

甘肃陇南‘香玲’核桃成熟过程中表型特征、脂肪酸组成与含量的变化

巩芳娥^{1,2}, 虎云青^{1,2}, 高瑞琴³, 徐丽^{1,2}

(1. 陇南市经济林研究院 核桃研究所, 甘肃 武都 746000; 2. 甘肃省核桃工程技术研究中心, 甘肃 武都 746000;

3. 陇南市经济林研究院, 甘肃 武都 746000)

摘要:选取不同采摘时间的甘肃陇南‘香玲’核桃, 分析测定其表型特征及核仁干基含油率、油脂脂肪酸组成及含量在成熟过程(7月24日—9月4日)中的变化。结果表明:‘香玲’核桃的青果单果重随采摘时间的推迟整体缓慢降低, 横径整体缓慢增大, 湿果单果重整体缓慢下降, 核仁鲜重及干重缓慢增加; 核仁含油率随采摘时间的推迟逐渐增加; 不同采摘时间的‘香玲’核桃油脂脂肪酸含量存在差异, 但脂肪酸种类保持不变; 同时, 通过主成分分析得到棕榈酸、亚油酸、亚麻酸、硬脂酸对‘香玲’核桃油品质的影响较大, 采摘时间9月4日的核桃油品质较好。综上所述, 为达到“香玲”核桃有较高的含油率和核桃油品质较好的目标, 甘肃陇南‘香玲’核桃的最佳采收期建议为9月4日左右。

关键词:‘香玲’核桃; 核桃油; 表型特征; 脂肪酸

中图分类号: TS255.1; TQ646 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2021)03-0034-06

Changes of phenotypic character, fatty acid composition and content of Xiangling walnut during ripening in Longnan, Gansu

GONG Fang'e^{1,2}, HU Yunqing^{1,2}, GAO Ruiqin³, XU Li^{1,2}

(1. Walnut Research Institute of Longnan Economic Forestry Research Institute, Wudu 746000, Gansu, China;

2. Gansu Walnut Engineering and Technology Research Center, Wudu 746000, Gansu, China;

3. Longnan Economic Forestry Research Institute, Wudu 746000, Gansu, China)

Abstract: The changes of phenotypic characters, kernel dry base oil content of Xiangling walnut in Longnan of Gansu in the ripening process (July 24th – September 4th) and fatty acid composition and content of the oil were determined. The results showed that the single fruit weight of Xiangling walnut green fruit decreased slowly with the extension of picking time, the transverse diameter of green fruit increased slowly, the weight of wet fruit decreased slowly, the fresh and dry weight of walnut kernel increased slowly, and the oil content of walnut kernel increased gradually with the extension of picking time. The fatty acid contents of Xiangling walnut oil were different in different picking periods, but the species unchanged. Through principal component analysis, it was found that palmitic acid, linoleic acid, linolenic acid and stearic acid had great influence on the quality of Xiangling walnut oil, and the quality of walnut oil from walnut picked on September 4th was better. In conclusion, in order to get high oil content of Xiangling walnut and high quality of walnut oil, the best picking time of Xiangling walnut in

Longnan of Gansu was suggested on about September 4th.

Key words: Xiangling walnut; walnut oil; phenotypic character; fatty acid

收稿日期: 2020-06-11; 修回日期: 2020-11-30

基金项目: 中央财政林业科技推广示范项目(2019ZYTG1); 陇原青年创新创业人才项目; 陇南市市列科技项目(市列科技2018-01)

作者简介: 巩芳娥(1985), 女, 高级工程师, 硕士, 主要从事核桃丰产栽培、采后保鲜贮藏方面的工作(E-mail) 316815636@qq.com。

核桃(*Juglans regia* L.), 为胡桃科胡桃属, 是世界四大坚果之一, 具有较为理想的营养、药用价值。

根据《本草纲目》的记录信息,核桃具备性温、味甘与无毒的特性,而且对人体而言,有健胃、补血与润肺等重要功效,还可以安养心神。核仁蛋白质、维生素等营养成分相对较多,对于人体能起到较好的医疗与保健效果^[1]。目前,核桃在国内的种植范围较广,且近年来产量不断地提升^[2]。

陇南作为甘肃省核桃的主要产地,气候温和湿润,雨季长,是秦巴山区核桃最佳适生地之一。截至2019年,陇南市核桃种植总面积达28.8万hm²,核桃产量达9.5万t,产值达19亿元。核桃产业已成为当地农民脱贫致富的金钥匙。

目前,陇南市核桃产品的销售以核仁及核仁初加工产品为主,而核桃油产品销售并不多见。核桃油中含有丰富的营养成分,其中所含的亚油酸及亚麻酸等不饱和脂肪酸属于人体维持正常代谢所必需脂肪酸,有助于人们预防心脑血管疾病的发生,可实现较为理想的保健效果。含油率、脂肪酸组成与含量是影响核仁营养品质的重要元素,在核桃的成长、发育过程中,会伴随成熟期的延续有一定的变化^[3-4],从而影响核桃油的品质。国内有学者对核桃发育期油脂脂肪酸含量的动态变化做了研究^[5-6],但因地理环境不同,脂肪酸组成也会有差别,且作为陇南市核桃三大主栽品种之一的‘香玲’核桃的相关研究还鲜见报道。本文对不同采摘时间的‘香玲’核桃的表型特征、含油率、油脂的脂肪酸组成及含量的动态变化进行分析,为较好地确定‘香玲’核桃的采收期提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

‘香玲’核桃,采自陇南市经济林研究院黄家坝核桃种质资源圃,从核桃生长进入油脂积累期开始采摘,于2019年7月24—9月4日期间,每隔7d采摘1次,共采集样品7次。

10种脂肪酸甲酯混标(C₁₆~C₂₂,美国NU-CHEK-PREP公司)、石油醚(30~60℃)、甲醇、氢氧化钠、无水硫酸钠,均为分析纯,试验用水为去离子水。

PL203型电子天平,数显游标卡尺,IKA A11基本型研磨粉碎机(德国IKA集团),SZF-06C型粗脂肪测定仪,Trace 1300 ISQ气相色谱-质谱联用仪(Thermo Fisher Scientific),Minispec碳氢化合物含氢量测定仪。

1.2 试验方法

1.2.1 表型特征的测定

核桃采摘后,用数显游标卡尺测定青果的纵径、

横径、侧径,用电子天平称量青果的单果重,然后剥去青皮,测定湿果纵径、横径、侧径和单果重,剥壳,测定核仁的鲜重、干重。按式(1)、(2)分别计算果型指数和核型指数^[7]。

$$X = a/b \quad (1)$$

$$Y = c/d \quad (2)$$

式中: X 为果型指数; a 为青果纵径; b 为青果横径; Y 为核型指数; c 为湿果纵径; d 为湿果横径。

1.2.2 含油率的测定

将鲜核仁在50℃下烘干至恒重,采用Minispec碳氢化合物含氢量测定仪测定含油率。

1.2.3 核桃油的提取

参考GB 5009.6—2016进行核桃油的提取。

1.2.4 脂肪酸组成分析

1.2.4.1 甲酯化

采用酯交换法^[8]。精密称取油样约0.3g于20mL的具塞试管中,加5mL氢氧化钠-甲醇溶液(0.5mol/L)摇匀,在常温水浴下反应40min,每5min振摇1次,取出后加入5mL的石油醚,摇匀,静置,再加入5mL的蒸馏水,用移液枪吸取上层有机相于离心管中,加无水硫酸钠干燥,离心、过滤、稀释后进GC-MS分析。

1.2.4.2 GC-MS分析条件

GC条件参考闫辉强等的方法^[9]:AE-FFAP色谱柱(30m×0.25mm,0.25μm);载气为99.999%的高纯氦气;进样口温度250℃;升温程序为160℃,保持3min,以4℃/min的速率上升到190℃,保持2min,再以10℃/min的速度上升到210℃,保持5min,以5℃/min的速度上升到240℃,保持5min;进样量1μL;分流进样,分流比50:1;载气模式为恒流模式;载气流速1.0mL/min;GC-MS接口温度250℃。

MS条件^[8]:传输线温度250℃,电离方式EI,电离电压70eV,离子源温度280℃,质量扫描方式为Full Scan,质量扫描范围50~650,溶剂延迟3min。

1.2.4.3 脂肪酸的定性定量

运用NIST2011版数据库检索与结合C₁₆~C₂₂混标比对定性,采用峰面积归一化法得到各主要脂肪酸的相对含量。

1.2.5 脂肪酸含量的相关性分析

采用SPSS 20.0软件的Pearson相关分析法计算‘香玲’核桃油脂脂肪酸含量之间的相关性。

1.2.6 脂肪酸含量的主成分分析

采用SPSS 20.0软件进行主成分分析。

1.2.7 数据处理与统计分析

使用 Origin 9.0 绘图,数据采用“ $\bar{x} \pm s$ ”的方式表示, $P < 0.05$ 表示数据具有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 ‘香玲’核桃果实表型特征随生长发育的变化 (见表1)

表1 不同采摘时间‘香玲’核桃果实表型特征的变化

表型特征	7月24日	7月31日	8月7日	8月14日	8月21日	8月28日	9月4日
青果单果重/g	73.40 ± 4.02a	68.11 ± 3.79b	57.87 ± 3.01f	59.11 ± 5.87e	64.30 ± 5.20c	64.82 ± 9.70c	63.49 ± 1.17d
青果横径/mm	45.24 ± 0.84c	45.61 ± 0.98bc	46.28 ± 0.95ab	46.29 ± 2.28ab	45.80 ± 1.33b	46.23 ± 1.79ab	46.91 ± 2.28a
青果纵径/mm	54.79 ± 0.56a	54.80 ± 1.18a	53.22 ± 1.11b	53.31 ± 1.45b	54.74 ± 1.26a	55.09 ± 2.71a	54.64 ± 0.72a
青果侧径/mm	48.17 ± 1.27a	48.20 ± 1.15a	46.15 ± 1.84b	46.57 ± 1.34b	48.13 ± 1.55a	47.12 ± 2.40b	47.00 ± 1.35b
果型指数	1.21 ± 0.34a	1.20 ± 0.56a	1.15 ± 0.41b	1.15 ± 0.33b	1.20 ± 0.05a	1.19 ± 0.21a	1.16 ± 0.24ab
湿果单果重/g	25.59 ± 5.16b	26.39 ± 1.57a	20.61 ± 1.42f	21.48 ± 1.45de	22.15 ± 1.41d	23.13 ± 2.60c	20.85 ± 1.18ef
湿果横径/mm	35.43 ± 0.30a	34.65 ± 0.83abc	34.03 ± 0.66cd	33.80 ± 1.38d	34.87 ± 0.84ab	34.39 ± 6.97bcd	34.56 ± 1.12abcd
湿果纵径/mm	41.30 ± 0.86a	40.89 ± 0.85a	38.97 ± 0.88b	39.37 ± 0.63b	40.58 ± 0.86a	41.33 ± 1.30a	41.28 ± 1.39a
湿果侧径/mm	37.15 ± 1.30a	36.95 ± 1.52a	34.13 ± 0.45c	34.06 ± 0.46c	36.61 ± 2.94a	34.89 ± 1.58b	36.54 ± 3.40a
核型指数	1.17 ± 0.44ab	1.18 ± 0.12ab	1.15 ± 0.21b	1.16 ± 0.05ab	1.16 ± 0.61ab	1.20 ± 0.26a	1.19 ± 0.43ab
核仁鲜重/g	7.93 ± 0.60d	7.97 ± 0.58cd	7.69 ± 0.45d	8.63 ± 0.73bc	9.01 ± 0.64ab	9.44 ± 0.88a	9.66 ± 0.73a
核仁干重/g	5.69 ± 0.43d	6.19 ± 0.49cd	6.00 ± 0.30d	6.84 ± 0.49bc	7.16 ± 0.48ab	7.67 ± 0.56a	7.85 ± 0.70a

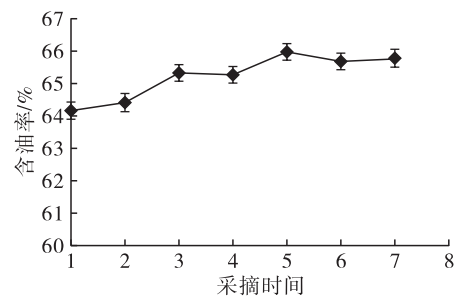
注:同行数据后不同字母表示差异达显著水平($P < 0.05$)。

从表1可以看出:随着采摘时间的推迟,‘香玲’核桃的青果单果重整体呈缓慢降低的趋势,青果横径整体呈缓慢增大的趋势,而纵径和侧径无明显变化规律,果型指数呈波动下降趋势;湿果单果重整体呈缓慢下降的趋势,而湿果的横径、纵径、侧径无明显变化规律,这可能是手工脱青皮过程中引起的误差,核型指数无明显变化规律,平均均值为1.17;核仁鲜重和干重呈缓慢增加的趋势。核仁干重平均值(6.77 g)低于山东‘香玲’核桃的(6.89 g)^[10],这可能是因为地域差异导致的。

2.2 ‘香玲’核仁干基含油率随生长发育的变化 (见图1)

由图1可知,随采摘时间的推迟,‘香玲’核仁干基含油率呈前期逐渐增加后期基本稳定的趋势,这与何国庆等^[11]的研究结果一致。‘香玲’核桃的

含油率在8月21日最高,为65.97%,接近刘丙花等^[10]的研究结果(67.69%)。



注:1~7对应的采摘时间分别为7月24日、7月31日、8月7日、8月14日、8月21日、8月28日、9月4日。

图1 不同采摘时间‘香玲’核仁干基含油率的变化

2.3 ‘香玲’核桃油的脂肪酸组成随生长发育的变化 (见表2、表3)

表2 不同采摘时间‘香玲’核桃油脂肪酸组成的变化

脂肪酸	7月24日	7月31日	8月7日	8月14日	8月21日	8月28日	9月4日
棕榈酸	7.77 ± 0.14	7.00 ± 0.17	6.66 ± 0.07	6.78 ± 0.25	6.89 ± 0.15	6.99 ± 0.01	7.97 ± 0.19
棕榈一烯酸	0.17 ± 0.00	0.14 ± 0.01	0.12 ± 0.01	0.11 ± 0.02	0.11 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.14 ± 0.02
十七烷酸	0.08 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.02	0.06 ± 0.01	0.08 ± 0.01
十七碳一烯酸	0.05 ± 0.00	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.00	0.05 ± 0.01	0.02 ± 0.03
硬脂酸	2.55 ± 0.01	2.65 ± 0.01	2.87 ± 0.04	2.75 ± 0.03	2.50 ± 0.04	2.47 ± 0.01	3.40 ± 0.04
油酸	20.61 ± 0.07	28.14 ± 0.37	24.61 ± 0.14	24.26 ± 0.23	24.80 ± 0.05	29.35 ± 0.13	17.50 ± 0.10
亚油酸	56.44 ± 0.17	53.09 ± 0.31	54.36 ± 0.32	55.00 ± 0.09	53.99 ± 0.25	50.68 ± 0.21	58.68 ± 0.26
亚麻酸	11.90 ± 0.17	8.47 ± 0.08	10.86 ± 0.40	10.60 ± 0.12	9.86 ± 0.19	9.88 ± 0.12	11.82 ± 0.20
花生酸	0.09 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.02	0.07 ± 0.01	0.09 ± 0.01
花生一烯酸	0.21 ± 0.01	0.23 ± 0.01	0.21 ± 0.02	0.20 ± 0.02	0.19 ± 0.01	0.23 ± 0.01	0.17 ± 0.01
SFA	10.49 ± 0.13	9.80 ± 0.32	9.68 ± 0.58	9.68 ± 0.16	9.54 ± 1.06	9.59 ± 0.24	11.54 ± 0.02
UFA	89.39 ± 0.02	90.12 ± 0.15	90.21 ± 0.22	90.22 ± 0.21	89.00 ± 0.31	90.33 ± 0.24	88.33 ± 0.01
PUFA	68.34 ± 0.25	61.56 ± 0.13	65.22 ± 0.27	65.60 ± 0.15	63.85 ± 0.13	60.56 ± 0.04	70.49 ± 0.12
MUFA	21.04 ± 0.05	28.56 ± 0.01	24.99 ± 0.26	24.62 ± 0.35	25.15 ± 0.51	29.77 ± 0.43	17.83 ± 1.22

表3 不同采摘时间‘香玲’核桃油 MUFA/PUFA 和油酸/亚油酸变化

项目	7月24日	7月31日	8月7日	8月14日	8月21日	8月28日	9月4日
MUFA/PUFA	0.31 ± 0.21	0.46 ± 0.51	0.38 ± 0.15	0.38 ± 0.18	0.39 ± 0.04	0.49 ± 0.25	0.25 ± 0.43
油酸/亚油酸	0.37 ± 0.07	0.53 ± 0.02	0.45 ± 0.00	0.44 ± 0.26	0.46 ± 0.06	0.58 ± 0.14	0.30 ± 0.07

从表2可以看出,‘香玲’核桃在生长发育过程中脂肪酸含量在不同采摘时期存在差异,但脂肪酸种类保持不变。本研究中脂肪酸的种类与刘丙花等^[10]的研究结果一致,但与于沛沛^[12]、张婷婷^[13]、虎海防^[14]、郝艳宾^[15]等研究的‘香玲’核桃油脂脂肪酸的种类略有差异,这可能是由于地理环境的不同,脂肪酸组成有一定差别^[12]。

从表2、表3可以看出:‘香玲’核桃油中主要脂肪酸为亚油酸、油酸、亚麻酸、棕榈酸、硬脂酸;随采摘时间的推迟,‘香玲’核桃油中亚油酸含量整体呈先降低后升高的趋势,油酸含量整体呈先升高后降低的趋势;硬脂酸含量在7月24日—8月28日无明显变化,8月28日—9月4日有较大的上升;棕榈酸、亚麻酸含量在生长发育过程中并未产生显著变化;饱和脂肪酸(SFA)含量呈先降低后上升的趋

势,不饱和脂肪酸(UFA)含量整体呈先小幅度上升后降低的趋势,这与何国庆等^[11]的分析结果基本相同;单不饱和脂肪酸(MUFA)、单不饱和脂肪酸(MUFA)/多不饱和脂肪酸(PUFA)及油酸/亚油酸的变化趋势则相似,整体呈先上升后下降的趋势;多不饱和脂肪酸(PUFA)含量整体呈先下降后升高的趋势。在生长发育过程(7月24日—9月4日)中,油酸、亚麻酸、棕榈酸平均含量分别为24.18%、10.48%、7.15%,均略高于山东、河南、河北、山西、陕西、北京产区‘香玲’核桃油的^[2];亚油酸、硬脂酸平均含量分别为54.61%、2.74%,均略低于以上产区的;不饱和脂肪酸的平均含量为89.66%,与上述产区的相似。

2.4 ‘香玲’核桃油脂脂肪酸之间的相关性(见表4)

表4 ‘香玲’核桃油脂脂肪酸之间的相关系数

脂肪酸	棕榈酸	棕榈一烯酸	十七烷酸	十七碳一烯酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸	花生酸	花生一烯酸
棕榈酸	1									
棕榈一烯酸	0.363	1								
十七烷酸	0.668	0.420	1							
十七碳一烯酸	-0.566	-0.147	-0.548	1						
硬脂酸	0.473	-0.032	0.552	-0.898**	1					
油酸	-0.814*	-0.125	-0.855*	0.651	-0.682	1				
亚油酸	0.735	0.206	0.941**	-0.711	0.746	-0.962**	1			
亚麻酸	0.740	0.024	0.511	-0.319	0.417	-0.830*	0.663	1		
花生酸	0.668	0.420	1.000**	-0.548	0.552	-0.855*	0.941**	0.511	1	
花生一烯酸	-0.527	0.249	-0.626	0.733	-0.692	0.831*	-0.809*	-0.566	-0.626	1

注:**表示0.01水平极显著,*表示0.05水平显著。

从表4可以看出:棕榈酸含量与油酸含量呈显著负相关($r = -0.814$);十七烷酸含量与花生酸、亚油酸含量呈极显著正相关($r = 1, r = 0.941$),与油酸含量呈显著负相关($r = -0.855$);十七碳一烯酸含量与硬脂酸含量呈极显著负相关($r = -0.898$);油酸含量与亚麻酸、花生酸含量呈显著负相关($r = -0.830, r = -0.855$),与花生一烯酸含量呈显著正相关($r = 0.831$),与亚油酸含量呈极显著负相关($r = -0.962$),这与蔡达^[16]、俞春莲^[7]等的研究结果相似。

2.5 ‘香玲’核桃油脂脂肪酸含量的主成分分析

通过SPSS对‘香玲’核桃油脂脂肪酸含量进行主

成分分析,获得核桃不同采摘时间‘香玲’核桃油较为重要的脂肪酸含量变化信息,主成分特征值和贡献率见表5。

表5 主成分特征值和贡献率

主成分	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
1	6.61	66.10	66.10
2	1.47	14.73	80.83

由表5可知,主成分1的贡献率为66.10%,主成分2的贡献率为14.73%,前2个主成分的累积方差贡献率达到80.83%,能够较好地反映出不同采摘时间‘香玲’核桃油脂脂肪酸的整体信息。

表6为相应的主成分得分系数矩阵。由表6可

知,一些变量和主成分1、2存在一定的关系。和主成分1表现为正相关的脂肪酸包括棕榈酸、棕榈一烯酸、十七烷酸、硬脂酸、亚油酸、亚麻酸、花生酸。和主成分2表现为正相关的脂肪酸有棕榈酸、棕榈一烯酸、十七烷酸、十七碳一烯酸、油酸、亚油酸、花生酸、花生一烯酸。通过研究可得出,脂肪酸含量的具体变化和不同的采摘时间有较为密切的相关性。

表6 主成分得分系数矩阵

脂肪酸	主成分1	主成分2
棕榈酸	0.123	0.151
棕榈一烯酸	0.034	0.611
十七烷酸	0.135	0.208
十七碳一烯酸	-0.117	0.171
硬脂酸	0.117	-0.253
油酸	-0.148	0.030
亚油酸	0.149	0.012
亚麻酸	0.108	-0.039
花生酸	0.135	0.208
花生一烯酸	-0.124	0.317

图2为核桃油脂肪酸主成分分析载荷图。由图2结合脂肪酸含量得到主成分1更能代表棕榈酸、亚油酸、亚麻酸、硬脂酸。主成分2更能代表油酸。因为主成分1的方差贡献率较大,因此主成分1上相应的棕榈酸、亚油酸、亚麻酸、硬脂酸对‘香玲’核桃油品质构成的影响更加显著。

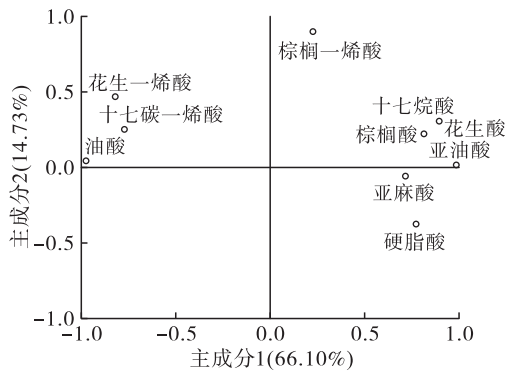


图2 脂肪酸主成分分析载荷图

基于主成分特征值的计算,分析获得主成分1的详细评分,参考各个采摘时间的主成分评分,分析获得相应的综合得分,最后进行计算排序。脂肪酸主成分得分如表7所示。由表7可看出,9月4日综合得分最高,说明在该时间段内‘香玲’核桃油品质较佳。

表7 脂肪酸主成分得分

采摘时间	得分	排名
7月24日	1.97	2
7月31日	-1.24	6

续表7

采摘时间	得分	排名
7月24日	1.97	2
8月7日	-0.76	4
8月14日	0.27	3
8月21日	-0.99	5
8月28日	-2.46	7
9月4日	3.21	1

3 结论

(1)‘香玲’核桃的青果单果重随采摘时间的推迟整体缓慢降低,横径整体缓慢增大,纵径和侧径无明显变化规律;‘香玲’核桃湿果单果重整体缓慢降低,横径、纵径、侧径无明显变化规律;核仁鲜重及干重呈缓慢增加的趋势。

(2)核仁含油率随采摘时间的推迟呈增大趋势,其中含油率在7月24—8月21日上升较快,之后基本稳定。

(3)通过对不同采摘时间的‘香玲’核桃油进行脂肪酸检测发现,在生长发育过程中‘香玲’核桃油脂肪酸含量在不同采摘时间存在差异,但脂肪酸种类保持不变。随采摘时间的推迟,‘香玲’核桃油中亚油酸含量整体呈先降后升的趋势,油酸含量整体呈先升后降的趋势,硬脂酸含量在7月24日—8月28日基本稳定,直至9月4日有较大的上升,棕榈酸和亚麻酸含量变化不大。

(4)通过主成分分析得棕榈酸、亚油酸、亚麻酸、硬脂酸对‘香玲’核桃油品质的影响较大,根据主成分的特征值和特征向量,计算主成分得分可知采摘时间9月4日的‘香玲’核桃油品质较好。为达到‘香玲’核桃有较高的含油率和核桃油品质较好的目标,甘肃陇南‘香玲’核桃的最佳采收期建议为9月4日左右。

参考文献:

- [1] 巩芳娥, 虎云青, 贾星宏. 陇南主栽核桃品种青果低温贮藏下感官品质的变化[J]. 经济林研究, 2018, 36(4): 59-63.
- [2] 刘警, 于秋香, 李扬, 等. 我国核桃生产的现状、问题及发展对策[J]. 北方果树, 2020(6): 38-41.
- [3] 陈文静, 刘翔如, 邓秋菊, 等. 薄壳山核桃果实发育及脂肪酸累积变化规律[J]. 经济林研究, 2016, 34(2): 50-55.
- [4] 杨永兴, 虎云青, 王惠明, 等. 陇南清香核桃主要理化指标随生长期的动态变化[J]. 经济林研究, 2018, 36(2): 58-63.

(下转第51页)

- by *D* - galactose and aluminum chloride in mice [J]. *Molecules*, 2018, 23(9): 2308 - 2322.
- [19] 高辉, 欧阳晓晖, 苏秀兰. 生物活性肽抗肿瘤机制研究进展[J]. *医学研究杂志*, 2019, 48(3): 11 - 14.
- [20] HOSKIN D W, RAMAMOORTHY A. Studies on anticancer activities of antimicrobial peptides [J]. *Biochim Biophys Acta*, 2008, 1778(2): 357 - 375.
- [21] 翟梦新, 赖莹, 崔犁, 等. 核桃仁蛋白木瓜酶水解物抑制癌细胞增殖[J]. *食品科技*, 2013, 38(9): 6 - 10.
- [22] LIAO W Z, LAI T, CHEN L Y, et al. Synthesis and characterization of a walnut peptides - zinc complex and its antiproliferative activity against human breast carcinoma cells through the induction of apoptosis [J]. *J Agric Food Chem*, 2016, 64(7): 1509 - 1519.
- [23] MA S H, HUANG D, ZHAI M X, et al. Isolation of a novel bio - peptide from walnut residual protein inducing apoptosis and autophagy on cancer cells [J]. *BMC Complem Altern M*, 2015, 15(1): 413 - 427.
- [24] LI X Y, GUO M L, CHI J T, et al. Bioactive peptides from walnut residue protein [J]. *Molecules*, 2020, 25(6): 1285 - 1298.
- [25] 包怡红, 于阳阳, 赵若诗. 酶解山核桃蛋白制备降血压肽的工艺[J]. *食品科学*, 2013, 34(1): 220 - 224.
- [26] 周慧江. 核桃蛋白源 ACE 抑制剂肽的酶法制备及分离、纯化[D]. 西安: 陕西科技大学, 2013.
- [27] WANG C, TU M L, WU D, et al. Identification of an ACE - inhibitory peptide from walnut protein and its evaluation of the inhibitory mechanism [J]. *Int J Mol Sci*, 2018, 19(4): 1156 - 1166.
- [28] LIU M, DU M, ZHANG Y C, et al. Purification and identification of an ACE inhibitory peptide from walnut protein [J]. *J Agric Food Chem*, 2013, 61(17): 4097 - 4100.
- [29] 顾欣, 李迪, 侯雅坤, 等. 核桃蛋白源血管紧张素转化酶抑制剂的分离纯化[J]. *食品科学*, 2013, 34(9): 52 - 55.
- [30] LI W Z, ZHAO T T, ZHANG J N, et al. Effect of walnut protein hydrolysate on scopolamine - induced learning and memory deficits in mice [J]. *J Food Sci Technol*, 2017, 54(10): 3102 - 3110.
- [31] 邹娟. 核桃多肽对体内外老年痴呆实验模型的干预作用研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2016.
- [32] ZOU J, CAI P S, XIONG C M, et al. Neuroprotective effect of peptides extracted from walnut (*Juglans sigilata* Dode) proteins on $A\beta_{25-35}$ - induced memory impairment in mice [J]. *J Huazhong Univ Sci Technol [Med Sci]*, 2016, 36(1): 21 - 30.
- [33] 杜倩, 乌兰, 刘睿, 等. 核桃肽对幼年小鼠学习记忆能力的影响[J]. *中国生育健康杂志*, 2017, 28(6): 538 - 543.
- [34] 崔玲玉. 长白山核桃蛋白肽的制备及功能活性研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2016.
- [35] 崔犁, 郭淼, 翟梦新, 等. 核桃仁蛋白中性蛋白酶水解物提高脾淋巴细胞和巨噬细胞功能[J]. *食品科技*, 2013, 38(9): 15 - 19.
- [36] 杨胜杰, 钟少达, 崔玉梅, 等. 核桃肽免疫调节作用的研究[J]. *北方药学*, 2019, 16(7): 129 - 131.
- [37] 张亭, 珠娜, 刘睿, 等. 核桃低聚肽润肠通便功能作用[J]. *中国公共卫生*, 2019, 35(9): 1225 - 1228.
- [38] 王攀, 范娜. 中性蛋白酶酶解核桃饼粕制备抑菌多肽的研究[J]. *食品工业*, 2018, 39(9): 153 - 157.
- [39] 乌兰, 刘睿, 杜倩, 等. 核桃肽对小鼠的抗疲劳作用[J]. *中国食物与营养*, 2018, 24(12): 50 - 54.
- [40] 段心妍. 核桃肽对雄性大鼠抗疲劳作用的研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2014.
- [41] 李丽. 核桃多肽防治糖尿病物质基础及作用机制研究[D]. 武汉: 武汉工程大学, 2016.
- [42] LI Q, KANG X Y, SHI C C, et al. Moderation of hyperuricemia in rats via consuming walnut protein hydrolysate diet and identification of new antihyperuricemic peptides [J]. *Food Funct*, 2018, 9(1): 107 - 116.
-
- (上接第 38 页)
- [5] 黄玉华. 薄壳山核桃‘波尼’果实不同发育时期营养成分的动态变化[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2017.
- [6] 王蓓. 两个早实核桃品种果实生长发育与油体积积累[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2015.
- [7] 俞春莲. 薄壳山核桃果实成熟过程中主要营养物质变化规律研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2013.
- [8] 韩深, 卢晓宇, 邵瑞婷, 等. GC - FID 甲酯化法测定橄榄油中六种脂肪酸[J]. *分析实验室*, 2007, 26(1): 136 - 139.
- [9] 闫辉强, 后春静, 马君义, 等. 不同品种和成熟度的油橄榄果表型性状与脂肪酸组成及含量分析[J]. *中国油脂*, 2019, 44(4): 105 - 111.
- [10] 刘丙花, 赵登超, 韩传明, 等. ‘香玲’核桃坚果品质分析[J]. *山东林业科技*, 2015, 45(3): 21 - 26.
- [11] 何国庆, 俞春莲, 饶盈, 等. 山核桃果实成熟过程中矿物质元素及脂肪酸组分变化[J]. *浙江农林大学学报*, 2019, 36(6): 1208 - 1216.
- [12] 于沛沛, 于萌萌, 姜启兴, 等. 不同产地核桃仁的成分分析及营养评价[J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(18): 296 - 299.
- [13] 张婷婷. 不同施肥处理对核桃生长、产量和坚果品质的影响[D]. 陕西 杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
- [14] 虎海防. 不同主栽区核桃坚果品质研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2013.
- [15] 郝艳宾, 王克建, 王淑兰, 等. 几种早实核桃坚果中蛋白质、脂肪酸组成成分分析[J]. *食品科学*, 2002(10): 123 - 125.
- [16] 蔡达, 刘红芝, 刘丽, 等. 不同工艺制备核桃油品质比较及相关性分析[J]. *中国油脂*, 2014, 39(3): 80 - 84.