蛋白通过增强对卵囊型艾美耳球虫感染的抵抗力而具有抗菌活性。燕麦根部皂苷化合物也被发现具有抗真菌特性，并能抑制多种在土壤中传播的病原体<sup>17</sup>。

### 3.11 美容护肤作用

燕麦中很多营养成分在美容护肤方面有着广泛应用。Pillai 等人在人体腹部皮肤上进行的渗透研究中发现，当使用 0.5% 的  $\beta$ -葡聚糖溶液，剂量为每平方厘米 5 毫克，尽管  $\beta$ -葡聚糖分子量较大，其仍能深入渗透到皮肤的表皮和真皮层，显著减少皱纹的深度、高度和整体的粗糙度。燕麦胶体被发现可以用于治疗由表皮生长因子和小分子酪氨酸激酶抑制剂引发的皮疹<sup>18</sup>。

此外，燕麦能够治疗各种皮肤疾病，经研究主要归功于燕麦生物碱。其能够抑制核因子  $\kappa$  B 的活性以及促炎细

胞因子和组胺的释放，这些是炎症性皮肤病的治病因素。

## 4 小结

除了药物治疗，通过调整饮食也能够有效预防和治疗多种疾病。燕麦已被视为最有前景的功能性食品，在保健领域应用很广。很多研究表明，燕麦  $\beta$ -葡聚糖对于心血管疾病，皮肤病，炎症和糖尿病等疾病均有益处。另外，燕麦中  $\beta$ -葡聚糖在肥胖、癌症、免疫调节和肠道健康方面也起到积极作用，然而相关作用机制还需进一步探索。除了  $\beta$ -葡聚糖，燕麦中的其他营养物质，如生物碱，甾体皂苷等对人身体健康也有好处，比如抗氧化性等，这些化合物的其他保健功能研究及相关机理研究比较少。此外，在研究燕麦保健功能还应该考虑燕麦品种、加工方法、储存方式也会导致营养物质活性的差异从而更加科学的开发和利用燕麦。

## 参考文献

- 李明静,罗蕊,户学妹,等.燕麦的营养成分及药理作用研究进展[J].特种经济动植物,2023,26(07):136-141.
- Anderson J W, Spencer D B, Hamilton C C, et al. Oat-bran cereal lowers serum total and LDL cholesterol in hypercholesterolemic men[J]. The American journal of clinical nutrition, 1990, 52(3): 495-499.
- Shinnick F L, Ink S L, Marlett J A. Dose response to a dietary oat bran fraction in cholesterol-fed rats[J]. The Journal of nutrition, 1990, 120(6): 561-568.
- Beer M U, Arrigoni E, Amado R. Effects of oat gum on blood cholesterol levels in healthy young men[J]. European journal of clinical nutrition, 1995, 49(7): 517-522.
- Gudbrandsen, O.A.; Wergedahl, H.; Liaset, B.; Espe, M.; Berge, R.K. Dietary proteins with high isoflavone content or low methionine-glycine and lysine-arginine ratios are hypocholesterolaemic and lower the plasma homocysteine level in male Zucker fa/fa rats. Br. J. Nutr. 2005, 94, 321–330.
- Battilana P, Ornstein K, Minehira K, et al. Mechanisms of action of  $\beta$ -glucan in postprandial glucose metabolism in healthy men[J]. European journal of clinical nutrition, 2001, 55(5): 327-333.
- Chang, H.-C.; Huang, C.-N.; Yeh, D.-M.; Wang, S.-J.; Peng, C.-H.; Wang, C.-J. Oat Prevents Obesity and Abdominal Fat Distribution, and Improves Liver Function in Humans. Plant. Foods Hum. Nutr. 2013, 68, 18–23.
- Shen, R.-L.; Wang, Z.; Dong, J.-L.; Xiang, Q.-S.; Liu, Y.-Q. Effects of oat soluble and insoluble  $\beta$ -glucan on 1,2-dimethylhydrazine-induced early colon carcinogenesis in mice. Food Agric. Immunol. 2016, 27, 657–666.
- Guo, W.; Nie, L.; Wu, D.; Wise, M.L.; Collins, F.W.; Meydani, S.N.; Meydani, M. Avenanthramides Inhibit Proliferation of Human Colon Cancer Cell Lines In Vitro. Nutr. Cancer 2010, 62, 1007–1016.

10. Ramakers, J.D.; Volman, J.J.; Biörklund, M.; Önning, G.; Mensink, R.P.; Plat, J. Fecal water from ileostomie patients consuming oat  $\beta$ -glucan enhances immune responses in enterocytes. *Mol. Nutr. Food Res.* 2007, 51, 211–220.
11. Davis, J.M.; Murphy, E.A.; Brown, A.S.; Carmichael, M.D.; Ghaffar, A.; Mayer, E.P. Effects of moderate exercise and oat  $\beta$ -glucan on innate immune function and susceptibility to respiratory infection. *Am. J. Physiol. Integr. Comp. Physiol.* 2004, 286, R366–R372.
12. Wilczak, J.; Błaszczyk, K.; Kamola, D.; Gajewska, M.; Harasym, J.P.; Jałosińska, M.; Gudej, S.; Suchecka, D.; Oczkowski, M.; Gromadzka-Ostrowska, J. The effect of low or high molecular weight oat beta-glucans on the inflammatory and oxidative stress status in the colon of rats with LPS-induced enteritis. *Food Funct.* 2014, 6, 590–603.
13. Yang, J.; Ou, B.; Wise, M.L.; Chu, Y. In vitro total antioxidant capacity and anti-inflammatory activity of three common oat-derivedavenanthramides. *Food Chem.* 2014, 160, 338–345.
14. Shen, R.-L.; Dang, X.-Y.; Dong, J.-L.; Hu, X.-Z. Effects of Oat  $\beta$ -Glucan and Barley  $\beta$ -Glucan on Fecal Characteristics, Intestinal Microflora, and Intestinal Bacterial Metabolites in Rats. *J. Agric. Food Chem.* 2012, 60, 11301–11308.
15. Suchecka, D.; Harasym, J.; Wilczak, J.; Gajewska, M.; Oczkowski, M.; Gudej, S.; Błaszczyk, K.; Kamola, D.; Filip, R.; Gromadzka-Ostrowska, J. Antioxidative and anti-inflammatory effects of high beta-glucan concentration purified aqueous extract from oat in experimental model of LPS-induced chronic enteritis. *J. Funct. Foods* 2015, 14, 244–254.
16. Nie, L.; Wise, M.L.; Peterson, D.M.; Meydani, M. Avenanthramide, a polyphenol from oats, inhibits vascular smooth muscle cell proliferation and enhances nitric oxide production. *Atherosclerosis* 2006, 186, 260–266.
17. Maizel, J.V.; Burkhardt, H.J.; Mitchell, H.K. Avenacin, an Antimicrobial Substance Isolated from *Avena sativa*. I. Isolation and Antimicrobial Activity. *Biochemistry* 1964, 3, 424–426.
18. 陈丽, 丁瑞敏, 林梦感. 燕麦在美容护肤方面的研究进展[J]. 中国化妆品, 2025,(03):64-69.