板栗种仁脂肪含量及其脂肪酸组成

梁丽松[1,2]，李如华[3]，王贵禧[1]，张柏林[2,*]
(1.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，北京 100091；2.北京林业大学生物科学与技术学院，北京 100083；3.中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所，北京 100091)

摘 要：以中国3个主要品种群中不同产区的24个板栗品种为试材，研究板栗种仁中的脂肪含量及脂肪酸组成特性，探讨不同品种以及品种群板栗种仁中脂肪含量及脂肪酸构成的差异。结果表明：1)板栗种仁中的脂肪含量在1.15～4.48g/100g(以干质量计)之间；2)板栗种仁中主要包含了从C_{14}～C_{20}碳链长度的饱和脂肪酸(SFA)和不饱和脂肪酸(UFA)，其中C_{16}和C_{18}是最主要的两类脂肪酸，它们在脂肪酸组成中所占比例分别在7.35%～25.81%和64.51%～91.83%范围内；3)C_{16}/C_{18}在0.08～0.37之间，且C_{16}脂肪酸中以饱和态的$C_{16:0}$为主，C_{18}脂肪酸中以不饱和态的$C_{18:1}$、$C_{18:2}$为主；4)板栗种仁中的SFA所占比例(9.64%～29.22%)远远低于UFA所占比例(70.78%～90.36%)，SFA/UFA构成比例在0.11～0.41之间。结果表明，板栗种仁脂肪含量及脂肪酸组成在不同品种之间存在显著差异，但在品种群之间没有表现出明显差异。

关键词：板栗；脂肪；脂肪酸；品种；品种群

Fat Content and Fatty Acid Composition of Chinese Chestnut (*Castanea mollissima* Blume) Kernels

LIANG Li-song[1,2]，LI Ru-hua[3]，WANG Gui-xi[1]，ZHANG Bo-lin[2,*]
(1. Research Institute of Forestry, China Academy of Forestry, Key Laboratory of Forestry Silviculture of State Forestry Administration, Beijing 100091, China；2. School of Biological Science and Biotechnology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China；3. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract：Tweenty-four cultivars of Chinese chestnut (*Castanea mollissima* Blume) collected from different growing regions and assigned to three major groups in China were tested in this study. Fat content and fatty acid composition of the kernels of these cultivars were determined on a dry matter basis to explore the differeneces among the single cultivars and among the groups. Fat content in the kernels of the 24 cultivars varied between 1.15 g/100 g and 4.48 g/100 g. Saturated fatty acids (SFA) and unsaturate fatty acids (UFA) with carbon chain length ranging from C_{14} to C_{20} were detected as main fatty acids, and among them C_{16} and C_{18} were the most predominant, which accounted for 7.35% to 25.81% and 64.51% to 91.83% of the total fatty acids, respectively, with a ratio of C_{16} to C_{18} ranging from 0.08 to 0.37. The most dominant C_{16} fatty acid was $C_{16:0,}$ and the most dominant C_{18} fatty acids were $C_{18:1}$ and $C_{18:2}$. SFAs represented a much lower percentage (9.64%－29.22%) of the total fatty acids than UFAs (70.78%–90.36%), with a SFA/UFA ratio of 0.11 to 0.41. To sum up, both fat content and fatty acid composition indicate significant differences among the kernels of different cultviars rather than among different groups.

Key words：Chinese chestnut；fat；fatty acid；cultivar；cultivar group
中图分类号：S371 文献标志码：A 文章编号：1002-6630(2013)10-0153-06
doi:10.7506/spkx1002-6630-201310033

板栗(*Castanea mollissima* Blume)是中国最主要的经济林树种之一，栽培范围广、品种多、产量大。板栗种仁中含有大量淀粉，其淀粉含量约占种仁干质量的50%～60%，脂质成分含量很低，约占干质量的1%左右[1]。已有研究主要集中在板栗营养品质和加工工艺方面[2-5]，近年来人们开始关注板栗淀粉的特性，并逐步在板栗淀粉特性方面开展了研究工作，主要包括淀粉粒的形态结构、淀粉糊化特性、淀粉级分构成等，另外对板栗粉的糊化特性也进行了初步研究[6-10]。研究发现[11-12]，虽然板栗中的脂质含量很低，但脂质的存在对板栗淀粉的理化特性有一定影响，对板栗粉的理化性质也有影响。目前有关板栗脂质成分的研究还未见报道。

收稿日期：2012-04-01
基金项目：中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2007-09)
作者简介：梁丽松(1972—)，女，副研究员，博士，研究方向为农产品采后生物学。E-mail：anna20020123@yahoo.com.cn
*通信作者：张柏林(1963—)，男，教授，博士，研究方向为食品生物技术。E-mail：zhangbolin888@126.com

本研究以我国不同产区的24个主栽品种板栗为试材，利用索氏提取装置提取板栗种仁中的脂质，通过气相色谱分析其中的脂肪酸组分，比较不同品种间的粗脂肪含量及脂肪酸组成差异，分析我国板栗种仁脂质成分含量及脂肪酸组成特性，旨在为板栗生产中种仁的精深加工利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

1.1.1 材料

参照《中国果树志·板栗：榛子卷》对中国板栗品种群的划分[13]，从中国板栗主要分布区选取以下3个品种群9个产区24个主栽品种板栗为试材，见表1，各品种板栗于正常成熟后采收运至北京，装入保鲜袋中于0℃冷藏备用。

表1 品种编号

Table 1 List of Chinese chestnut varieties

品种群	产区	品种
北方品种群 (north cultivar group，NCG)	北京	‘园和黑七’
		‘燕昌’
	唐山	‘大板红’
		‘燕魁’
		‘燕山短枝’
		‘燕山早丰’
	山东	‘鲁岳早丰’
		‘泰栗1号’
中间类型品种群 (mid-type cultivar group，MCG)		‘黄棚’
	河南	‘小紫油栗’
		‘确山毛栗’
	安徽	‘二新早’
		‘早栗子’
	浙江	‘建选3号’
		‘建选8号’
		‘建选10号’
		‘南蒲魁栗’
南方品种群 (south cultivar group，SCG)	湖南	‘九家种’
		‘粘底板’
		‘铁粒头’
	江西	‘SQ021’
		‘SQ022’
	江苏	‘中熟青扎’
		‘平桥毛栗’

1.1.2 试剂

乙醚(分析纯) 北京化学试剂厂；乙醚、甲醇、正己烷(均为色谱级) 德国Meker公司。

1.2 仪器与设备

7890型气相色谱仪(连接TL9900色谱工作站进行数据分析) 美国安捷伦公司。

1.3 方法

1.3.1 脂肪含量测定[14]

采用索氏提取法。取20粒健康板栗脱去内外种皮，将种仁粉碎、烘干。称取粉碎烘干的种仁用滤纸包好置于索氏提取器中，加入乙醚提取8h。按下面公式计算脂肪含量(以干质量计)。

$$粗脂肪含量/(g/100g)=\frac{收集瓶和脂肪总质量/g-收集瓶质量/g}{称取的样品质量/g}\times 100$$

1.3.2 脂肪酸组成测定[14]

采用气相色谱法。将1.3.1节提取出来脂肪用乙醚溶解，加入适量40% KOH-甲醇溶液，使脂肪酸甲酯化；之后加入适量蒸馏水使溶液分层，取上层有机相进样测定。

色谱条件：HP-FFAP弹性石英毛细管柱(30m×0.25mm，0.25μm)；FID检测器；进样口温度250℃；检测器温度230℃；色谱柱采用程序升温：100℃保持1min，再以4℃/min升温至200℃保持80min。

1.4 数据分析

采用SPSS 11.0软件，进行差异显著性分析和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 板栗种仁粗脂肪含量

表2 板栗种仁粗脂肪含量及脂肪酸组成比例

Table 2 Fat content and fatty acid composition of Chinese chestnut kernels

产区	品种	种仁粗脂肪含量/(g/100g)	不饱和脂肪酸所占比例/%	饱和脂肪酸/不饱和脂肪酸
北方品种群	园和黑七	2.95^{gh}	77.82^{cde}	0.28^{ef}
	燕昌	3.49^{hi}	82.62^{efgh}	0.21^{bcde}
	大板红	1.82^{abcde}	81.46^{defgh}	0.23^{bcde}
	燕魁	4.48^{j}	19.17^{a}	4.22^{h}
	短枝	2.99^{gh}	84.05^{gh}	0.19^{abcd}
	早丰	1.58^{abc}	70.78^{b}	0.41^{g}
中间类型品种群	鲁岳早丰	1.82^{acde}	81.27^{defgh}	0.23^{bcde}
	泰栗1号	1.70^{abcd}	81.85^{defgh}	0.22^{bcde}
	黄棚	2.69^{efgh}	82.83^{fgh}	0.21^{bcde}
	小紫油栗	2.35^{cdefg}	84.09^{gh}	0.19^{abcd}
	确山毛栗	2.86^{fgh}	80.95^{defgh}	0.24^{bcde}
	早栗子	2.18^{cdefg}	80.15^{defg}	0.25^{cde}
	二新早	1.15^{a}	73.74^{bc}	0.36^{fg}
南方品种群	九家种	3.00^{gh}	80.03^{defg}	0.25^{cde}
	粘底板	2.00^{bcdef}	77.57^{cd}	0.29^{ef}
	铁粒头	2.42^{defg}	84.01^{fg}	0.19^{abcd}
	建选8号	2.25^{cdefg}	85.71^{hi}	0.17^{abc}
	建选10号	2.62^{efgh}	85.98^{hi}	0.16^{ab}
	建选3号	1.30^{ab}	77.58^{cd}	0.29^{ef}
	南蒲魁栗	3.98^{ij}	83.88^{fgh}	0.19^{abcd}
	SQ021	3.00^{gh}	80.34^{defg}	0.24^{bcde}
	SQ022	2.68^{efgh}	84.29^{gh}	0.19^{abcd}
	平桥毛栗	2.08^{bcdef}	78.90^{def}	0.27^{de}
	中熟青扎	2.38^{cdefg}	90.36^{i}	0.11^{a}

注：不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。

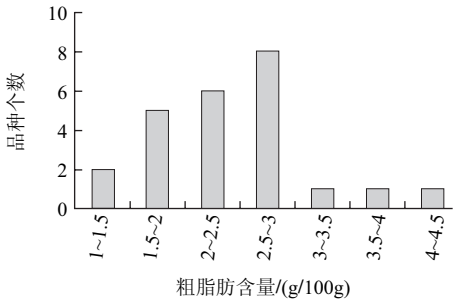


图 1 粗脂肪含量分布

Fig.1 Crude fat content distruction

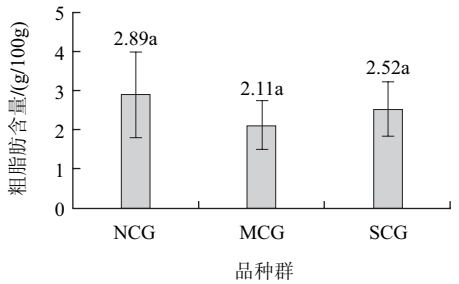


图 2 不同品种群板栗种仁中粗脂肪含量

Fig.2 Crude fat content of three cultivar groups

由表2可知，板栗种仁中脂肪含量在1.15～4.48g/100g范围，因品种不同而存在差异。图1可知，在24个受试品种中，19个品种板栗种仁粗脂肪含量集中分布在1.5～3.0g/100g之间，占受试品种总数的79.2%；粗脂肪含量低于1.5g/100g(‘二新早’、‘建选3号’)和高于3g/100g(‘燕昌’、‘燕魁’、‘南蒲魁栗’)的分别有2个品种和3个品种。由图2可知，板栗种仁粗脂肪含量的平均水平为2.49g/100g，各品种群之间差异不显著。

2.2 板栗种仁中的脂肪酸组成

2.2.1 种仁中的脂肪酸组成比例

在板栗种仁中，主要包含了从C_{14}～C_{20}碳链长度的饱和脂肪酸(SFA)和不饱和脂肪酸(UFA)。由表3、4可见，C_{16}和C_{18}是板栗种仁中最主要的两类脂肪酸，它们在种仁脂肪酸中所占比例分别在7.35%～25.81%和64.51%～91.83%范围内，C_{16}/C_{18}比值在0.08～0.37之间。其他脂肪酸还包括$C_{14:0}$、$C_{20:0}$和$C_{20:4}$，但均仅占很小比例。C_{16}脂肪酸中包含有$C_{16:0}$和$C_{16:1}$ 2种，其中前者所占比例远远高于后者，因此，C_{16}脂肪酸中以饱和态的$C_{16:0}$为主。C_{18}脂肪酸中包含了$C_{18:0}$、$C_{18:1}$、$C_{18:2}$、$C_{18:3}$四种脂肪酸，在受试的24个品种板栗中除燕魁外，其余23个品种板栗种仁中均以不饱和态的$C_{18:1}$、$C_{18:2}$、$C_{18:3}$脂肪酸为主，尤以$C_{18:1}$、$C_{18:2}$所占比例更大。‘燕魁’板栗与众不同，它主要以饱和态的$C_{18:0}$脂肪酸为主，其所占比例远远高于其他品种，但其不饱和脂肪酸$C_{18:3}$所占比例也远远高于其他品种。不同品种板栗种仁中包含的脂肪酸种类基本一致，但各类脂肪酸组成比例在品种之间存在一定差异。

表 3 不同品种板栗种仁脂肪酸组成成分

Table 3 Fatty acid composition of Chinese chestnut kernels

%

产区	品种	$C_{16:0}$	$C_{16:1}$	$C_{18:0}$	$C_{18:1}$	$C_{18:2}$	$C_{18:3}$
北方品种群	园和黑七	19.62^{jklm}	6.19^{m}	2.56^{g}	38.78^{g}	29.22^{efg}	3.63^{bc}
	燕昌	$14.51^{bcdefgh}$	1.10^{ij}	1.13^{bcdef}	44.41^{ijk}	32.13^{ghij}	4.98^{cdef}
	大板红	14.97^{defgh}	1.74^{k}	1.23^{def}	32.12^{f}	40.23^{lm}	7.37^{gh}
	燕魁	23.09^{m}	0.63^{cdef}	45.97^{k}	0.00^{a}	0.00^{a}	18.54^{l}
	短枝	12.22^{bcd}	0.04^{a}	2.45^{g}	32.15^{f}	41.29^{lmn}	10.57^{j}
	早丰	10.60^{ab}	6.55^{n}	11.25^{j}	22.58^{d}	35.41^{ij}	6.24^{fg}
中间类型品种群	鲁岳早丰	16.79^{fghij}	1.10^{ij}	1.04^{bcdef}	49.84^{lm}	30.25^{efg}	0.08^{a}
	泰栗1号	13.44^{bcdef}	0.84^{fghi}	1.17^{cef}	28.74^{ef}	44.11^{mn}	8.15^{hi}
	黄棚	15.18^{defgh}	0.94^{ghi}	1.08^{bcef}	44.22^{hij}	32.71^{ghij}	4.96^{cdef}
	小紫油栗	14.75^{cdefgh}	0.82^{fghi}	0.83^{bcde}	45.34^{ijk}	32.41^{ghij}	5.52^{def}
	确山毛栗	17.69^{ghijkl}	0.87^{fghi}	0.97^{bcdef}	40.22^{gh}	34.18^{hij}	5.68^{defg}
	早栗子	$17.40^{fghijkl}$	1.34^{ij}	0.99^{bcdef}	41.63^{ghi}	31.72^{ghi}	5.45^{def}
	二新早	$15.74^{defghij}$	0.00^{a}	4.17^{i}	24.97^{de}	39.63^{kl}	9.14^{ij}
南方品种群	九家种	19.41^{ijklm}	0.48^{bcde}	0.00^{a}	56.46^{no}	22.98^{bc}	0.10^{a}
	粘底板	20.98^{klm}	0.95^{ghi}	0.69^{bc}	45.13^{ijk}	31.36^{gh}	0.12^{a}
	铁粒头	15.52^{defghi}	0.30^{ab}	0.06^{a}	52.49^{mn}	27.20^{de}	4.02^{bcd}
	建选8号	12.48^{bcde}	0.50^{bcde}	1.15^{cdef}	45.35^{ijk}	34.24^{hij}	5.62^{defg}
	建选10号	10.79^{abc}	0.00^{a}	2.44^{g}	18.25^{c}	60.43^{o}	7.29^{gh}
	建选3号	21.30^{l}	0.82^{fghi}	0.00^{a}	36.50^{g}	33.90^{hij}	6.36^{fg}
	南蒲魁栗	14.87^{cdefgh}	1.08^{ij}	0.73^{bcd}	43.74^{hi}	33.39^{hij}	5.66^{defg}
	SQ021	18.27^{hijkl}	0.85^{fghi}	0.74^{bcd}	48.23^{kl}	31.27^{fgh}	0.00^{a}
	SQ022	$14.35^{bcdefgh}$	0.42^{bcd}	0.64^{b}	52.86^{m}	26.74^{cde}	4.27^{cde}
	平桥毛栗	13.42^{bcdef}	4.42^{l}	0.71^{bc}	44.79^{ijk}	24.86^{cd}	4.84^{cdef}
	中熟青扎	7.35^{a}	0.00^{a}	1.47^{f}	13.81^{b}	67.98^{p}	8.57^{hi}

表 4 不同品种板栗种仁脂肪酸组成

Table 4 Relative contents of fatty acids in Chinese chestnut kernels

产区	品种	C_{16}/%	C_{18}/%	其他/%	C_{16}/C_{18}
北方品种群	园和黑七	25.81^{n}	74.19^{b}	0.00^{a}	0.35^{j}
	燕昌	15.61^{cdefgh}	82.65^{defgh}	1.74^{j}	0.19^{cdef}
	大板红	16.70^{fghij}	80.96^{cdef}	2.34^{k}	0.21^{efg}
	燕魁	23.72^{mn}	64.51^{a}	11.77^{o}	0.37^{j}
	短枝	12.26^{bc}	86.46^{hi}	1.28^{gh}	0.14^{bc}
	早丰	17.14^{fghij}	75.48^{b}	7.38^{n}	0.23^{fgh}
中间类型品种群	鲁岳早丰	17.89^{ghij}	81.21^{cdefg}	0.90^{def}	0.22^{efg}
	泰栗1号	14.28^{bcdef}	82.17^{defg}	3.55^{l}	0.17^{bcde}
	黄棚	16.12^{efghi}	82.97^{defgh}	0.91^{def}	0.19^{cdef}
	小紫油栗	15.57^{cdefgh}	84.10^{fgh}	0.33^{b}	0.19^{cdef}
	确山毛栗	18.56^{hijk}	81.04^{cdefg}	0.40^{b}	0.23^{fgh}
	早栗子	18.74^{hijkl}	79.79^{cde}	1.47^{hij}	0.23^{fgh}
	二新早	15.74^{cdefgh}	77.90^{bc}	6.36^{m}	0.20^{defg}
南方品种群	九家种	19.89^{ijk}	79.54^{cd}	0.57^{bc}	0.25^{ghi}
	粘底板	21.94^{klm}	77.30^{bc}	0.76^{cd}	0.28^{hi}
	铁粒头	15.82^{defgi}	83.77^{efgh}	0.41^{b}	0.19^{cdef}
	建选8号	12.98^{bce}	86.36^{hi}	0.66^{bcd}	0.15^{bcd}
	建选10号	10.79^{ab}	88.42^{ij}	0.79^{cd}	0.12^{ab}
	建选3号	22.12^{lm}	76.76^{b}	1.12^{efg}	0.29^{j}
	南蒲魁栗	15.96^{efghi}	83.52^{defgh}	0.52^{bc}	0.19^{cdef}
	SQ021	19.12^{ijk}	80.24^{cdef}	0.64^{bcd}	0.24^{fghi}
	SQ022	14.77^{cdefg}	84.51^{ghi}	0.72^{cd}	0.17^{bcde}
	平桥毛栗	17.83^{ghij}	75.20^{b}	6.97^{m}	0.24^{fghi}
	中熟青扎	7.35^{a}	91.83^{j}	0.82^{cde}	0.08^{a}

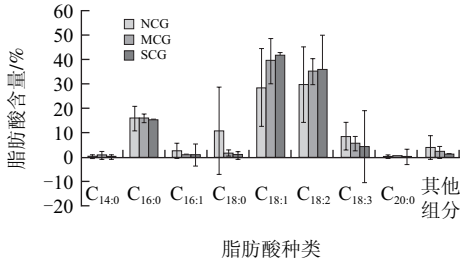


图3 不同品种群板栗种仁中不同种类脂肪酸含量

Fig.3 Contents of different fatty acids with different carbon chain lengths in three cultivar groups

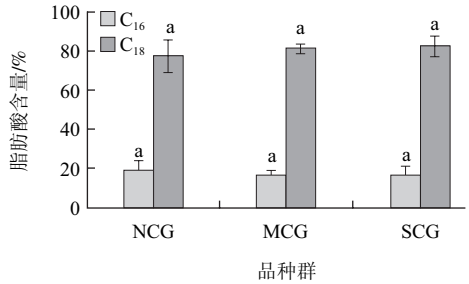


图4 不同品种群板栗种仁中C_{16}、C_{18}脂肪酸含量

Fig.4 Contents of C_{16} and C_{18} in three cultivar groups

由图3、4可见，不同品种群之间在脂肪酸组成成分的比例分配上存在差异。按照北方品种群、中间类型品种群和南方品种群的顺序：$C_{16:1}$、$C_{18:0}$、$C_{18:3}$所占比例依次降低，且北方品种群板栗显著高于其他品种群；$C_{18:1}$、$C_{18:2}$依次升高，品种群之间没有显著差异；C_{16}所占比例和其他脂肪酸所占比例依次降低，C_{18}脂肪酸所占比例依次升高，但均没有在品种群间表现出显著差异。$C_{16:0}$及C_{16}/C_{18}比值在品种群间没有显著差异，见图5。以上可见，板栗种仁脂肪酸组成成分所占比例的差异主要来自于品种。

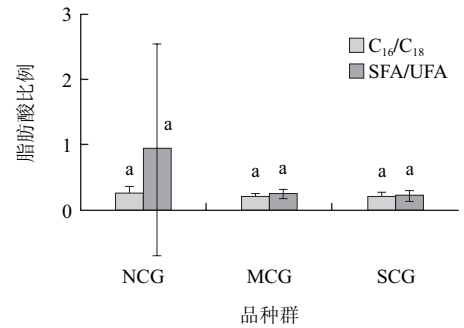


图5 板栗种仁中C_{16}/C_{18}、饱和脂肪酸/不饱和脂肪酸比例

Fig.5 C_{16}/C_{18} ratio and SFA/UFA ratio in three cultivar groups

2.2.2 种仁中的脂肪酸组成比例分布情况

板栗种仁中包含的两种主要脂肪酸形式C_{16}和C_{18}在脂肪酸总量中所占比例的分布如图6所示。14个品种板栗种仁中C_{16}脂肪酸所占比例在15%～20%之间，占受试品种总数的58.3%，5个品种板栗种仁中C_{16}脂肪酸所占比例在10%～15%之间，占受试品种总数的20.8%，另有3个品种在20%～25%之间，占受试品种总数的12.5%。由此可见，板栗种仁中C_{16}脂肪酸所占比例主要集中在10%～25%之间。就C_{18}脂肪酸而言，有11个品种板栗种仁中C_{18}脂肪酸所占比例在80%～85%之间，占受试品种总数的45.8%，其次有7个品种板栗种仁中C_{18}脂肪酸所占比例在75%～80%之间，占受试品种总数的29.2%。可见板栗种仁中C_{18}脂肪酸所占比例主要集中在75%～85%的范围内。板栗种仁中其他脂肪酸所占比例很小，在1.5%以下的有18个品种，占受试品种总数的75%。

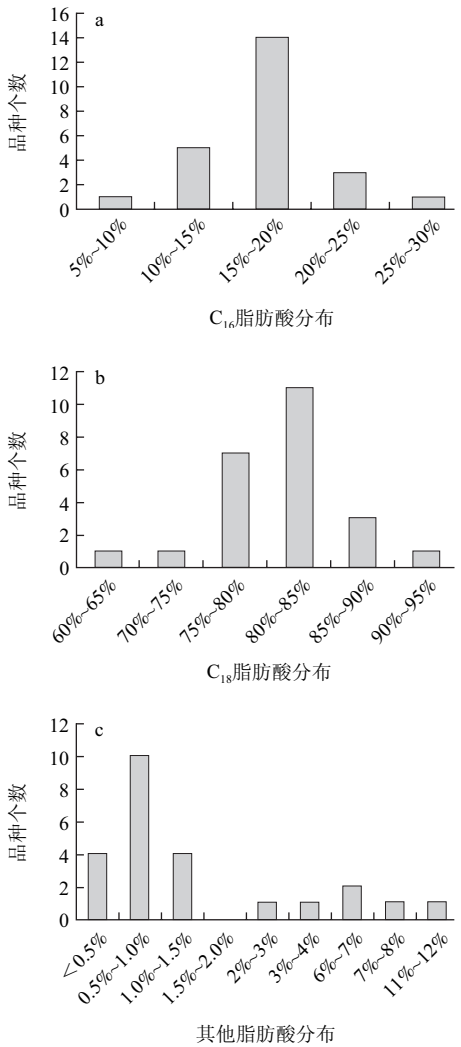


图6 C_{16}(a)、C_{18}(b)和其他脂肪酸(c)的分布情况

Fig.6 Distribution of C_{16} (a), C_{18} (b) and other fatty acids (c)

2.3 板栗种仁中的饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸组成比例分布情况

板栗种仁中含有饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸，二者在种仁中所占比例与品种密切相关(表2)。除‘燕魁’品种外，其他品种板栗种仁中饱和脂肪酸所占比

例均在9.64%～29.22%之间，不饱和脂肪酸所占比例在70.78%～90.36%之间。可见，绝大部分板栗种仁中不饱和脂肪酸所占比例远远高于饱和脂肪酸所占比例，饱和脂肪酸/不饱和脂肪酸分配比例在0.11～0.41之间。从图7可见，板栗种仁中饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸的组成比例分布情况：在24个受试品种中，有14个品种板栗种仁中不饱和脂肪酸所占比例在80%～85%之间，占受试样品总数的58.3%；另有4个品种板栗种仁中不饱和脂肪酸所占比例在75%～80%之间，占受试样品总数的16.7%。由此可见，板栗种仁中不饱和脂肪酸所占比例集中分布在75%～85%之间，饱和脂肪酸比例在15%～25%之间。‘燕魁’板栗种仁中饱和脂肪酸所占比例(19.17%)远远高于不饱和脂肪酸所占比例(80.83%)，与其他品种正好相反。

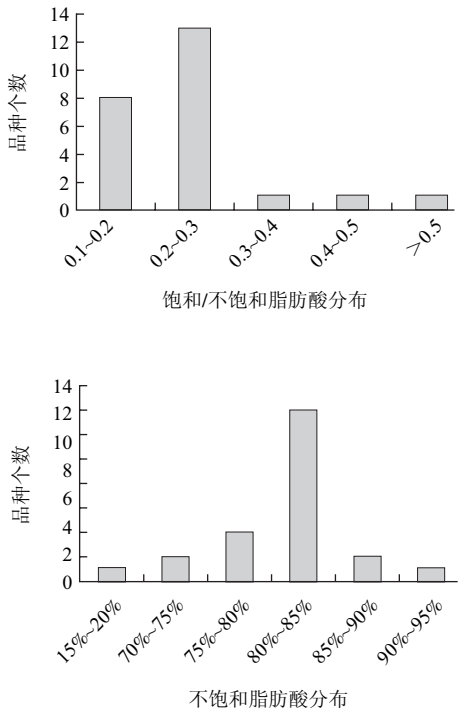


图 7 饱和/不饱和脂肪酸分布情况

Fig.7 Distribution of SFA/UFA ratio

由图8可见，种仁中的不饱和脂肪酸所占比例按照北方品种群、中间类型品种群和南方品种群的顺序依次递增，分别为69.32%、80.70%和82.60%，饱和脂肪酸所占比例正好相反。北方品种群的不饱和脂肪和不饱和脂肪酸所占比例明显低于其他两个品种群，这主要由‘燕魁’板栗饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸所占比例正好与其他品种相反所致。在去除‘燕魁’后的统计分析中可以发现，其余北方品种群板栗的饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸所占比例分别为(20.65±5.32)%和(79.35±5.32)%，与其他品种群没有显著差异。SFA/UFA比例则按照北方品种群、中间类型品种群和南方品种群的顺序依次降低，即使去除‘燕魁’品种板栗后亦为如此趋势，3个品种群之间没有显著差异(图8)。由此可见，板栗种仁中的脂肪酸组成比例没有明显的地域性。

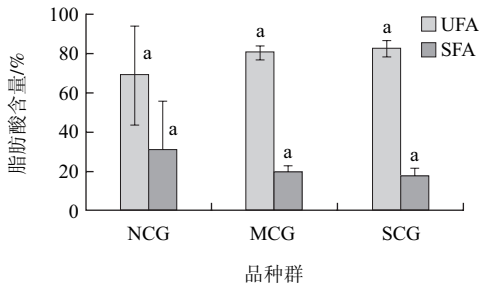


图 8 板栗种仁中饱和脂肪酸、不饱和脂肪酸含量

Fig.8 Contents of SA and UA in different Chinese chestnut varieties

3 结论与讨论

板栗种仁中的脂质含量较低，大多数品种的粗脂肪含量分布在1.5～3g/100g之间。板栗种仁中含有饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸这2类脂肪酸，在本研究试材中，除‘燕魁’品种外，其他品种板栗种仁中的不饱和脂肪酸所占比例远远高于饱和脂肪酸所占比例，饱和脂肪酸/不饱和脂肪酸的分配比例在0.11～0.41之间，而‘燕魁’品种刚好相反，其饱和脂肪酸所占比例远远高于不饱和脂肪酸所占比例。

板栗种仁中所含的脂肪酸的碳链长度主要为C_{14}～C_{20}，其中C_{16}和C_{18}是最主要的2类脂肪酸，且对于大多数品种而言，C_{16}脂肪酸中以饱和态的$C_{16:0}$为主，C_{18}脂肪酸中以不饱和态的$C_{18:1}$、$C_{18:2}$为主；而‘燕魁’品种的C_{18}脂肪酸是以饱和态的$C_{18:0}$和不饱和态的$C_{18:3}$为主，二者所占比例高于其他品种。板栗种仁中的脂质含量以及脂肪酸组成比例在不同品种间存在差异，而在品种群之间差异较小。可见，这种脂质含量及脂肪酸组成特性是与品种密切相关的。

脂质虽然不是板栗种仁的主要组成成分，但它的存在对板栗粉及板栗淀粉的理化性质有一定影响，其中脂质含量以及其中包含的脂肪酸组成成分对板栗粉及板栗淀粉膨胀特性和糊化特性等都有比较明显的影响[11,24]。其他研究也证明，在有脂质存在的淀粉物料中，脂质会不同程度地与淀粉结合进而形成淀粉-脂质复合物，使得淀粉的膨胀特性、糊化特性、胶凝特性等发生改变，加入脂肪酸或脱脂处理均可以改变淀粉物料的糊化特征参数，进而对加工工艺产生影响[15-23]。

本实验通过对不同品种板栗种仁中的脂质含量及其脂肪酸组成的细致研究，找出了板栗种仁中脂质含量及脂肪酸组成的分布规律，为以板栗粉和板栗淀粉为原料的精深加工提供了重要的理论依据。

参考文献：

[1] 徐娟, 梁丽松, 王贵禧, 等. 不同品种板栗贮藏前后主要营养成分变化研究[J]. 林业科学研究, 2008, 21(2): 150-153.

[2] 张继亮, 孙海伟, 马玉敏, 等. 板栗品质的模糊综合评价[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2001, 32(4): 475-478.

[3] 张袖丽, 胡颖蕙, 檀华榕. 板栗品质的化学成分分析和评价[J]. 安徽农业科学, 1996, 24(4): 330-331; 334.

[4] 陈在新, 雷泽湘, 刘会宁, 等. 板栗营养成分分析及其品质的模糊综合评判[J]. 果树学报, 2000, 17(4): 286-289.

[5] 苏淑钗, 林莉, 邓钰薪, 等. 华北品种群板栗品质的综合评价[J]. 经济林研究, 2009, 27(2): 20-27.

[6] 梁丽松, 徐娟, 王贵禧, 等. 板栗淀粉糊化特性与淀粉粒粒径及直链淀粉含量的关系[J]. 中国农业科学, 2009, 42(1): 251-260.

[7] 谢涛, 陈建华, 谢碧霞. 橡实直链淀粉与支链淀粉的分离纯化[J]. 中南林学院学报, 2002, 22(2): 30-34.

[8] 江美都, 顾振宇, 王强林, 等. 板栗淀粉加工特性的研究[J]. 中国粮油学报, 2001, 16(6): 55-58.

[9] 李志西, 张莉, 李巨秀. 板栗淀粉特性研究[J]. 西北农业大学学报, 2002, 28(4): 21-27.

[10] 吴雪辉, 张加明. 板栗淀粉的性质研究[J]. 食品科学, 2003, 24(6): 38-41.

[11] 梁丽松. 板栗糯性质地的物质基础研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2011.

[12] 于修烛, 李志西, 杜双奎. 板栗油脂肪酸组成的分析[J]. 中国油脂, 2003, 28(7): 54-55.

[13] 张宇和, 柳鎏, 梁维坚, 等. 中国果树志·板栗: 榛子卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005: 63-68.

[14] 陈毓荃. 生物化学试验方法与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2002.

[15] 蔡丽明, 高群玉. 淀粉-脂类复合物的研究现状及展望[J]. 粮油加工, 2007(2): 85-87.

[16] DAUTANT F J, SIMANCAS K, SANDOVA A J, et a1. Effect of termperature, moisture and lipid content on the rheological properties of rice flour[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 78(4): 1159-1166.

[17] DERYCKE V, VANDEPUTTE G E, VERMEYLEN R, et a1. Starch gelatinization and amylose-lipid interactions during rice parboiling investigated by temperature resolved wide angle X-ray scattering and differential scanning calorimetry[J]. Journal of Cereal Science, 2005, 42(3): 334-343.

[18] ABBAS K A, ABBAS K A, HUSSIN A S M. Modified starches and their usages in selected food products: a review study[J]. Journal of Agricultural Science, 2010, 2(2): 90-100.

[19] MORRISON W R. Starch lipids and how they relate to starch granule structure and functionality[J]. Cereal Food World, 1995, 40(6): 437-446.

[20] TERESA D P, KIRSI J, JARNA I, et al. Study on formation of starch-lipid complexes during extrusion-cooking of almond flour[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 87(4): 495-504.

[21] ZHOU Z K, ROBARDS K, HELLIWELL S, et al. Composition and functional properties of rice[J]. International Journal of Food Science Technology, 2002, 37(8): 849-868.

[22] LIANG X, KING J M, SHIH F F. Pasting property differences of commercial and isolated rice starch with added lipids and α-cyclodextrin[J]. Cereal Chemistry, 2002, 79(6): 812-818.

[23] YASUI T, MAATSUKI J, SASAKI T, et al. Amylose and lipid contents, amylopectin structure and gelatinization properties of waxy wheat (*Triticum aestivum*) starch[J]. Journal of Cereal Science, 1996, 24(2): 131-137.

[24] 梁丽松, 张柏林, 林顺顺, 等. 淀粉表面结合脂对淀粉糊化特性的影响[J]. 林业科学, 2011, 47(11): 59-65.