

不同番石榴品种果粉功能特性差异比较

李国鹏¹,祝婉炽²,陈倩欣²,刘洋洋¹,胡小军²,林丽静¹,李积华^{1,*}

(1.中国热带农业科学院农产品加工研究所,广东湛江 524001;

2.岭南师范学院,广东湛江 524048)

摘要:为提高番石榴果粉的品质特性,本研究采用喷雾干燥技术制备了番石榴果粉,比较了不同品种果粉得率、果粉色泽、成粉特性、营养成分的果粉及其抗氧化活性等方面的差异。结果表明,红肉四季桃的果粉得率最高(6.44%)含水率最低(1.14%);珍珠桃番石榴得率最低(2.99%),其含水率最高(为3.34%);珍珠桃番石榴果粉流动性最好,红肉四季桃果粉的流动性较差,其休止角达到44.25°,分散时间为203.3 s;红肉番石榴果粉的黄酮含量最高,为57.15 mg/g,而珍珠桃果粉的V_C含量最高,达到1.91 mg/g;FRAP和DPPH抗氧化能力表明红肉番石榴果粉抗氧化性能最强(3.37, 7.11 μmol/100 g),其次为珍珠桃样品(2.03, 4.57 μmol/100 g),白肉番石榴果粉抗氧化性能最低(1.56, 3.33 μmol/100 g),因此红肉番石榴果粉表现出较高的黄酮含量及较强的抗氧化活性,该品种较为适宜加工为果粉。

关键词:番石榴,果粉,色泽,成粉特性,抗氧化能力

Comparison on the properties of fruit powder of different guava cultivars

LI Guo-peng¹, ZHU Wan-chi², CHEN Qian-xin², LIU Yang-yang¹, HU Xiao-jun², LIN Li-jing¹, LI Ji-hua^{1,*}

(1.Agricultural Product Processing Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Zhanjiang 524001, China;

2.School of Chemistry and Chemical Engineering, Lingnan Normal University, Zhanjiang 524048, China)

Abstract: In order to improve the quality of guava fruit powder, fruit powder was made by spray drying technology. The yield, color, nutrient composition, rheological property and antioxidant activity of different fruit powders were compared. The red-fleshed guava fruit powder had a higher yield (6.44%) and lower water content (1.14%). While Zhenzhutao guava fruit powder had a lower yield and higher water content, 2.99% and 3.34%. Red-fleshed Sijitao guava fruit powder were 44.25° and 203.3 s, respectively. Red-fleshed Sijitao guava fruit powder had a higher content of total flavonoids (57.15 mg/g), and Zhenzhutao guava fruit powder had a higher V_C content (1.91 mg/g). Both of the results of FRAP and DPPH showed the red-flesh fruit powder sample had a higher antioxidant activity (3.37, 7.11 μmol/100 g), followed by Zhenzhu sample (2.03, 4.57 μmol/100 g), and white-fleshed sample (1.56, 3.33 μmol/100 g). This study showed that the red-fleshed guava fruit powder showed a higher content of flavonoids and higher antioxidant activity, and it could make higher quality of fruit powder.

Key words: guava; fruit powder; color; rheological property; antioxidant activity

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)19-0124-05

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2015.19.017

番石榴(*Psidium guajava* L.), 又名鸡矢果、芭乐、拔子, 为桃金娘科(Myrtaceae)番石榴属(*Psidium*)常绿小乔木或灌木。番石榴原产于美洲热带地区, 广泛分布和种植于热带和亚热带地区, 我国种植已有数百年, 现在我国主要栽培的省份有台湾、海南、广东、广西、福建、云南等省份。番石榴果味独特, 营养丰富, 富含维生素A、维生素B、维生素C以及磷、铁、钙等人体所需的微量元素等, 番石榴果实中大量的V_C和抗氧化剂具有促进新陈代谢、调节生理机能以及排毒等功效。此

外, 番石榴还富含膳食纤维, 能有效预防和治疗直肠癌、痢疾、糖尿病等^[1]。番石榴果实属于呼吸跃变型果实, 不易长期保存, 因此将番石榴果实加工成果粉, 不仅解决了番石榴果实的贮存和运输问题, 同时丰富了番石榴市场, 食用也更加方便。番石榴果粉保持了果实原有的营养和风味, 可作为清汁型果粉直接冲调饮用, 也可以作为功能型水果粉满足不同人群的营养需求, 还可作为辅料型果粉投入到其他食品加工中^[2]。为了提高番石榴果粉的品质, 本研究以三种不同的番

收稿日期: 2014-10-11

作者简介: 李国鹏(1982-), 男, 博士, 助理研究员, 主要从事果实保鲜与加工, E-mail: gdszlgp@163.com。

* 通讯作者: 李积华(1979-), 男, 博士, 研究员, 主要从事农产品加工研究, E-mail: foodpaper@126.com。

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201303077); 湛江市非资助科技攻关计划项目(2013B01253)。

石榴品种为材料,探讨不同番石榴品种制备果粉的功能特性差异,旨在为番石榴果粉的进一步开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

番石榴果实 廉江市河唇镇番石榴果园,品种分别为珍珠桃番石榴(Zhenzhutao guava fruit),红肉四季桃(Red-fleshed Sijitao),白肉四季桃(White-fleshed Sijitao)。各品种番石榴的成熟度均以达到可食成熟度,“珍珠桃”番石榴表现为果实皮为绿色,果实软化不明显,香气较淡;红肉型及白肉型“四季桃”番石榴果实果皮为黄色或黄绿色,果实硬度值较低,果实香气较为浓郁。各品种番石榴果实成熟度一致、无机械损伤和病虫害。

752N 紫外可见分光光度计 上海精科公司; DFRP 喷雾干燥塔 无锡大峰喷雾干燥设备有限公司; X-Rite i5 色差仪 美国爱色丽公司; 苏泊尔 DJ13B 打浆机 广东美的电器公司; KERN MRS1230-3 水分快速测定仪 德国 KERN 公司; CT-3 质构仪 美国 Brookfield 公司。

1.2 番石榴果粉制备流程

番石榴→预处理→打浆→过滤→浓缩→均质→喷雾干燥→番石榴果粉

1.3 实验方法

1.3.1 果粉得率 番石榴粉得率以番石榴喷雾干燥后果粉质量与干燥前果肉质量的比值为准:得率(%) = [干粉质量(g)/番石榴质量(g)] × 100^[3]

1.3.2 果粉含水率测定 准确称取 1.0 g 番石榴果粉,放入 KERN MRS1230-3 水分快速测定仪(德国 KERN 公司)内运行至测定终点后读取数值为果粉含水率。

1.3.3 果粉色泽测定 用 X-Rite I5 型色差计(美国)测定不同品种果粉,每样品测定 5 次。利用 a^* 和 b^* 值可以计算出 C^* (Chroma) 和 h° (hue angle)。其中 L^* 取值范围为 0~100,数值越大表示越亮; a^* 取值范围 -60~60,正值表示红色,负值表示绿色; b^* 取值范围 -60~60,正值表示黄色,负值表示蓝色; C^* 表示色泽饱和度,数值为 $(a^2 + b^2)^{1/2}$; h° 为色调角, $h^\circ = 0$ 表示红色; $h^\circ = 90^\circ$ 表示黄色; $h^\circ = 180^\circ$ 表示绿色; $h^\circ = 270^\circ$ 表示蓝色^[4]。

1.3.4 容重的测定 容重是指单位体积的重量,采用小量筒法来测定容重,果粉均匀加至量筒 1 mL 时进行称重,然后计算出果粉的容重^[5]。

1.3.5 流动性的测定 将 40 g 番石榴果粉加入垂直于桌面的玻璃漏斗,测定果粉自由下落在台面上所形成锥形的底部半径 r (cm) 和圆锥高度 h (cm),以休止角 θ 的大小来判别果粉流动性的大小,计算公式: $\tan\theta = h/r$ ^[6]。

1.3.6 分散性的测定 准确称取 1.0 g 番石榴果粉,均匀撒布于体积为 25 mL 的水面上,放在恒温磁力搅拌器上,记录从搅拌开始到果粉结块组织全部分散所需的时间^[7]。

1.3.7 水合能力的测定 称取 0.5 g 番石榴果粉于

10 mL 离心管中,逐次加水,用玻璃棒搅匀,使番石榴粉充分溶解后置于 3000 r/min 离心 20 min,倒去上清液,计算每克番石榴果粉吸收水分的质量,即为果粉水合能力(g/g)^[8],按下式计算:

水合能力(g/g) = [(离心管质量 + 沉淀物质量) - (离心管质量 + 样品质量)] / 样品质量

1.3.8 总黄酮含量测定 参照 Jia 等^[9]方法,1.0 g 果粉经 10 mL 80% 乙醇溶解后于 10000 r/min 离心 10 min 后取上清液测定果粉总黄酮含量。100.0 μ L 提取液于 10 mL 塑料离心管中,先后加入 0.3 mL 8% NaNO_2 ,反应 6 min,0.3 mL 10% $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$,反应 6 min,2.0 mL NaOH (2 mol/L),4.9 mL 乙醇,混匀静置 10 min 后,10000 r/min 下离心 10 min,收集上清液,以 80% 乙醇为对照,用分光光度计测定 510 nm 处的吸光值,计算总黄酮含量,以 mg/g 果粉的芦丁当量为单位。重复实验 3 次,取平均值。

1.3.9 V_c 含量测定 称取 3 g 番石榴果粉充分溶解后,定容于 50 mL 容量瓶后 4000 r/min 下离心 5 min,上清液测定 V_c 含量。取 0.2 mL 提取液放入盛有 2 mL 10% 盐酸的 10 mL 的容量瓶中,用蒸馏水稀释至刻度摇匀,以蒸馏水为空白,在 245 nm 处测定样品的吸光值。分别吸取 0.2 mL 提取液,2 mL 蒸馏水和 0.8 mL 1 mol/L 氢氧化钠溶液依次放入 10 mL 容量瓶中,混匀,15 min 后加入 0.8 mL 10% 盐酸,混匀,定容。以蒸馏水为空白,在 254 nm 处测定碱处理液的吸光值。由待测样品与待测碱处理的消光值之差和抗坏血酸标准曲线,计算出样品中 V_c 的含量,单位为 mg/g。3 次重复,取平均值^[10]。

1.3.10 抗氧化活性测定 称取 3 g 番石榴果粉,用 80% 乙醇充分溶解后转移到 50 mL 容量瓶中稀释至刻度,于 4000 r/min 下离心 5 min,上清液作为提取液测定抗氧化活性。

1.3.10.1 FRAP 法 参照 Deighton 等^[11]方法,取 100.0 μ L 提取液与 900.0 μ L Fe^{3+} -TPTZ 反应液(包括 0.3 mmol/L 醋酸盐缓冲液 25.0 mL,10.0 mmol/L TPTZ 溶液 2.5 mL,20.0 mmol/L FeCl_3 溶液 2.5 mL)混匀,反应 10 min,以 80% 乙醇为对照,Trolox 为标准,用分光光度计测定 595 nm 处的吸光值,计算抗氧化活性,以 mmol/g 果粉,trolox 当量(TAC)为单位。3 次重复,取平均值。

1.3.10.2 DPPH 法 参照 Bao 等^[12]方法,取 100.0 μ L 提取液与 3.9 mL DPPH (6.0 μ mol/L),混匀,反应 6 h,以 80% 乙醇为对照,Trolox 为标准,用分光光度计测定 515 nm 处的吸光值,按以下公式计算抗氧化活性(DPPH·清除率),以 TEAC 为单位。DPPH·清除率 = $(A_0 - A_1) \times 100 / A_0$ (A_0 代表空白, A_1 代表样品检测值)。3 次重复,取平均值。

1.4 数据统计分析

以上指标测定重复 3 次,数据用平均值($n = 3$) $\pm$ 标准差表示,采用 DPS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同番石榴品种果粉得率和含水率的比较

得率是指番石榴果实经打浆、均质、干燥后所得

的果粉质量和干燥前的果肉质量的比值,得率反映出生产产品的成本。从表 1 可知,三个品种番石榴果粉得率均在 10% 以下,主要因为番石榴果实含水率较高。此外,为使得果粉具有较好的口感,喷雾干燥前处理过程中将果浆中的纤维去除也是影响果粉得率的一个原因^[5]。三个品种中,红肉四季桃的果粉得率最高,为 6.44%,其次为白肉四季桃,3.96%,珍珠桃番石榴果实中较高的纤维含量影响了其出汁率,进而影响果粉得率,其得率仅为 2.99%。果实成熟时红肉番石榴果实中较高的可溶性固形物含量是果粉得率较高的原因之一。果粉含水率是限制果粉品质的重要指标之一,含水率较高,果粉在贮藏过程中极易吸湿结块,进而影响果粉的贮藏期,因此果粉生产中要尽量降低果粉的含水率。不同番石榴品种果粉的含水率亦不同(表 1),其中红肉四季桃的含水率最低,仅为 1.14%,白肉四季桃和珍珠桃番石榴果粉的含水率均较高,分别为 3.01% 和 3.34%。喷雾干燥过程中料液雾化后颗粒越小,其就具有较大的比表面积,进而与周围的气体接触进行传热传质,利于果粉中的水分从颗粒内部向外扩散^[13]。

表 1 不同番石榴品种果粉的得率、含水率及容重比较

Table 1 Comparison on yield and water content of fruit powder of different guava cultivars

样品	果粉得率(%)	果粉含水率(%)
珍珠桃	2.99 ± 0.12 ^c	3.34 ± 0.28 ^a
白肉四季桃	3.96 ± 0.09 ^b	3.01 ± 0.22 ^a
红肉四季桃	6.44 ± 0.15 ^a	1.14 ± 0.19 ^b

注:表中数据为 3 次重复平均值;同列数据后不同字母表示差异显著性(经过 LSR 法检验, $p < 0.05$)。表 3~表 5 同。

2.2 不同番石榴品种果粉干燥前后色泽比较

果粉的色泽也是果粉重要的品质之一,果粉在制备过程中不仅需要保持果实原有的营养成分或活性成分,还需要保持果实原有的色泽。从表 2 可知,不同品种番石榴果粉干燥前后色泽均有所不同。不

同品种番石榴果粉的亮度值(L^*)和色调角(h°)均高于果肉的,但色泽饱和度(C)低于果肉的 C 值。白肉四季桃番石榴和珍珠桃番石榴果肉部分均为白色(h° 分别为 89.06 和 88.98),由其制备的果粉也为白色, h° 分别为 94.32 和 94.07。珍珠桃番石榴和白肉型四季桃番石榴果肉 L^* 值, C 值及 h° 值差异不大,使得其制备果粉间差异也不大。但红肉四季桃番石榴果实制备果粉能很好的保持果肉原有的色泽,果肉的 a^* 和 h° 分别为 26.41 和 42.92,其中色度角 a^* 为正值表示红色, $h^\circ = 0^\circ$ 表示红色,而红肉型四季桃番石榴果粉的 a^* 和 h° 分别为 8.02 和 65.25,虽然果粉的颜色较果肉颜色变淡,但红肉番石榴果粉仍能很好的保持红肉番石榴果实的色泽。喷雾干燥过程进风温度达 180 $^\circ\text{C}$,物料温度较高,使得番石榴果粉的亮度加强,且偏红、偏黄程度也下降,致使番石榴果粉色泽与果肉本色产生差异,这与张彩虹^[13]研究白果的结果一致。因此本研究发现,珍珠桃果肉果粉和四季桃果肉果粉色泽都接近黄色(h° 趋于 90),而红肉四季桃果肉为粉红色($h^\circ = 65.25$)。

2.3 不同番石榴品种果粉成粉特性的比较

从表 3 可知,番石榴果粉因品种不同,容重差异显著。容重最高的是红肉四季桃(4.29 N/m^3),珍珠桃次之,四季桃果粉容重最低,仅为 3.00 N/m^3 。经喷雾干燥后的粉体颗粒不规则,导致颗粒间隙大小不同影响果粉容重差异^[14]。流动性和分散性是评价果粉溶解性优劣的重要指标。粉体流动性主要取决于粉体粒度大小和粉体表面特性,休止角越小,粉体的流动性越好,颗粒间摩擦力越小。一般而言,休止角 31~35 $^\circ$,粉体流动性优秀;41~45 $^\circ$ 流动性合格^[15]。不同果粉流动性差异较大,珍珠桃果粉流动性很好,休止角为 31.56 $^\circ$ 。从表 3 知,不同番石榴品种制得果粉的分散性也是不同的。珍珠桃的分散时间最短,仅为 151.3 s;红肉四季桃次之,为 203.3 s;四季桃的分散时间较长,为 210.0 s。若粉体颗粒间的孔隙越大,则促进水分的流动与排除,增强亲水基团对水的

表 2 不同番石榴品种果肉和果粉的色泽比较

Table 2 The color of pulp and fruit powder of different guava cultivars

样品	色度测量值				
	L^*	a^*	b^*	C	h°
珍珠桃果肉	79.39 ± 2.34	0.35 ± 0.02	19.90 ± 0.76	19.91 ± 0.59	89.06 ± 2.63
珍珠桃果粉	89.96 ± 2.44	-1.09 ± 0.09	14.42 ± 0.42	14.46 ± 0.88	94.32 ± 2.37
白肉四季桃果肉	80.46 ± 2.85	0.93 ± 0.03	13.85 ± 0.21	13.88 ± 0.32	88.98 ± 3.22
白肉四季桃果粉	91.83 ± 3.76	-0.57 ± 0.04	8.05 ± 0.41	8.07 ± 0.56	94.07 ± 2.76
红肉四季桃果肉	63.24 ± 2.23	26.41 ± 0.62	24.64 ± 0.69	36.07 ± 1.36	42.92 ± 1.53
红肉四季桃果粉	81.98 ± 3.56	8.02 ± 0.66	17.39 ± 1.21	19.15 ± .43	65.25 ± 2.44

表 3 不同番石榴品种果粉成粉特性的比较

Table 3 Comparison on rheological property of fruit powder of different guava cultivars

样品	容重(N/m^3)	流动性($^\circ$)	分散性(s)	水合能力(g)
珍珠桃	3.58 ± 0.01 ^b	31.56 ± 1.08 ^c	151.3 ± 7.02 ^b	1.07 ± 0.08 ^c
白肉四季桃	3.00 ± 0.01 ^c	40.04 ± 1.45 ^b	210.0 ± 5.57 ^a	2.03 ± 0.06 ^b
红肉四季桃	4.29 ± 0.01 ^a	44.25 ± 2.02 ^a	203.3 ± 5.13 ^a	2.57 ± 0.11 ^a

吸附作用,便缩短了分散时间,反之则降低粉体分散性^[8]。从表3水合能力值比较可知,红肉四季桃的果粉水合能力最高,达到2.57 g/g。由于三种果粉含水量不同以及不同品种的番石榴含糖量和淀粉含量不同,致使水合能力差异比较显著^[16]。

2.4 不同番石榴品种果粉 V_c 含量和总黄酮含量的比较

番石榴果实富含有益于人体的各种营养成分,其中V_c和总黄酮含量是体现其营养价值及功能组分的重要指标,因此在果粉制备过程中,需要尽量保持果实原有的组分。温靖对不同品种番石榴果肉的研究中发现,番石榴浅色果肉品种的V_c含量通常高于深色品种^[17]。而V_c属于热敏性物质,在喷雾干燥高温条件下,会导致V_c部分损失。由表4可知,珍珠桃的果粉V_c含量最高,为1.91 mg/g。番石榴果粉中黄酮类物质因品种不同含量也存在差异。3个品种番石榴果粉黄酮含量高低依次为:红肉四季桃(57.15 mg/g),珍珠桃(51.63 mg/g)和白肉四季桃(29.71 mg/g)。

表4 不同番石榴品种果粉营养成分的比较
Table 4 Comparison on nutrition of fruit powder of different guava cultivars

样品	总黄酮(mg/g)	V _c 含量(mg/g)
珍珠桃	51.63 ± 4.48 ^a	1.91 ± 0.02 ^a
白肉四季桃	29.71 ± 3.73 ^b	1.20 ± 0.05 ^b
红肉四季桃	57.15 ± 5.86 ^a	0.36 ± 0.01 ^c

2.5 不同番石榴品种果粉抗氧化活性的比较

从表5结果中可知,不同品种番石榴果粉均有一定的抗氧化能力,但品种之间仍存在一定差异。FRAP和DPPH是测定样品的抗氧化能力最为常用的两种方法,FRAP法是在低pH的溶液中,测定样品将Fe³⁺还原为Fe²⁺的还原能力(TAC);而DPPH法是在有机溶剂中,测定样品对DPPH自由基的清除能力。红肉四季桃番石榴果粉的还原能力及清除自由基能力DPPH最强,分别为3.37 mmol/100 g和7.11 mmol/100 g,白肉四季桃番石榴果粉FRAP值和DPPH均最低,两组结果可以看出各品种的还原能力与清除自由基能力的趋势基本一致。徐金瑞在研究番石榴果实抗氧化作用中发现,番石榴中的黄酮含量与抗氧化作用具有显著的线性关系,即黄酮含量越高,其抗氧化作用越强,说明番石榴中黄酮类物质就是其抗氧化作用的主要物质基础^[18]。红肉型番石榴果实及果粉中具有较高的黄酮类物质,因此其抗氧化活性高于白肉型四季桃和珍珠桃番石榴果粉。

3 结论

番石榴品种果粉的得率越高,含水率越低,红肉四季桃的果粉得率最高达到6.44%,而含水率最低仅为1.14%,其次为白肉四季桃番石榴果粉,而珍珠桃番石榴果粉的得率最低,仅为2.99%,而其含水率却达到3.34%;三个品种番石榴果粉得成粉特性存在显著差异,溶解性最好的是珍珠桃番石榴果粉,其

流动性好,分散时间最短;红肉四季桃番石榴果粉的颗粒细腻且持水性好,容重和水合能力高于其它品种的果粉;总黄酮含量最高的是红肉四季桃番石榴果粉,但其V_c含量最低,而V_c含量最高的是珍珠桃番石榴果粉;FRAP和DPPH分析发现,红肉番石榴果粉具有较高的抗氧化能力,其次为珍珠桃番石榴果粉,而白肉四季桃番石榴果粉的抗氧化能力最低,黄酮含量与抗氧化活性表现出相同的趋势,说明番石榴果粉黄酮含量越高,其抗氧化活性越强。

表5 不同番石榴品种果粉抗氧化活性的比较(mmol/100 g)
Table 5 Comparison on antioxidant property of fruit powder of different guava cultivars(mmol/100 g)

样品	FRAP 值	DPPH
珍珠桃	2.03 ± 0.08 ^b	4.57 ± 0.29 ^b
白肉四季桃	1.56 ± 0.24 ^c	3.33 ± 0.12 ^c
红肉四季桃	3.37 ± 0.40 ^a	7.11 ± 0.13 ^a

参考文献

[1] Jimenez E A, Rincon M, Pulido R, et al. Guava fruit (Psidiumguajava L.) as a new source of antioxidant dietary fiber [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2001, 49 (11) : 5489-5493.

[2] 符传贤, 吉建邦, 李梁, 等. 热带果粉加工新技术及其展望 [J]. 农产品加工, 2013 (11) : 38-39.

[3] 彭健恩. 制粉工艺与设备 [M]. 北京: 中国财政经济出版社, 1998: 300-306.

[4] McGuire RG. Reporting of objective color measurements [J]. HortScience, 1992, 27: 1254-1255.

[5] 张钟, 刘晓明. 不同干燥方法对生姜粉物理性质的影响 [J]. 农业工程学报, 2005, 21 (11) : 186-188.

[6] 林弘通 (日). 乳粉制造工程 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1987: 89.

[7] 大连轻工学院, 华南理工大学, 郑州轻工业学院, 等. 食品分析 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1994: 75-79.

[8] 刘静波, 马爽, 刘博群, 等. 不同干燥方式对全蛋粉冲调性能的影响 [J]. 农业工程学报, 2011, 27 (12) : 383-388.

[9] Jia Z, Tang M, Wu J. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals [J]. Food Chemistry, 1999, 64: 555-559.

[10] 赵聪. 甜瓜果实醇酰基转移酶基因表达分析与功能鉴定 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2010.

[11] Deighton N, Brennan R, Finn C, Davies HV. Antioxidant properties of domesticated and wild Rubus species [J]. Journal of Science Food and Agriculture, 2000, 80: 1307-1313.

[12] Bao JS, Cai YZ, Sun M, et al. Anthocyanins, flavonoids, and free radical scavenging activity of Chinese bayberry (Myricarubra) extracts and their color properties and stability [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2005, 53: 2327-2332.

[13] 张彩虹, 黄立新, Mujumdar AS. 不同干燥方法对白果粉性能的影响 [M]. 第十二届全国干燥会议论文集, 2009.

(下转第132页)

含量都显著高于犏牛乳和黑白花牛乳($p < 0.05$),灰分含量显著高于黑白花牛乳($p < 0.05$);犏牛乳的乳糖含量是3种牛乳中最高的,干物质、蛋白质和脂肪含量也较高,杂种优势明显,乳品质同牦牛乳一样,也是一种高蛋白高脂肪的营养牛乳。

3种曲拉在发酵过程中pH、滴定酸度、持水力、感官品质及质构特性都存在一定差异($p < 0.05$),这与3种牛乳理化指标之间的差异存在较大相关性。其中,牦牛乳的发酵速度、持水力和感官品质都较其他两种曲拉好,说明其凝乳效果最好;同时,犏牛乳曲拉的发酵速度、感官品质及质构特性与牦牛曲拉相差不大,表明犏牛乳曲拉的品质也较优,黑白花牛乳曲拉的品质最差。伴随着牦牛资源短缺以及犏牛产业的发展,在生产实际中,可以利用犏牛乳替代牦牛乳用于曲拉和干酪素等乳制品的生产加工,用以缓解牦牛产业面临的压力。

参考文献

- [1] Wang Q, Zhao X, Ren Y, et al. Effects of high pressure treatment and temperature on lipid oxidation and fatty acid composition of yak body fat [J]. Meat Science, 2013, 94 (4): 489-494.
- [2] 付永,魏雅萍,陈生梅.黄牛、牦牛和犏牛睾丸组织中Boule基因mRNA表达水平[J].中国畜牧杂志,2013,49(1): 10-13.
- [3] 付永,魏雅萍,孟茹.牦牛、犏牛和黄牛生产性能、肉营养品质及风味物质的比较[J].动物营养学报,2013,25(11): 2734-2740.
- [4] Bao Q H, Liu W J, Yu J, et al. Isolation and identification of cultivable lactic acid bacteria in traditional yak milk products of Gansu province in China [J]. Journal of general and applied microbiology, 2012, 58: 95-105.
- [5] 王军,王琳琳,韩玲,等.曲拉热风干燥工艺参数筛选及色泽品质评价[J].农业工程学报,2014,30(16): 296-304.
- [6] Liu H N, Zhang C, Zhang H, et al. pH treatment as an effective

tool to select the functional and structural properties of yak milk caseins [J]. Journal of dairy science, 2013, 96(9): 5494-5500.

[7] Ren Q R, Zhang C, Guo H Y, et al. Detection of cow milk adulteration in yak milk by ELISA [J]. Journal of dairy science, 2014, 97(10): 6000-6006.

[8] 韩玲,许敬东,张福娟,等.牦牛“曲拉”乳酸干酪素生产工艺研究[J].中国乳品工业,2006,34(2): 36-39.

[9] 丁凤焕.牦牛、犏牛及黄牛肉脂肪酸和风味物质测定及生产性能的比较分析[D].青海:青海大学,2008.

[10] 侯丽,柴沙驼,刘书杰,等.青海牦牛肉与秦川牛肉食用品质和加工品质的比较研究[J].食品科学,2013,34(11): 49-52.

[11] Yin R H, Bai W L, Wang J M, et al. Development of an assay for rapid identification of meat from yak and cattle using polymerase chain reaction technique [J]. Meat Science, 2009, 83(1): 38-44.

[12] 陆仲璘,何晓林.牦牛乳的开发利用刍议[J].中国牛业科学,2009,35(5): 46-48.

[13] 彭豪峰,谈重芳,李宗伟,等.青海湖地区几种乳制品营养成分的初步研究[J].安徽农业科学,2008,36(8): 3234-3235.

[14] 魏雅萍,徐惊涛,童子保,等.青海高寒牧区犏牛挤乳量及乳成分分析[J].中国牛业科学,2008,34(5): 31-34.

[15] 吴宪忠,赵辉,吴国峰.乳酸菌在酸奶中的应用及研究进展[J].中国酿造,2007(1): 1-4.

[16] 梁海艳,张铁华,郑健,等.人参多糖对乳酸菌发酵及酸奶质构特性的影响[J].中国乳品工业,2013,41(1): 21-24.

[17] 王攀,张富新.乳固形物浓度对养酸奶发酵特性的影响[J].食品工业科技,2010,31(7): 154-156.

[18] 范宇,陈历俊,赵常新.酸奶质构影响因素研究进展[J].中国乳品工业,2009,37(7): 30-33.

[19] 赵谋明,刘宏锋,林伟锋,等.酪蛋白水解物对酸奶发酵的促进作用及其对酸奶质构的影响[J].食品工业科技,2005,26(7): 78-83.

(上接第127页)

- [14] 马占强,石启龙.干燥方法对雪莲果粉品质特性的影响[J].食品工业科技,2013,34(17): 201-205.
- [15] 王弘,陈宣鸿,马陪琴.粉体特性的研究进展[J].中国新药杂志,2006,15(18): 1535-1539.
- [16] 王储炎.桑椹果醋、果粉生物加工技术及功能特性的研

究[D].博士学位论文,江苏科技大学,2013.

[17] 温靖,徐玉娟,肖更生,等.番石榴果实的营养价值和药理作用及其加工利用[J].农产品加工,2009(6): 11-17.

[18] 徐金瑞,张名位,张金奖,等.番石榴抗氧化作用及其与黄酮含量的关系[J].食品研究与开发,2008,29(7): 9-12.

权威·核心·领先·实用·全面