

枣果实营养成分及保健作用研究进展

鲁周民^{1,*}, 刘坤², 闫忠心², 李新岗¹

(¹西北农林科技大学林学院, 陕西杨凌 712100; ²西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西杨凌 712100)

摘要: 功能成分是构成枣果实医疗保健作用、影响其果实及加工制品营养品质的重要因素, 系统研究枣果功能成分对于深入了解枣果功能特性、进行功能食品开发及提高加工制品保健作用具有重要意义。本文中围绕枣果中黄酮类、五环三萜类、多糖、环磷酸腺苷等主要功能成分及其医疗保健作用, 对国内外近年来的研究成果进行了综合评述, 并提出需要进一步深入研究的问题及其保健食品发展思路, 旨在为枣果有效利用及产业的健康快速发展提供参考。

关键词: 枣; 营养成分; 功能成分; 保健作用; 进展; 评述

中图分类号: S 664.1

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2010) 12-2017-08

Research Status of Nutrient Component and Health Functions of *Ziziphus jujuba* Mill.

LU Zhou-min^{1,*}, LIU Kun², YAN Zhong-xin², and LI Xin-gang¹

(¹College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; ²College of Food Science and Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Function components contribute to the health care functions and nutritional quality of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.), and its processing products. It is necessary to make a systematic study on this subject in order to get further understanding of Chinese jujube's functional characteristics, offer useful information for developing functional food and improving the health care function of processing products. The major emphasis of this review is the related investigations at home and abroad on Chinese jujube's functional components (such as flavonoids, three-terpene compounds, polysaccharides and cAMP) and health functions. Some research perspectives of Chinese jujube and its healthy foods were suggested with the purpose of providing useful information for the further development of Chinese jujube industry.

Key words: *Ziziphus jujuba* Mill.; nutrient component; function component; health function; progress; commentary

枣 (*Ziziphus jujuba* Mill.) 为鼠李科枣属植物 (刘孟军, 1999), 是中国最古老的果树之一, 已有 3 000 多年的栽培历史。枣树由于具有抗逆性强、早果速丰、营养丰富、经济效益和生态效益显著等特点而在我国广泛栽培。枣果实不仅营养丰富、味道甘美, 同时又为补中益气、养血安神、缓和药性的常用中药, 是集营养与医疗保健于一体的优质滋补品 (樊保国, 2005)。近年来, 随着经

收稿日期: 2010-03-21; 修回日期: 2010-08-22

基金项目: 财政部“以大学为依托的农业科技推广体系建设项目”(XTG2009-15)

* E-mail: lzm139@nwsuaf.edu.cn

济社会的快速发展和人民生活水平显著提高,人们的消费观念也发生了很大变化,越来越多的人开始关注食物的营养和保健作用。药食同源的枣果实越来越受到人们的青睐,其功能成分及医疗保健作用已成为研究热点。我国是世界枣生产大国,枣树栽培面积(133.3 万 hm^2)和产量(246.3087 万 t)均占全世界的 95%以上,在全球枣产品国际贸易市场中占据绝对主导地位(国家林业局,2007;刘孟军,2008)。本文中主要对近年来国内外有关枣果营养、功能成分及医疗保健作用方面的研究成果进行分析综述,并对枣果功能特性及其保健食品的进一步研究开发提出建议和展望,旨在为其有效利用及产业健康快速发展提供参考。

1 枣果实的一般营养成分

有关枣果实营养成分的研究报道很多。中国农业科学院分析测试中心对我国河南、河北、山西等红枣主产省区的 13 个主栽或稀有枣果(名特优产品为主)进行测定(陈贻金和陈必芳,1991),结果表明各营养成分的含量因品种不同而有差异:干枣总糖含量为 51.4%~66.5%,粗蛋白含量 2.28%~3.78%,粗纤维 1.95%~3.10%,粗脂肪 0.6%~1.4%;枣果实中含有多种维生素,维生素 C 平均含量为每百克 8.7 mg,鲜枣中维生素 C 含量更高,约为 250 mg,个别品种含量更是高达 800~900 mg,其它维生素含量依次为维生素 A 15.47 IU、维生素 E 3.83 IU、维生素 B₁ 0.17 mg、维生素 B₂ 0.35 mg,均以百克计。

枣果实中矿物质元素的含量也较多,Li 等(2007b)用原子吸收法对金丝小枣、尖枣、牙枣、骏枣等 5 个品种的矿物质元素进行测定,结果表明枣果实中矿物质元素的含量因品种不同而存在差异。每百克枣果实中含钾 79.2~458 mg,磷 59.3~110 mg,钙 45.6~118 mg,锰 24.6~51.2 mg,铁 4.68~7.90 mg,钠 3.22~7.61 mg,锌 0.35~0.63 mg,铜 0.15~0.62 mg。枣果实中还含有丰富的氨基酸,张艳红等(2008)采用反相高效液相色谱法测定若羌红枣、河南新郑红枣和哈密红枣的氨基酸含量,发现 3 种枣果实中均含有 18 种氨基酸,其中包括 8 种人体必需氨基酸以及儿童体内必需而又不能合成的组氨酸和精氨酸。3 种枣果实中氨基酸总量分别为每百克 3.0084、3.3468 和 3.0462 g,差异不显著。据王向红等(2002a)、彭艳芳等(2007)研究,枣果实营养成分在不同品种之间存在一定差异,同一品种因发育阶段不同也存在差异。

2 枣果实的功能营养成分

2.1 黄酮类和酚类化合物

黄酮类化合物泛指两个苯环通过中央三碳链相互连接而形成的一系列 C₆-C₃-C₆ 化合物。枣果实中的黄酮类化合物主要包括芦丁、当药黄素、花青素等。这些黄酮类化合物具有清除自由基、延缓衰老、预防心脑血管疾病、降血压、降血脂、降血糖等广泛的生理活性(霍文兰 等,2006;盛文军 等,2008)。枣果实中黄酮类化合物的含量较为丰富。韩志萍(2006)采用硝酸铝比色法测定了陕北不同产区枣果实中黄酮类化合物的总量在每百克 297.2~764.6 mg 之间,黄酮含量因产地和品种不同存在较大差异。

以芦丁为代表的黄酮类化合物广泛应用于医药、化工、食品等领域,需求量很大。目前医用来源主要依靠从槐米等中草药中提取,工艺较为成熟,但受原料限制,提取费用较高。枣果实中黄酮类化合物含量高、原料充足、价格相对较低,从枣中提取黄酮工艺可行,经济性好,有较好的应用前景。

近年来,以酚类化合物含量为基础的物质抗氧化性能研究较多,Xue等(2009)测定了枣果皮、果肉甲醇提取物的多酚含量,通过研究提取物抗氧化性能与多酚含量之间的关系,发现枣皮多酚含量远高于果肉,提取物的抗氧化能力与多酚含量成显著正相关。Li等(2005)研究了5种枣甲醇提取物的抗氧化活性,结果表明:5种枣提取物抗氧化能力不同,5种枣提取物抗亚油酸过氧化能力、还原能力和DPPH·清除能力的强弱顺序相同,由强到弱依次为:金丝小枣、牙枣、尖枣、骏枣和三变红枣;其中金丝小枣、牙枣、尖枣的抗氧化能力均大于维生素E。

枣果实含有丰富的黄酮类(张琼等,2010)和酚类化合物,还有维生素C、维生素P等,都是很强的抗氧化剂,具有清除自由基、延缓衰老的功能。

枣果实抗氧化功效与加工方式有关,梁皓等(2007)研究了直接干制、煮沸后干制和冷冻后干制3种加工方式对枣果实抗氧化功效的影响,发现干制之后枣果实的总抗氧化能力和超氧阴离子清除能力较鲜枣均有所下降,其中煮沸后干制处理组的总抗氧化能力下降较小,其DPPH·清除能力和OH·清除能力甚至超过了鲜枣。

2.2 五环三萜类化合物和环磷酸腺苷

三萜类化合物有较高的脂溶性,分子量一般为400~600,目前已知有7种不同的母核结构,在母核上有不同的取代基,常见的有羧基、羟基、酮基、甲基、乙酰基、甲氧基等。由于化学结构的多样性,三萜类化合物有着广泛的生理活性。枣果实含有多多种三萜类化合物(Lee et al., 1996; 王向红等, 2002b; Guo et al., 2009b),以熊果酸和齐墩果酸为代表的五环三萜类化合物是枣果实的主要活性成分,具有保护肝肾、增强白细胞、提高免疫力、杀伤癌细胞的功能(曹艳萍等, 2007)。Guo等(2009a)建立了一种HPLC-DAD法可同时测定10种枣果实三萜类化合物,用该法对来自22个地区36个品种共43个红枣样品进行测定,发现影响枣果实三萜类化合物含量的主要因素是品种,其次是产地,所测样品以冬枣的三萜类化合物含量最高,总量高达 $8.2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,是普通品种的4倍。

环磷酸腺苷(cAMP)具有抗过敏作用,作为蛋白激酶致活剂,是人体内一种重要的生理活性物质,起着放大激素作用信号和控制遗传信息的作用,作为第二信使参与体内多种生理生化过程的调节。cAMP有着非常显著的抑制癌细胞生长的功能,还参与糖原和脂肪的分解、类固醇的生成以及酶活性的调节等多种生理生化过程,并可作用于基因的转录和翻译,影响蛋白质的合成(孙灵霞等, 2008)。

枣果实中cAMP的含量丰富而稳定。Hanabusa等(1981)用500 g中国红枣,经水提取→第一次离子交换→第二次离子交换→氧化铝柱层析→TLC分离,获得了纯度大于97%的cAMP 8.6 mg。刘孟军和王永惠(1991)采用蛋白结合法测定了14种园艺植物中cAMP的含量,发现枣果实中cAMP含量最高,其中山西木枣cAMP的含量更是高达 $302.00 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1}$ (鲜枣),是已测高等植物中最高的。赵爱玲等(2009)以26个枣优良品种为试验材料,采用HPLC法测定了白熟期、脆熟期和完熟期叶片、吊梗、果皮、果肉器官中cAMP的含量,发现不同器官中cAMP含量存在极显著差异,以果皮中含量最高,果肉、叶片其次,吊梗最低;不同发育时期cAMP含量以完熟期最高,白熟期最低;不同品种的cAMP含量也存在极显著差异,如南京鸭枣果皮的cAMP含量($553.55 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)约为灌阳长枣($46.65 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)的12倍。

枣果实含有丰富的三萜类化合物和环磷酸腺苷(Tripathi et al., 2001; 王向红等, 2005)。三萜类化合物大都具有抑制癌细胞的功能,环磷酸腺苷虽不具有抑制癌细胞的功能,但却有调节细胞分裂的作用,二者协同作用,可以有效地抑制癌细胞的异常增生。Fateme等(2008)对枣果实的抗癌作用进行了研究,发现枣的水提物在体外培养条件下可有效抑制HEp-2, HeLa和Jurkat肿瘤细

胞系增殖, 其中 Jurkat 肿瘤细胞系对提取物尤为敏感, 其 IC_{50} 为 $0.1 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; 试验还发现枣的水提物可以诱导 Jurkat 细胞凋亡, 表明红枣水提物对癌细胞有细胞毒性。对苯二酚 (HQ) 是苯在人体内的一种代谢产物, 具有很强的致癌性和致突变性。据 Inas 等 (2008) 研究, 枣果实甲醇提取物可有效清除 HQ 产生的自由基, 对 HQ 诱导的染色体畸变有很好的抑制作用。

2.3 多糖

枣果实富含生理活性极高的多糖, 枣多糖多为水溶性的中性多糖 (JDP-N) 和酸性多糖 (JDP-A) (林勤保 等, 1998), 分子量较大, 结构复杂, 具有提高机体免疫力和抗补体等生理活性。

Zhao 等 (2006) 经水提醇沉 \rightarrow DEAE 层析 \rightarrow Sephacrose CL-6B 层析, 从金丝小枣中分离出两种多糖, 分别命名为 Ju-B-2 和 Ju-B-3, 两种多糖分子量均超过 2 000 000, 并且都显示出了旋光特性 (右旋)。结构研究表明, Ju-B-3 是半乳糖醛酸聚糖, 甲基化程度为 7.49%; Ju-B-2 是鼠李半乳糖醛酸聚糖, 有支链, 甲基化程度为 10.47%。免疫活性试验显示 Ju-B-2 有免疫活性, 并且在一定范围内其活性大小与剂量呈线性关系, 而 Ju-B-3 则没有显示出免疫活性, 这意味着枣果实多糖的免疫活性与多糖结构有关。

Zhao 等 (2008) 还通过水提醇沉法分别从枣树的叶、果和花中得到水溶性多糖, 多糖得率对应依次为 7.8%、5.1%、18.3%, 均主要由糖醛酸、阿拉伯糖和半乳糖构成, 只是聚合度和甲基化程度上存在差异。免疫活性试验显示均具有免疫活性, 能显著促进体外培养的小鼠脾脏细胞增殖, 其中果和花中多糖的免疫活性更高。

李进伟等 (2009) 从金丝小枣中分离出一种枣蛋白聚糖 (ZS G4b), ZS G4b 呈白色粉末状, 化学组成为 83.5% 的多糖和 9.7% 的蛋白质。免疫活性试验显示, ZS G4b 在 $30 \sim 200 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 剂量范围内能显著促进小鼠脾淋巴细胞增殖, 并存在明显的剂量——活性关系, 同时 ZS G4b 在体外有明显的抗补体活性, 表明 ZS G4b 具有提高机体细胞免疫活性的功能。

红枣多糖的传统提取方法是热水浸提法, 该法存在费时、能耗大、提取率低等缺点, Li 等 (2007b) 将超声波技术应用于枣多糖的提取, 并应用响应面分析对提取工艺参数进行优化, 优化后的超声波提取在显著缩短提取时间的同时还使多糖的得率与纯度得到进一步提高。

2.4 膳食纤维

膳食纤维指不能被人体内源消化酶消化吸收的可食用植物细胞、多糖、木质素以及相关物质的总和, 它包括纤维素、半纤维素、木质素、胶质、黏质寡糖、果胶等成分, 可根据其溶解性分为可溶性膳食纤维和不可溶性膳食纤维。膳食纤维不被人体消化吸收, 因而过去很少受到重视, 直到 20 世纪晚期它的生理功能才为人们有所了解并逐渐得到公认。

膳食纤维有广泛的生理功能, 包括调整肠胃, 促进大肠蠕动, 防止便秘, 改善肠道菌群; 调节血糖、血脂; 控制肥胖; 清除汞、镉、砷等外源有害物质, 膳食纤维对人体健康有重要意义 (韩俊娟 等, 2008)。

酶—重量法是 AOAC 认可和推荐的分析方法, 也是目前公认的测定膳食纤维含量的准确方法, 目前利用该方法测定枣果实中膳食纤维含量的研究还未见报道, 仅有一些枣果实粗纤维含量分析的文献。

传统意义上的粗纤维是样品经特定浓度的酸、碱、醇、醚处理后剩余的残渣, 由于经过酸碱及有机溶剂处理导致几乎 100% 半纤维素和 10% ~ 30% 纤维素溶解损失。因而粗纤维含量和膳食纤维含量之间有较大差别, 并且它们之间没有一定的换算关系。由此可见, 枣果实中的膳食纤维还有待进一步研究。

2.5 精油

枣仁精油具有很强的抑菌消炎作用。Sharif 等(2009)选取 5 株单核细胞增生性李斯特菌作为试验材料,用纸片琼脂扩散法研究了枣仁精油的抑菌效果并测定了其最小抑制浓度。结果枣仁精油对李斯特菌具有很强的抑制能力,对 5 个菌株的最小抑制浓度为 $31.25 \sim 62.5 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$,还研究了枣仁的甲醇、乙酸乙酯、氯仿和己醇 4 种不同溶剂提取物的抑菌效果,发现 4 种提取物均有较强的抑菌能力,其中乙酸乙酯提取物的抑菌效果最好,对 5 个菌株的最小抑制浓度为 $62.5 \sim 250 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。据 Sharif 等(2010)研究,枣仁精油对 TPA (12-O-十四烷酰佛波醇-13-乙酸酯)诱导的小鼠耳朵发炎模型有良好的疗效,1%剂量的枣仁精油处理可使小鼠耳朵的炎性肿胀率和水分含量分别下降 44.4%和 51.0%,效果优于等剂量的氢羟肾上腺皮质素(7.4%和 39.0%),组织学分析进一步证实了枣仁精油具有抗炎症作用。

2.6 醇溶性物质

据 Shen 等(2009)研究,枣果实的醇溶性物质具有保护肝脏的作用,可有效减轻有毒、有害物质对肝脏的损伤,该试验用不同剂量的红枣乙醇提取物饲喂四氯化碳损伤肝脏的小鼠模型,发现 $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的剂量可以显著降低小鼠体内丙氨酸转氨酶(ALT)和天冬氨酸转氨酶(AST)的水平,使小鼠的肝损伤得到有效缓解;同时发现,给小鼠饲喂红枣乙醇提取物还提高了小鼠肝脏细胞 SOD、过氧化氢酶和谷胱甘肽过氧化物酶的活性,使小鼠肝脏清除自由基的能力大大增强。

大枣中的活性成分具有镇静、安神和降压的功效,是镇静安神常用的中草药(Zhang, 2004)。据 Oh 等(2004)研究,红枣的甲醇提取物具有抑制胆碱酯酶活性、改善人体记忆力的功能。Goetz 等(2009)报道,受心神不宁、失眠多梦等症状折磨的患者服用红枣乙醇浸提物后,症状得到明显改善。目前关于枣属植物镇静安神作用的研究多集中于酸枣仁(酸枣的种子),对枣果实中起镇静安神作用的成分及其作用机理还有待深入系统的研究。

2.7 其他成分

枣果实中含有聚原花青素,可有效抑制具有甲氧西林耐药性的金黄色葡萄球菌生长,而且多聚原花青素的抑菌效果明显高于二聚原花青素(Tsutomu et al., 2005)。

枣果实除含有维生素 C、芦丁、黄酮类化合物等物质,还含有不饱和脂肪酸(Kohei et al., 1990; Guerrero et al., 2004; Agata et al., 2009),这些成分均具有维持毛细血管通透性、改善血液循环、防止血管壁脆性增加、扩张冠状动脉和降低胆固醇等功能,对高血压、动脉粥样硬化等疾病有一定疗效,因而可用于心脑血管疾病的预防和辅助治疗。

国内曾有人用红枣治疗过敏性紫癜,每天吃 3 次红枣,每次 10 枚,一般 3 d 见效。

红枣中的乙基-D 呋喃葡萄糖苷衍生物对 S-羟色胺和组织胺有对抗作用(孙灵霞 等, 2008)。

3 建议与展望

枣果实以其丰富的营养、独特的医疗保健作用和显著的疗效而受到广泛关注。近年来,我国对枣果实进行了大量研究并取得了丰硕成果。但整体而言,对枣果实功能成分及其保健食品的研究与开发尚处于起步阶段,仍有一些问题需要进一步深入研究:①目前枣果实功能成分研究多以不同种类成分研究为主,而同一种类中的不同单体功能成分、它们的分子结构、理化性质、生理功能、作用机理以及相互之间的构效关系、量效关系等还有待深入细致的研究,为进一步发展枣果实保健食品提供科学的理论依据。②枣果实中不同种类以及各种单一功能成分之间关系、它们之间可能产生

的协同或拮抗作用。如枣果实中的黄酮和膳食纤维,它们都具有调节血糖、血脂的生理活性,但二者之间的协同作用还有必要进一步深入研究。③对影响枣果实功能成分生物利用率、作用效能的因素以及它们在不同加工工艺和存储条件下的变化机理进行研究。④开展枣果实保健食品安全性评价方面的研究。目前枣果实保健食品的安全性是建立在枣果实长期食用、药用的经验基础之上的,缺少系统而全面的毒理学研究数据。枣果实中的不少功能成分作为药物可以应用,但作为保健食品长期广泛的食用其安全性还有待于确定。

随着社会经济的不断发展,人们的保健意识日益增强,对保健食品的需求量也会越来越大,开发枣果实保健食品有着广阔的市场发展前景。运用各种新技术新手段研发具有特定功能的保健产品,加强对枣果实这一宝贵资源的深度开发和综合利用,使其更好的发挥保健食品和药品的作用。开发枣果实保健食品不仅能增加市场上枣制品的种类,增加枣果实经济附加值,同时对于进一步开拓枣制品的国际市场、带动整个枣产业的发展都具有非常重要的意义。

References

- Agata M P, Fabiano C, Ammar B, Alessandra B. 2009. Flavonoids of *Zizyphus jujuba* L. and *Zizyphus spina-christi* (L.) Willd (Rhamnaceae) fruits. *Food Chemistry*, 112 (4): 858 – 862.
- Cao Yan-ping, Yang Xiu-li, Xue Cheng-hu. 2007. Study on extraction technology of oleanolic acid in *Zizyphus jujuba* date. *Food Science*, 28 (10): 165 – 167. (in Chinese)
- 曹艳萍, 杨秀丽, 薛成虎. 2007. 红枣中齐墩果酸提取工艺的研究. *食品科学*, 28 (10): 165 – 167.
- Chen Yi-jin, Chen Bi-fang. 1991. Quantified analysis of nutrition components of *Zizyphus jujuba*. *Forest Science and Technology*, (3): 25 – 27. (in Chinese)
- 陈贻金, 陈必芳. 1991. 红枣营养成分定量分析. *林业科技通讯*, (3): 25 – 27.
- Fan Bao-guo. 2005. Research status of function factors and health food of *Zizyphus jujuba*. *Food Science*, 26 (9): 587 – 591. (in Chinese)
- 樊保国. 2005. 枣果的功能因子及保健食品的研究进展. *食品科学*, 26 (9): 587 – 591.
- Fatemeh V, Mohsen F N, Kazem B. 2008. Evaluation of inhibitory effect and apoptosis induction of *Zizyphus jujuba* on tumor cell lines, an *in vitro* preliminary study. *Cytotechnology*, 56 (2): 105 – 111.
- Goetz P. 2009. Demonstration of the psychotropic effect of mother tincture of *Zizyphus jujuba* Mill. *Phytotherapie*, 7 (1): 31 – 36.
- Guerrero J L, Gelgado A D, Gonzalez M C, Isasa M T. 2004. Fatty acids and carotenes in some ber (*Zizyphus jujuba* Mill.) varieties. *Plant Foods for Human Nutrition*, 59 (1): 23 – 27.
- Guo S, Duan J A, Tang Y P, Su S A, Shang E X, Ni S M, Qian D W. 2009a. High-performance liquid chromatography two wavelength detection of triterpenoid acids from the fruits of *Zizyphus jujuba* containing various cultivars in different regions and classification using chemometric analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 49 (5): 1296 – 1302.
- Guo S, Tang Y P, Duan J A, Su S L, Ding A W. 2009b. Two new terpenoids from fruits of *Zizyphus jujuba*. *Chinese Chemical Letters*, 20 (2): 197 – 200.
- Han Jun-juan, Mu Tai-hua, Zhang Bai-lin. 2008. Physiological functions and current research progress of dietary fiber. *Food Science and Technology*, 33 (6): 243 – 245. (in Chinese)
- 韩俊娟, 木泰华, 张柏林. 2008. 膳食纤维生理功能的研究现状. *食品科技*, 33 (6): 243 – 245.
- Han Zhi-ping. 2006. Extraction and comparison of flavonoids of Chinese dates produced in Shaanxi Province. *Food Science*, 27 (12): 560 – 562. (in Chinese)
- 韩志萍. 2006. 陕北红枣中总黄酮的提取及含量比较. *食品科学*, 27 (12): 560 – 562.
- Hanabusa K, Cyong J, Takahashi M. 1981. High-level of cyclic AMP in the jujube plum. *Journal of Medicinal Plant Research*, 42 (8): 380 – 384.
- Huo Wen-lan, Liu Bu-ming, Cao Yan-ping. 2006. Study on extraction and anti-oxidation of the total flavones from *Zizyphus jujuba* in North of Shaanxi. *Food Science and Technology*, (10): 45 – 47. (in Chinese)
- 霍文兰, 刘步明, 曹艳萍. 2006. 陕北红枣总黄酮提取及其抗氧化性研究. *食品科技*, (10): 45 – 47.

- Inas S G, Ataa S, Mosaad A W. 2008. *Zizyphus jujuba* and *Origanum majorana* extracts protect against hydroquinone-induced clastogenicity. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 25 (1): 10 - 11.
- Kohei Y, Akira S, Akiko S, Takao N, Goro K. 1990. Occurrence of n-5 monounsaturated fatty acids in jujube pulp lipids. *Lipids*, 25 (10): 602 - 605.
- Lee S S, Lin B F, Liu K C. 1996. Three triterpene esters from *Zizyphus jujuba*. *Phytochemistry*, 43 (4): 847 - 851.
- Li J W, Ding S D, Ding X L. 2005. Comparison of antioxidant capacities of extracts from five cultivars of Chinese jujube. *Process Biochemistry*, 40 (11): 3607 - 3613.
- Li J W, Ding S D, Ding X L. 2007a. Optimization of the ultrasonically assisted extraction of polysaccharides from *Zizyphus jujuba* cv. Jinsixiaozao. *Journal of Food Engineering*, 80 (1): 176 - 183.
- Li J W, Fan L P, Ding S D. 2007b. Nutritional composition of five cultivars of Chinese jujube. *Food Chemistry*, 103 (2): 454 - 460.
- Li Jin-wei, Li Ping-ping, Fan Liu-ping, Ding Xiao-lin. 2009. Isolation, purification and structure of proteoglycan from *Zizyphus jujuba* cv. Jinsixiaozao. *Food and Fermentation Industries*, 35 (3): 12 - 14. (in Chinese)
- 李进伟, 李苹苹, 范柳萍, 丁霄霖. 2009. 枣蛋白聚糖的纯化及其免疫功能研究. *食品与发酵工业*, 35 (3): 12 - 14.
- Liang Hao, Yi Jian-yong, Wang Bao-gang, Jiang Wei-bo. 2007. Effect of different drying treatments on antioxidant capacities of jujube fruit. *Academic Periodical of Farm Products Processing*, (7): 45 - 47. (in Chinese)
- 梁 皓, 易建勇, 王宝刚, 姜微波. 2007. 干燥方式对枣果实抗氧化功效的影响. *农产品加工学报*, (7): 45 - 47.
- Lin Qin-bao, Gao Da-xiong, Yu Shu-juan, Fu Xiong. 1998. Isolation and purification of polysaccharides from Chinese dates. *Science and Technology of Food Industry*, (4): 20 - 21. (in Chinese)
- 林勤保, 高大雄, 于疏娟, 扶 雄. 1998. 大枣多糖的分离与纯化. *食品工业科技*, (4): 20 - 21.
- Liu Meng-jun, Wang Yong-hui. 1991. cAMP contents of *Zizyphus jujuba* Mill., *Zizyphus spinosus* Hu. and other twelve horticultural plants. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 14 (4): 20 - 23. (in Chinese)
- 刘孟军, 王永惠. 1991. 枣和酸枣等 14 种园艺植物 cAMP 含量的研究. *河北农业大学学报*, 14 (4): 20 - 23.
- Liu Meng-jun. 1999. Advances in taxonomy study on the genus *Zizyphus*. *Acta Horticulturae Sinica*, 26 (5): 302 - 308. (in Chinese)
- 刘孟军. 1999. 枣属植物分类学研究进展. *园艺学报*, 26 (5): 302 - 308.
- Liu Meng-jun. 2008. The status and development proposals of Chinese jujube industry. *Fruit Growers' Friend*, (3): 3 - 5. (in Chinese)
- 刘孟军. 2008. 中国红枣产业的现状与发展建议. *果农之友*, (3): 3 - 5.
- Oh M H, Houghton P J, Whang W K, Cho J H. 2004. Screening of Korean herbal medicines used to improve cognitive function for anti-cholinesterase activity. *Phytomedicine*, 11 (6): 544 - 548.
- Peng Yan-fang, Liu Meng-jun, Zhao Ren-bang. 2007. Study on the nutritional components of *Zizyphus jujuba* Mill. at different periods of development. *Acta Nutrimenta Sinica*, 29 (7): 621 - 622. (in Chinese)
- 彭艳芳, 刘孟军, 赵仁邦. 2007. 不同发育阶段枣果营养成分的研究. *营养学报*, 29 (7): 621 - 622.
- Sharif M A, Jung I Y, Hyo J K, Jong S K, Sun C K. 2010. Anti-inflammatory activity of seed essential oil from *Zizyphus jujuba*. *Food and Chemical Toxicology*, 48 (2): 639 - 643.
- Sharif M A, Vivek K B, Sun C K. 2009. Antioxidant and antilisterial effect of seed essential oil and organic extracts from *Zizyphus jujuba*. *Food and Chemical Toxicology*, 47 (9): 2374 - 2380.
- Shen X C, Tang Y P, Yang R H, Yu L, Fang T H, Duan J B. 2009. The protective effect of *Zizyphus jujuba* fruit on carbon tetrachloride-induced hepatic injury in mice by anti-oxidative activities. *Journal of Ethnopharmacology*, 122 (3): 555 - 560.
- Sheng Wen-jun, Zhang Sheng-gui, Han Shun-yu, Zhu Xia. 2008. Effect of crude flavonoids in jujube on the level of blood lipids in mice. *Farm Products Processing*, (10): 73 - 76. (in Chinese)
- 盛文军, 张盛贵, 韩舜愈, 祝 霞. 2008. 红枣黄酮粗品对小鼠血脂指标的影响. *农产品加工*, (10): 73 - 76.
- Sun Ling-xia, Zhang Qiu-hui, Chen Jin-ping. 2008. Healthy function and comprehensive utility of *Zizyphus jujuba*. *Farm Products Processing*, (4): 55 - 57. (in Chinese)
- 孙灵霞, 张秋会, 陈锦屏. 2008. 红枣的保健作用及其综合利用. *农产品加工*, (4): 55 - 57.
- State Forestry Administration, P.R.China. 2007. China forestry statistic yearbook 2006. Beijing: China Forestry Publishing House. (in Chinese)

- 国家林业局. 2007. 中国林业统计年鉴 2006. 北京: 中国林业出版社.
- Tripathi M, Pandey M B, Jha R N, Pandey V B, Tripathi P N, Singh J P. 2001. Cyclopeptide alkaloids from *Zizyphus jujuba*. *Fitoterapia*, 72 (5): 507 – 510.
- Tsutomu H, Miwako K, Kazutoshi I, Tomo-omi O, Sumiko S, Tomofusa T, Takashi Y. 2005. Effects of tannins and related polyphenols on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Phytochemistry*, 66 (17): 2047 – 2055.
- Wang Xiang-hong, Cui Tong, Liu Meng-jun, Zhao Jing, Du Guo-shi. 2002a. Analysis of nutritional composition of different Chinese jujubes. *Acta Nutrimenta Sinica*, 24 (2): 206 – 208. (in Chinese)
- 王向红, 崔 同, 刘孟军, 赵 靖, 杜国土. 2002a. 不同品种枣的营养成分分析. *营养学报*, 24 (2): 206 – 208.
- Wang Xiang-hong, Cui Tong, Qi Xiao-ju, Du Guo-shi, Zhao Jing. 2002b. Determination of ursolic acid and oleanolic acid in jujube and wild jujube by HPLC. *Food Science*, 23 (6): 137 – 138. (in Chinese)
- 王向红, 崔 同, 齐小菊, 杜国土, 赵 靖. 2002b. HPLC 法测定枣及酸枣中的齐墩果酸和熊果酸. *食品科学*, 23 (6): 137 – 138.
- Wang Xiang-hong, Sang Ya-xin, Cui Tong, Liu Meng-jun, Wang Shuo. 2005. Determination of cyclic-nucleotide in Chinese jujube by HPLC. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 5 (3): 108 – 112. (in Chinese)
- 王向红, 桑亚新, 崔 同, 刘孟军, 王 硕. 2005. 高效液相色谱法测定枣果中的环核苷酸. *中国食品学报*, 5 (3): 108 – 112.
- Xue Z P, Feng W H, Cao J K, Cao D D, Jiang W B. 2009. Antioxidant activity and total phenolic contents in peel and pulp of Chinese jujuba (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruits. *Journal of Food Biochemistry*, 33 (5): 613 – 629.
- Zhang J Z. 2004. Therapeutic effects of herbal extracts and constituents in animal models of psychiatric disorders. *Life Sciences*, 75 (14): 1655 – 1699.
- Zhang Qiong, Zhou Guang-fang, Shen Guang-ning, Zhu En-yuan, Wang Hong-qing. 2010. The flavonoids in the fruit peel of *Ziziphus jujuba* Mill. ‘Dongzao’ during coloring process. *Acta Horticulturae Sinica*, 37 (2): 193 – 198.
- 张 琼, 周广芳, 沈广宁, 祝恩元, 王红清. 2010. 冬枣果皮着色过程中类黄酮类物质成分及含量的变化. *园艺学报*, 37 (2): 193 – 198.
- Zhang Yan-hong, Chen Zhao-hui, Wang De-ping, Wen Na, Yang Jie. 2008. Determination of amino acids and mineral elements content in *Zizyphus jujuba*. *Food Science*, 29 (1): 263 – 266. (in Chinese)
- 张艳红, 陈兆慧, 王德萍, 文 娜, 杨 洁. 2008. 红枣中氨基酸和矿物质元素含量的测定. *食品科学*, 29 (1): 263 – 266.
- Zhao Ai-ling, Li Deng-ke, Wang Yong-kang, Sui Chuan-ling, Cao Yan-qing, Liang Qian. 2009. Study on the contents of cAMP and cGMP in different cultivars, growing periods and organs in Chinese jujube. *Acta Horticulturae Sinica*, 36 (8): 1134 – 1139. (in Chinese)
- 赵爱玲, 李登科, 王永康, 隋串玲, 曹彦清, 梁 芊. 2009. 枣树不同品种、发育时期和器官的 cAMP 和 cGMP 含量研究. *园艺学报*, 36 (8): 1134 – 1139.
- Zhao Z H, Li J, Wu X M, Dai H, Gao X M, Liu M J, Tu P F. 2006. Structures and immunological activities of two pectic polysaccharides from the fruits of *Ziziphus jujuba* Mill. cv. Jinsixiaozao Hort. *Food Research International*, 39 (8): 917 – 923.
- Zhao Z H, Liu M J, Tu P F. 2008. Characterization of water soluble polysaccharides from organs of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. cv. Dongzao). *European Food Research and Technology*, 226 (5): 985 – 989.