

中国榛属植物资源培育与利用研究(IV) ——榛仁营养、综合利用与榛产业发展现状*

王贵禧

(中国林业科学研究院林业研究所,国家林业局林木培育实验室,国家林业局榛子工程技术研究中,北京 100091)

摘要:榛子是木本油料类坚果,种仁粗脂肪含量60%左右,油酸含量82%左右,亚油酸含量12%左右,还含有亚麻酸等十余种微量脂肪酸。可溶性蛋白质含量5%左右,总蛋白质20%左右,可溶性糖含量17%左右,淀粉1.5%左右。此外,还含有丰富的多酚、黄酮、VE、甾醇等活性成分。伴随着果实的发育,6月底至7月20日前后是油酸、亚油酸、蛋白质等主要营养成分的快速合成期。不同产地、不同品种的平欧杂种榛的脂肪酸GC-MS指纹图谱、VE HPLC指纹图谱、甾醇GC-MS指纹图谱与标准指纹图谱间具有极高的相似度,可以建立共有模式。榛仁油脂的碘值为137.15~147.50,皂化值为144.99~159.03。榛子粉的乳化能力和起泡能力在蛋白质等电点(pH值4.5)处最差,乳化稳定性在蛋白质等电点处和偏碱条件下较好,而起泡稳定性在蛋白质等电点和酸性条件下较好,持水性在偏酸或偏碱条件下较好,吸油性在40℃时达到较大值。清蛋白占平欧杂种榛粗蛋白的67.18%,球蛋白占17.62%,谷蛋白占6.53%,醇溶蛋白占3.17%。榛子叶片中含有黄酮类、鞣质类等30余种化合物。雄花序、花粉的不同提取物分别具有抑菌、消炎、抗氧化、体外抑制胃癌细胞(AGS)和肝癌细胞(SK-Hep1)等多种生理作用。榛子壳可用于提取棕色素、吸附剂等材料。带果苞鲜榛子在常温下可以贮藏5d左右,0℃低温下可贮藏100d左右。榛坚果含水量达7%左右时,榛坚果在10~13℃贮藏期12个月,5~8℃贮藏期18个月,0~3℃贮藏期24个月。榛子食用加工产品包括榛仁巧克力糖果类、榛仁面点类、榛子酱类、榛子冰淇淋类、榛子油类、榛子粉类、榛子奶制品类、榛子饮品类、榛子休闲食品类等。平欧杂种榛作为新兴的经济林产业,已经在全国20余个省(自治区、直辖市)种植,除了东北地区作为主产区以外,华北和西北地区成为新兴产区快速发展,产业前景十分广阔。

关键词:榛仁;营养成分;加工;综合利用;产业发展

中图分类号:S727.3

文献标识码:A

文章编号:1001-1498(2018)01-0130-07

Progress in Cultivation and Utilization of *Corylus* L. Resources in China (IV) —— Nutrition, Comprehensive Utilization and Industry Development

WANG Gui-xi

(Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration; Hazelnut Engineering and Technical Research Center, State Forestry Administration. Beijing 100091, China)

Abstract: The kernel of the hazelnut contents about 60% crude fat, 82% oleic acid and 12% linoleic acid. It also contains linolenic acid and more than ten kinds of trace fatty acid. The contents of soluble protein, sugar, and starch are about 5%, 17%, and 1.5%, respectively. In addition, it is also rich in polyphenols, flavones, VE, sterol and other active ingredients. With the development of the fruit, the main nutritional ingredients such as oleic

收稿日期:2017-12-04

基金项目:中央级科研院所基本科研业务费资金项目:“榛子提质增效关键技术研究”(CAFYBB2017ZA004-9)和“川榛种质资源评价及育种群体的核心种质构建”

作者简介:王贵禧(1962—),男,研究员,主要从事经济林资源培育与利用研究。E-mail:wanggx0114@126.com

* 致谢:梁丽松提出修改意见。

acid, linoleic acid and protein synthesize rapidly from late June to middle July. The fingerprints of fatty acids GC-MC, VE HPLC and sterol GC-MS are established successfully according to the results of analyzing of the active nutrients, the high similarity with standard fingerprint, and the clustering analysis of 14 samples of hybrid hazelnut from five production regions and three varieties. The iodine value and saponification value of hazelnut oil range from 137.15 to 147.50, and 144.99 to 159.03 respectively. The ability of hazelnut powder emulsion and foaming is the worst at protein isoelectric point (pH 4.5), the emulsion stability is better at protein isoelectric point and alkali condition, but the foam stability at the protein isoelectric point and acidic condition is better, the water holding capacity is better under the condition of partial acid or partial alkali, and the oil absorption reaches the largest value at 40°C. The albumin accounts for 67.18% of the crude protein in Ping'ou hybrid hazelnut, while globulin, gluten and gliadin accounts for 17.62%, 6.53%, and 3.17%, respectively. Approximately 30 compounds such as flavonoids and tannins are included in hazelnut leaves. The different extracts of catkin and pollen have various physiological functions such as bacteriostatic, anti-inflammatory, anti-oxidative, *in vitro* inhibition of human gastric carcinoma cells (AGS) and human liver adenocarcinoma cells (SK-Hep1). Hazelnut shell can be used to extract brown pigment, adsorbent and other materials. The fresh nuts with bracts can be stored for about 5 days at room temperature, about 100 days under the condition of low temperature storage (0°C). Hazel nuts can be stored well for 12 months, 18 months and 24 months at temperature of 10–13°C, 5–8°C and 0–3°C respectively when the water content of the nut is about 7%. The processed food products of hazelnuts include hazelnut chocolate candy, hazelnut pastry, hazelnut paste, hazelnut ice-cream, hazelnut oil, hazelnut powder, hazelnut milk products, hazelnut beverage, hazelnut leisure food and so on. The Ping'ou hybrid hazelnut has been introduced to more than 20 provinces (autonomous regions, and municipalities). The north-east area is the main production region, while the north and north-west part of China are becoming new production areas with a fast developing and prospect industry future.

Keywords: hazelnut kernel; nutrient ingredient; processing; comprehensive utilization; industrial development

1 榛仁营养品质研究

1.1 榛种仁主要营养物质构成

榛坚果是油脂类种子,种仁的主要成分是油脂、蛋白质及碳水化合物等。国内对榛种仁的组成成分及含量研究较多,韩克杰等^[1]测定了13个欧洲榛种质和1个平榛种质种仁的脂肪及脂肪酸组成,欧洲榛平均粗脂肪含量为60.6%、油酸为83.43%、亚油酸为9.19%、 α -亚麻酸平均为0.24%,总不饱和脂肪酸平均为93.2%;平榛粗脂肪含量为58.96%、油酸为82.08%、亚油酸为12.66%、 α -亚麻酸平均为0.19%,总不饱和脂肪酸平均为95.5%。榛坚果种仁的营养成分组成及含量受种、品种、产地环境、栽培管理水平等多种因素的影响,榛子脂肪含量很高,并且不饱和脂肪酸比例较高,榛子油品质极其优良,是高端木本膳食油。田文瀚等^[2]研究分析了42个平欧杂种榛品种(系)坚果主要营养成分特性,结果表明,脂肪含量为53.80%~63.33%,平均59.41%;可溶性蛋白含量为2.92%~6.86%,平均5.42%;总糖含量为12.66%~19.09%,平均17.32%;淀粉

含量较少,为0.92%~2.03%,平均1.43%。据笔者课题组梁丽松等对不同榛种坚果品质的研究结果(待发表)可知,毛榛坚果具有相对较高的脂肪含量和糖含量,且亚油酸含量高于其他榛属种质;平榛坚果具有较高的蛋白质含量、游离氨基酸含量和油酸含量;滇榛坚果具有较高的脂肪含量、蛋白质含量和游离氨基酸含量,其油脂中的饱和脂肪酸含量比毛榛、滇榛和平欧杂种榛的高,另外还含有较高的多酚和黄酮。种仁中的糖主要是二糖,且以蔗糖为主;榛种仁含有丰富的VE,其构成包括 α 、 β 、 γ 和 σ 4种构型,以 α 构型为主。

在育种研究中,除了关注所选种质的生物学性状及坚果的经济性状外,也十分关注种仁的营养成分指标,那些品质好的种质资源更容易被选择利用。宋新芳等^[3]研究了来自山东泰山和蒙阴的26个平榛单株及2个欧洲榛的油脂组成,粗脂肪的平均含量分别为59.02%、59.61%、58.83%,油酸平均含量分别为81.60%、85.45%、80.66%,亚油酸平均含量分别为13.44%、8.93%、11.53%,并依据研究结果得到了来自泰山的17个单株和来自沂蒙山区蒙阴

县的4个单株为高油质单株,其粗脂肪、油酸、亚油酸的含量分别达60.52%、83.50%、11.58%。

1.2 榛坚果发育过程中种仁主要营养成分的变化

段丽娟^[4]以种植在北京地区的3个平欧杂种榛为试材研究了坚果发育过程中叶片、果苞及种仁中的可溶性糖、淀粉、蛋白质等含量的动态变化,其中,种仁中的蔗糖、果糖、总可溶性糖的低峰值出现在7月20日,而此时却是淀粉含量的高峰值,可溶性糖和淀粉的高低互换关系明显;蛋白质的含量变化规律是,6月10日至6月30日期间种仁的蛋白质含量保持在较低水平,6月30日至7月20日蛋白质含量迅速增加,之后则保持在平缓的高含量水平;油酸、亚油酸的含量也是在6月30日至7月20日期间迅速升高至高峰。因此,7月上旬至中旬是榛种仁蛋白质、不饱和脂肪酸合成的关键时期。翟秋喜等^[5]也报导了类似的研究结果,平欧杂种榛种仁中蔗糖和可溶性总糖的积累主要在种仁发育的后期,脂肪和蛋白质的积累主要在种仁发育的前期和中期。研究榛坚果营养成分的动态变化对于在关键时期采取科学的管理措施、指导栽培实践具有重要意义。施肥是增加树体营养、促进生长发育的主要措施,施用不同的肥料种类,对种仁营养成分的合成也有不同影响。魏丽红等^[6]以‘辽榛7号’、‘平欧237号’和‘平欧402号’等3个品种(系)的平欧杂种榛为试材,自7月17日种仁发育期开始,每4~7d取样1次测定,研究了种仁发育过程中矿质营养与贮藏物质的关系,结果表明,N、P、K元素与脂肪含量呈极显著正相关,Ca与脂肪含量呈显著正相关,P、K与蛋白质呈显著正相关,Ca与蛋白质没有表现出相关性;N、P、K、Ca与可溶性糖的相关性不大,但与蔗糖呈显著正相关;N、P、K与果仁鲜质量、干物质含量、灰分呈显著正相关,Ca与果仁鲜质量、干物质含量、灰分相关性不大。总体来看,大量元素N、P、K在促进脂肪和蛋白质合成、增加果仁质量等方面都有不可或缺的作用。

1.3 榛子油活性成分指纹图谱研究

李潇^[7]选用产自辽宁本溪、锦州、营口、山西、新疆等5个种植区的‘辽榛3号’、‘辽榛7号’和‘达维’等3个平欧杂种榛品种的14份样品,进行脂肪酸GC-MS指纹图谱、VE HPLC指纹图谱、甾醇GC-MS指纹图谱的建立与分析。14份样品中均含有十二烷酸(月桂酸)、十四烷酸(肉豆蔻酸)、十六烷酸(棕榈酸)、9-十六碳烯酸、十七烷酸、10-十七碳烯

酸、9-十八碳烯酸(油酸)、9,12-十八碳二烯酸(亚油酸)、9,12,15-十八碳三烯酸(亚麻酸)和11-二十碳烯酸(花生一烯酸)等10种脂肪酸;此外,部分产区、部分品种中还含有10-十一碳烯酸、9,15-十八碳二烯酸、11,14-二十碳二烯酸。在上述脂肪酸种类中,14份样品均以油酸含量最高,平均含量为76.03%,其次为亚油酸16.23%和棕榈酸4.93%,其余种类的脂肪酸含量均较低。脂肪酸GC-MS指纹图谱分析表明,14份样品色谱图中匹配并标出11个共有峰,与标准指纹图谱间的相似度均高于0.99,符合指纹图谱建立的要求,并由此建立了平欧杂种榛脂肪酸的共有模式;14份平欧杂种榛样品中均含有 α -VE和 σ -VE,未检测到其他的构象类型,同时有部分样品中含有疑似为生育三烯酚的其他单体色谱峰;14份样品VE HPLC图谱与标准指纹图谱的相似度为0.8,也符合建立要求。14份样品中均检测出菜油甾醇、豆甾醇、 β -谷甾醇、岩藻甾醇、蒲公英甾醇和 α 1-谷甾醇,其中,含量最高的是 β -谷甾醇,平均含量为63.88%,其次为岩藻甾醇,豆甾醇含量最低,平均为1.51%;14份样品的甾醇GC-MS指纹图谱与标准指纹图谱间的相似度均高于0.99,可以建立共有模式。研究还对不同产区、不同品种(系)的14份样品的脂肪酸、VE和甾醇进行了聚类分析。

1.4 榛种仁油脂主要理化特性研究

脂肪是榛坚果种仁的首要组成成分,其含量通常为每100g种仁干质量含50~64g。榛仁油脂的脂肪酸主要为单不饱和脂肪酸,含量通常可达85%以上,因此,榛子油是典型的高单不饱和脂肪酸油类的油脂^[8]。对42份榛种质坚果种仁油脂基本理化特性的研究表明^[9],榛仁油脂的碘值为137.15~147.50,皂化值为144.99~159.03;平榛具有较低的碘值和较高的皂化值,‘辽榛3号’具有较低的皂化值和较高的碘值,‘达维’具有较高的皂化值,‘巴塞罗那’具有较低的皂化值;榛子油脂是榛坚果中主要的抗氧化活性成分,对榛子油脂的抗氧化程度分析表明,榛子油的DPPH自由基半数清除浓度 IC_{50} 为23.63~42.40 mg·mL⁻²。刘慧娟等^[10]研究了毛榛种仁的油脂性质,结果表明,毛榛种仁含油率为50.61%,密度917.0 kg·m⁻³,酸价为0.9183 mg·g⁻¹,碘值为100.8 g·(100 g)⁻¹,皂化值为179.0 mg·g⁻¹,碳链长度主要集中在C14~C20,不饱和脂肪酸占90%以上,其中,油酸占60.49%,亚油酸占28.72%。

1.5 榛坚果种仁榛子粉、蛋白质基本理化特性研究

榛子粉是指榛子种仁脱脂后的产物,主要含蛋白质、可溶性糖和淀粉,还含有少量纤维素和矿物质元素;榛子粉均含有人体所必需的8种氨基酸,但不同种(品种、品系)水解氨基酸总量差异显著。祝美云等^[11]研究表明,榛子粉的乳化性和起泡性与种(品种、品系)密切相关,去种皮处理提高了榛子粉的乳化性和起泡性。榛子粉的乳化能力和起泡能力在蛋白质等电点(pH值4.5)处最差,在碱性条件下的乳化能力和起泡能力明显比酸性和中性条件下好;榛子粉的乳化稳定性在蛋白质等电点处和偏碱条件下较好,而起泡稳定性在蛋白质等电点和酸性条件下较好。可溶性蛋白含量与榛子粉乳化能力显著正相关,与其乳化稳定性和起泡稳定性显著负相关;榛子粉起泡能力与蛋白质含量显著正相关。殷贺中等^[12]对榛子粉的溶解性和膨胀势的研究表明,不同种(品种、品系)榛子粉溶解性和膨胀势均差异显著,去皮处理提高了榛子粉的溶解性和膨胀势;温度对榛子粉的溶解性影响显著,温度高于50℃时,不同品种榛子粉膨胀势差异不明显;可溶性蛋白质、可溶性糖和淀粉含量与榛子粉溶解性呈显著正相关,灰分含量则与之存在显著负相关性。淀粉含量与榛子粉膨胀势显著正相关,蛋白质含量与其显著负相关。

榛子粉理化性质的研究表明^[13],榛子蛋白粉持水性在蛋白质等电点pH值4.5处持水性最差,随着pH值的增加,蛋白粉持水性增强,在pH值8.5时持水性达到最大;蛋白粉吸油性在40℃时达到较大值,而温度较低或较高对榛子蛋白粉吸油性均不利。榛子蛋白粉乳化性和起泡性在品种间均存在差异,‘巴塞罗纳’蛋白粉乳化能力和稳定性均较好,而‘达维’的乳化能力和稳定性最差;‘平榛1号’蛋白粉起泡能力和稳定性均最好,‘达维’的起泡能力和稳定性均表现较差。榛子蛋白粉凝胶硬度‘平榛1号’>‘辽榛3号’>‘达维’>‘巴塞罗纳’,而弹性却是‘巴塞罗纳’最好,‘平榛1号’和‘辽榛3号’较差;凝胶硬度好的弹性差,而凝胶弹性好的硬度不好。

吕春茂等^[14]对平欧杂种榛蛋白质组分进行了分离、纯化,其中,清蛋白占榛子粗蛋白的67.18%,球蛋白占17.62%,谷蛋白占6.53%,醇溶蛋白占3.17%;还原和非还原聚丙烯酰胺凝胶电泳(SDS-PAGE)分析表明,榛子蛋白质各组分中均存在二硫

键,非还原条件下,各组分亚基相对分子质量主要分布在35~71 kDa,还原条件下,各组分亚基相对分子质量主要分布在16~50 kDa且均有2条明显的亚基带;分离蛋白的pH值在等电点附近榛子蛋白的溶解性、持水性、起泡性和乳化性最低,而泡沫稳定性在等电点附近最大,50℃时持水性最高,而吸油性在50℃时最低,为 $2.815 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

2 榛叶、榛壳、雄花序、花粉中的化学成分、生物作用和综合利用

2.1 榛叶片中的成分分析

野生平榛属于灌木,平欧杂种榛也具有很强的萌蘖特性,叶片生物量大,含有多种营养成分及生物活性成分,开发利用价值很大。薛建飞^[15]利用乙醇溶剂从平榛叶片中提取到了32个化合物,王立等^[16]从平榛叶片中分离得到了榛叶鞣质D(I)、刺梨素A(II)、玫瑰素F(III)等3个鞣质成分,其中,榛叶鞣质D(I)为一新的二聚体鞣质成分。赵明慧等^[17]测定了平榛叶片中黄酮类化合物组成,共鉴定出12个化合物,其中,11种为首次从平榛叶片中发现,分别为表儿茶素($41.45 \pm 1.87 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, DW)、绿原酸(3-咖啡酰奎宁酸, $389.00 \pm 17.15 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, DW)、丁香亭-3-O-葡萄糖苷($6169.78 \pm 209.73 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, DW)、丹酚酸C($443.37 \pm 21.07 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, DW)、槲皮素-3-O-葡萄糖苷酸($3456.11 \pm 89.14 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, DW)、金圣草黄素-6-C-葡萄糖苷($206.81 \pm 10.07 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, DW)、金丝桃苷(槲皮素-3-O-半乳糖苷, $154.44 \pm 7.63 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, DW)、槲皮苷(槲皮素-3-O-鼠李糖苷 $937.15 \pm 40.86 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, DW)、西伯利亚落叶松黄酮-3-O-半乳糖苷($17.27 \pm 0.82 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, DW)、锦葵色素-3-O-葡萄糖苷($202.74 \pm 10.04 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, DW)、西伯利亚落叶松黄酮-3-O-葡萄糖苷($101.27 \pm 4.99 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, DW)和山奈酚-3-O-鼠李糖苷($112.37 \pm 4.77 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, DW)。这些化合物的提取、纯化以及生理功能还需要深入研究。

2.2 榛雄花序、花粉的有效成分及功能研究

关于榛雄花序提取物抗菌性的研究,师伟^[18]从榛雄花序中分离得到3个活性物质,分别为 hirsutanone, hirsutanonol, keampferol-3-O- α -L-(4''-E-P-coumaroyl)-rhamnoside(KCR),这3种活性物质对金黄色葡萄球菌的最低抑菌浓度分别为0.008、0.008、0.02 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$;细胞膜完整性测定结果表明,上述

化合物均能破坏金黄色葡萄球菌细胞膜的完整性。通过对上述3种化合物广谱抑菌作用的研究表明, hirsutanone 和 hirsutanonol 对金黄色葡萄球菌、腊状芽孢杆菌、短小芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌、单增李斯特菌、白色念珠菌、大肠杆菌、变形杆菌、藤黄微球菌均有不同程度的抑制作用; KCR 对金黄色葡萄球菌、腊状芽孢杆菌、短小芽孢杆菌、大肠杆菌、单增李斯特菌表现出抑菌效果。这说明, 3个单体化合物对于常见的细菌具有一定的广谱抗菌性。

韩立杰^[19]测定的榛花粉中的总皂甙含量为 $(12.6 \pm 0.2) \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 总黄酮含量为 $(18.3 \pm 0.24) \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 总酚含量为 $(16.8 \pm 0.16) \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。曹思明等^[20]研究表明, 榛花粉各提取组分对胃癌细胞 (AGS) 和肝癌细胞 (SK-Hep1) 均有体外抑制作用, 对胃癌细胞的抑制效果更好, 抑制率达 75%, 其中, 二氯甲烷组分抑制活性比其他组分的高。在榛花粉提取物抗炎实验中^[21], 榛花粉提取物的二氯甲烷组分和乙酸乙酯组分都对 RAW264.7 细胞中的 NO 和 PGE2 的生成具有明显的抑制效果, 二氯甲烷组分对胃炎病变部位有一定的治疗作用, 对肝损伤细胞中 ALT 活性的升高具有一定的抑制作用。榛花粉的二氯甲烷提取物组分和乙酸乙酯提取物组分对细菌等微生物具有抑菌效果, 在最低抑菌浓度及最低杀菌浓度方面, 二氯甲烷组分低于乙酸乙酯组分, 但对表皮葡萄球菌 (*Staphylococcus epidermidis*) SK9 的作用例外^[22]。榛花粉提取物抗氧化能力的研究表明^[22], 乙醇和水提取物均有较强的清除 DPPH 自由基能力, 而且乙醇提取物在 DPPH 自由基清除能力、总抗氧化性及还原力方面都比水提取物的强; 用不同溶剂对榛花粉乙醇提取物进行再提取并进行抗氧化实验, 测定结果表明, 除水和己烷外, 其他组分均能较好的清除 DPPH 自由基, 其中, 乙酸乙酯组分清除 DPPH 自由基的能力高于抗氧化能力较强的维生素 E, 清除能力顺序为乙酸乙酯组分 > VE > 二氯甲烷组分 > 乙醇组分 > 正丁醇组分 > 水、己烷组分。

2.3 榛子壳的利用

在榛子壳利用方面, 有提取色素^[23]、吸附剂^[24-25]等研究报道。无论是榛子叶片、雄花序, 还是榛子壳中都含有丰富的功能性成分, 有些成分还是初次报导, 但目前的研究还仅限于对这些成分的含量测定和分类鉴定, 今后应加强新产品的综合开发利用研究。

3 榛坚果采收处理、贮藏与加工

榛坚果通常以干果炒货形式进入消费市场, 近些年来, 随着乡村游、观光采摘等社会需求的增加, 鲜食榛子越来越受青睐。据笔者课题组梁丽松等的研究结果(待发表), ‘达维’坚果成熟时鲜榛仁的脂肪和蛋白质含量分别达 36%~40% 和 11.5%, 种仁含水量达 35%~38%, 果壳含水量达 26%, 此时宜作为鲜果食用。榛鲜果可带果苞进行贮藏, 常温下可贮藏 5 d 左右, 限制常温贮藏时间的主要因素是果苞失水枯黄而影响品相, 坚果及种仁在低温下能存放更长时间; 0℃ 低温下贮藏 100 d 左右时, 果苞鲜绿基本完好。生产上一般认为在果苞出现“黄统”时即可采收, 果底与果苞可以脱离。关于榛子的采收, 目前国内主要是人工采摘, 采摘后经过晾晒、人工或机械脱除果苞、坚果继续晾晒至含水量达 7% 左右时即可进行贮藏。榛坚果在 10~13℃ 贮藏期 12 个月, 5~8℃ 贮藏期 18 个月, 0~3℃ 贮藏期 24 个月^[26]。美国、意大利等国家通常采用机械化采摘、脱苞, 坚果经除杂、清洗、烘干脱水后, 再经分级、包装后进行低温贮藏^[27]。我国榛子的采后处理与贮藏研究才刚起步, 梁丽松等结合国内外情况制定了《榛坚果贮藏技术规程》林业行业标准^[26], 可用于指导生产实践。

榛仁加工品的种类很多, 大部分是将生榛仁或烤制后的榛仁整粒或不同规格榛仁碎粒添加到巧克力糖果、面食、奶制品、冰淇淋等产品中, 还广泛用于冷菜原料烹饪菜肴和菜品装饰原料, 也有一部分是制粉、制酱后单独食用或添加到上述产品、咖啡制品、营养冲调粉等制品中, 另一部分用来提取油脂成分制成榛子油。国外榛仁碎片的产品分为烤制榛仁碎片和生榛仁碎片, 它们的规格有所不同。榛子食用加工产品归结起来有 9 大类, 分别为榛仁巧克力糖果类、榛仁面点类、榛子酱类、榛子冰淇淋类、榛子油类、榛子粉类、榛子奶制品类、榛子饮品类、榛子休闲食品类等, 具体产品种类可以有几百种^[27]。我国榛子产品加工的研究较少, 辽宁、吉林、山东等地有几家企业生产榛子油、榛子粉、榛子酱等产品, 都处在起步阶段。苗影志等^[28]报道了榛子乳饮料的加工技术, 孙凯峰等^[29]以榛子粕为原料研究了低脂榛仁蛋白饮料的配方, 生产的饮品呈乳白色, 状态均匀, 具有榛仁独特的香气。随着榛子产业的发展, 榛子加工新产品的研发将会越来越多。

4 中国榛子产业发展现状

平榛是中国原产的榛属植物中唯一得到人工利用的一个种,广泛分布于东北和华北地区,当地农民普遍采集野生平榛食用。在20世纪60—70年代,国家号召发展木本粮油,榛农对野生平榛榛林实行垦复经营,采取清林疏伐、平茬等措施,对野生榛林进行了适当的管理,提高了榛子产量和质量。进入21世纪以来,一些地区如辽宁省铁岭市加大了野生平榛资源垦复利用的力度,采取清林除杂、调整密度、交替平茬、病虫害防治、测土配方施肥、适时采收等管理措施,大大的提高了野生榛子的产量和质量,经过科学抚育管理的榛林产量由原来的 $150 \sim 225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 提高到 $900 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ^[27],目前一些高产榛林甚至达到 $3\,000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。在平榛人工栽培技术方面,提出平榛建园栽植、人工榛园经营、施肥技术、平榛卷叶象甲和榛瘿蚊等主要病虫害防治技术,使平榛的种植管理更加规范。2017年,铁岭市平榛人工经营面积 $>7.53 \text{ 万 hm}^2$,产量3100万kg,产值23亿元,平榛利用已成为铁岭市的农业主导产业之一。

20世纪80年代初,开始利用中国的平榛和引进的欧洲榛进行杂交育种,至2000年前后开始鉴定平欧杂种榛新品种,之后又经过10年左右在全国各地引种试种,至2010年前后开始作为产业进行规模化种植,近几年呈现出爆发式发展。平欧杂种榛新品种的出现,结束了我国榛子没有栽培种的历史,平欧杂种榛作为一项科技成果,带动了我国榛子产业的发展。“十三·五”以来,中国榛子产业进入了一个快速发展阶段,栽培面积快速增加。据不完全统计,截止到2017年春季植树结束时,全国平欧杂种榛栽培面积大于 5 万 hm^2 ,其中,辽宁 2.33 万 hm^2 ,吉林 0.93 万 hm^2 ,黑龙江 0.8 万 hm^2 ,山东 0.4 万 hm^2 ,河北 0.2 万 hm^2 ,山西、新疆、内蒙各 666 hm^2 。此外,北京、安徽、江苏、河南、陕西、甘肃、宁夏等其他各省区共 $1\,333 \text{ hm}^2$ 。在以上面积中,大部分是幼龄榛园,虽然按照结果园栽植,但实际是进行育苗为主的两用混合园,还有部分纯育苗园圃,因此,当前我国平欧杂种榛年产量不高,估计有 $5\,000 \text{ 吨}$ 。

尽管我国尚未进行正规品种区域化试验研究,但也在不断的对引种到各地的平欧杂种榛品种进行观察调查,基本明确了主要栽培品种的适生地区范围,各地要选择适宜当地气候环境特点的品种。梁维坚等^[30]根据多年的调查和研究,提出了我国榛子

产业发展的北部栽培区、中部栽培区、南部栽培区、干旱地带栽培区等区划布局,基本明确了不同栽培区所适应的栽培品种(系),并提出了适生区及优势区发展建议。依据安徽林科院等单位引种试验的调查结果,目前平欧杂种榛在全国的适宜栽培区范围划定在淮河以北地区,江淮地区为过渡带,长江中下游流域的种植表现不好。一些地方政府把发展榛子作为产业与退耕还林、精准扶贫和农业结构调整等政策措施的切入点,制定发展规划,利用各种优惠政策鼓励榛子产业发展,如黑龙江的通河县,举全县之力大力发展榛子产业。利用土地流转、规模经营等国家政策,大量工商资本投资榛子产业,极大的带动了榛子产业的规模化、标准化、专业化发展,而且往往是打造种植、深加工和市场销售一体化的产业链。平欧杂种榛栽植区不断扩大,现在中南部新兴产区逐渐形成,如山东省在近两年迅速发展了 $4\,000 \text{ hm}^2$,成为继东北产区之后的新兴产区,有的单个榛子园面积就达到 800 hm^2 。平欧杂种榛在新疆进行了多年、多地的引种试验,目前在伊犁州的种植较多,尤其在北疆地区可能会有较大的发展前景。

继2011年中国经济林协会成立榛子分会作为榛子产业的行业推广平台之外,2017年6月,国家林业局以林科发[2017]45号文批复中国林科院,依托中国林业科学研究院林业研究所和辽宁省经济林研究所组建“国家林业局榛子工程技术研究中心”。该中心联合国内从事榛子科研的院所等机构以及相关企业,围绕榛子种质创新、栽培与营养、贮藏加工、产业技术推广等方面开展工作,重点加强和完善科研平台、人才队伍、创新能力与科技服务体系建设,拓展国内外合作渠道,最终建成具有一流科研水平的榛子工程技术国家级研发基地。

5 问题与展望

榛子是营养丰富的木本油脂类坚果,目前的研究大多处于营养成分组成的测定、脂肪酸和蛋白质组分的测定,也涉及到一些抗氧化活性成分和功能研究及榛子蛋白粉性质的研究等,这些研究都是基础层面的工作,对于榛子食品开发方面的研究报导还很少。榛子有很多具有重要利用价值的副产品,如榛子叶、雄花序、果苞、榛壳等,对这些副产品的综合开发利用研究仅停留在组分测定和性质的研究,几乎没有开发出可产业化的产品。这主要是因为我国榛子产业刚刚起步发展,目前主要是苗木繁育热、

栽培面积快速增加,但是除了平榛在局部地区如辽宁铁岭形成一定规模外,平欧杂种榛的产量还很少。没有产量,也就缺少对加工的迫切需求,也就缺少研究的动力。随着产业的发展,需要加大榛仁深加工产品和副产品综合利用的研发力度,延长产业链,提高附加值。

总之,我国榛子产业已经从起步阶段向快速发展阶段转变,总面积在迅速增加,但大部分是幼龄园、育苗园,总产量不多。榛子种植者需要加大榛子宣传力度,创立品牌和开拓销售渠道。相信在未来几年,我国榛子栽植水平会进一步提高,产量会快速增加,加工产品的比重会增大,农业企业和社会合作社组织成为产业发展的主力。期待我国榛子产业健康、理性、稳定发展。

参考文献:

- [1] 韩克杰,邢世岩,王 利,等. 欧榛脂肪及脂肪酸成分分析及评价[J]. 中国粮油学报,2008, 23(4): 234-238.
- [2] 田文翰,梁丽松,王贵禧. 不同品种榛子种仁营养成分含量分析[J]. 食品科学,2012, 33(8): 265-269.
- [3] 宋新芳,邢世岩,董雷雷. 平榛脂肪及脂肪酸成分分析和综合评价[J]. 中国粮油学报,2008, 23(1): 189-193.
- [4] 段丽娟. 杂交榛开花结实物候期及生理特性研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009.
- [5] 翟秋喜,魏丽红. 榛果仁发育过程中矿质营养与贮藏物质及果仁鲜质量的相关性分析[J]. 西部林业科学,2015, 44(4): 150-153.
- [6] 魏丽红,翟秋喜. 榛果发育过程中主要营养成分的变化[J]. 果树学报,2012, 29(2): 217-222.
- [7] 李 潇. 平欧榛子油活性物质指纹图谱的构建与分析[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2016.
- [8] 田文翰. 不同品种榛子营养品质的分析[D]. 郑州: 河南农业大学, 2012.
- [9] 祝美云,田文翰,梁丽松,等. 不同种类榛子油脂脂肪酸组成及抗氧化活性[J]. 食品科学,2012, 33(23): 47-50.
- [10] 刘慧娟,刘果厚,李桂英,等. 柴油植物毛榛种仁油性分析[J]. 中国粮油学报,2013, 28(11): 41-45.
- [11] 祝美云,殷贺中,梁丽松,等. 榛子粉乳化性与起泡性研究[J]. 果树学报,2013, 30(4): 681-687.
- [12] 殷贺中,梁丽松,王贵禧. 榛子粉溶解性和膨胀势与其主要物质组成的关系[J]. 中国农业科学,2013, 46(11): 2321-

-2329.

- [13] 殷贺中,梁丽松,王贵禧. 不同品种榛子粉、榛子蛋白粉凝胶特性的研究[J]. 食品工业科技,2013, 34(23): 134-137.
- [14] 吕春茂,魏雅静,孟宪军,等. 平欧榛子蛋白分离及功能特性分析[J]. 食品与发酵工业,2013(12): 85-89.
- [15] 薛建飞. 平榛叶化学成分及其生物活性的研究[D]. 长春: 吉林大学, 2009.
- [16] 王 立,金哲雄. 平榛鞣质成分研究(Ⅲ)[J]. 中草药,2006(6): 810-812.
- [17] 赵明慧,姜子涛,刘 韬,等. 平榛叶中黄酮类化合物成分的研究[J]. 现代食品科技,2014,30(12):235-240.
- [18] 师 伟. 榛花中抑制金黄色葡萄球菌化合物的筛选及抑菌机制研究[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2011.
- [19] 韩立杰. 榛花粉成分及生理活性的研究[D]. 延吉: 延边大学, 2014.
- [20] 曹思明,韩立杰,张 玲,等. 榛花粉不同提取物组分抗肿瘤活性研究[J]. 延边大学学报: 自然科学版,2016, 42(1): 45-47.
- [21] 曹思明,韩立杰,张 玲,等. 榛花粉不同提取物组分抗炎活性研究[J]. 延边大学学报: 自然科学版,2015, 41(4): 326-330.
- [22] 韩立杰,李 影,刘子菱,等. 榛花粉提取物的抗氧化性以及抗菌活性的研究[J]. 食品科技,2013, 38(7): 235-238.
- [23] 王金玲,傅 伟,王振宇,等. 化学预处理法提取榛壳棕色素条件响应面优化[J]. 东北林业大学学报,2010, 41(8): 109-114.
- [24] 姜 爽,吕琳琳,郭宏伟. 榛子壳对亚甲基蓝吸附性能的研究[J]. 天然产物研究与开发,2017,29(1): 110-113,26.
- [25] 吕琳琳,姜效军,刁全平,等. 改性榛壳对水中孔雀石绿和亚甲基蓝吸附性能的研究[J]. 应用化工,2017, 46(7): 1343-1350.
- [26] 中华人民共和国林业行业标准. LY/T 2702-2016 榛坚果贮藏技术规程[S].
- [27] 梁维坚. 中国果树科学与实践·榛[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2015: 4-6
- [28] 苗影志,张 捷. 榛子乳饮料加工技术[J]. 中国果品研究, 1994(2): 14-15.
- [29] 孙凯峰,胡 伟. 低脂榛仁蛋白饮料的研制[J]. 安徽农业科学,2016, 44(33): 94-98.
- [30] 梁维坚,王贵禧. 大果榛子栽培实用技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 2015: 25-29.

(责任编辑:徐玉秀)