

干制温度对脱苦杏仁品质的影响

Effect of Drying Temperature on Quality of Debittered Apricot Kernels

张馨允 宋云 范学辉 张清安

ZHANG Xin-yun SONG Yun FAN Xue-hui ZHANG Qing-an

(陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710119)

(School of Food Engineering and Nutrition Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710119, China)

摘要: 选用不同温度(60, 80, 100, 110, 120, 130, 140 °C)干制脱苦杏仁, 研究温度对其品质的影响。结果表明: 干制温度对脱苦杏仁的主要营养成分(粗脂肪、蛋白质、总糖、还原糖、氨基酸)、酸价、过氧化值及色泽变化有显著影响; 由相关性分析可知, 脱苦杏仁的色泽变化与蛋白质($r=0.7130$)、亮氨酸($r=0.6598$)、组氨酸($r=0.7652$)、还原糖($r=0.8001$)、天冬氨酸($r=0.6387$)、谷氨酸($r=0.8015$)、缬氨酸($r=0.8120$)、异亮氨酸($r=0.6750$)及精氨酸($r=0.7445$)之间具有良好相关性; 当温度为100 °C时, 脱苦杏仁中各营养成分的损失较少, 且干制品色泽较佳, 因此, 100 °C为脱苦杏仁干制的适宜温度。

关键词: 苦杏仁; 干制; 温度; 品质

Abstract: Effects of the drying temperatures (60, 80, 100, 110, 120, 130, 140 °C) on the major quality of debittered apricot kernels drying products were studied. The results showed that with increase of drying temperature, the main component of debittered apricot nuts decreased after the first increase. Values of peroxide and acid of debittered apricot kernels increased with drying temperature. Drying temperature influenced on the color of debittered apricot nuts significantly. There was a good correlation between the protein ($r=0.7130$), leucine ($r=0.6598$), histidine ($r=0.7652$), reducing sugar ($r=0.8001$), aspartic acid ($r=0.6387$), glutamic acid ($r=0.8015$), valine ($r=0.8120$), isoleucine ($r=0.6750$), arginine ($r=0.7445$) and color of debittered apricot kernels. It could be inferred that the drying temperature of 100 °C was the suitable temperature because the content of major nutritional composition was relative high, and color of drying products was light.

Keywords: bitter apricot kernel; drying; Temperature; quality

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(编号:31101324); 陕西省自然科学基金项目(编号:2015JM3097); 中央高校基本科研业务费专项(编号:GK201602005)

作者简介: 张馨允, 女, 陕西师范大学在读硕士研究生。

通信作者: 张清安(1976-), 男, 陕西师范大学副教授, 博士。

E-mail: qinganzhang@snnu.edu.cn

收稿日期: 2017-02-08

杏仁是杏的干燥成熟种子, 根据杏仁中苦杏仁甙的含量, 可分为甜杏仁和苦杏仁, 苦杏仁主要为西伯利亚杏、辽杏与野生杏等成熟杏果实所产种仁的总称。与甜杏仁不同之处在于其味苦, 苦杏仁甙含量(0.15%~5.5%)^[1-2]远高于甜杏仁^[3], 是一种药食两用的资源, 具有很高的营养价值和保健功能^[4-5]。

中国苦杏仁年产量超过 2.0×10^4 t, 居世界首位, 国际市场对苦杏仁的需求量大且稳定^[1], 但目前有关苦杏仁产品的研究很少, 这不利于中国苦杏仁产业的发展。近年来, 以“光中杏”为代表的脱苦杏仁干制品因其方便、耐贮以及食用方法多样等优点, 获得消费者的广泛关注与好评, 成为苦杏仁加工品中的紧俏货, 市场需求量越来越大。干燥是延长食品保质期的一种重要手段, 但在苦杏仁的干制过程中, 其营养成分会发生一系列复杂的化学反应而流失, 且导致褐变的发生, 对杏仁的品质及色泽造成影响, 进而降低了杏仁产品的品质和销量。在脱苦杏仁的干制过程中, 温度是影响其品质的一个重要因素, 在不同温度下, 杏仁中各成分间所发生的化学反应的类型及速率均存在一定的差异性, 继而导致其干制品营养品质与感官品质的不同。林启训等^[6]研究了不同状态的气体对胡萝卜干制品品质的影响, 许铭强^[7]与鲁周民等^[8]分别研究了干制温度对枣的质构特性和红枣中香气成分的影响, 而对于干制杏仁的相关研究很少, 尤其是干制温度对脱苦杏仁干制品营养品质及色泽的影响还未见报道。本试验拟研究不同干制温度对脱苦杏仁干制品中粗脂肪、蛋白质、糖类、氨基酸等营养物质的含量及其色泽、过氧化值、酸价等品质的影响, 并分析杏仁干制品中蛋白质、还原糖、氨基酸与色泽变化之间的相关性, 以期选取一个最适温度, 为制成高品质的脱苦杏仁干制品提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

杏仁: 2015年7~9月采收, 购于陕西省西安市西北药材市场;

石油醚:分析纯,天津市富宇精细化工有限公司;

牛血清蛋白、考马斯亮蓝 G250:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

萘酚、3,5-二硝基水杨酸:分析纯,上海科丰实业有限公司;

氢氧化钠、丙三醇、硫脲:分析纯,天津天力化学试剂有限公司;

盐酸、硫酸:分析纯,洛阳昊华化学试剂有限公司;

葡萄糖:分析纯,天津市泰兴试剂厂;

试验用水均为双蒸水。

1.1.2 主要仪器设备

电热鼓风干制箱:101型,北京科伟永兴仪器有限公司;

全自动色差计:SC-80C型,北京康光光学仪器有限公司;

电热恒温水浴锅:HH-S4型,北京科伟永兴仪器有限公司;

低速大容量多管离心机:LXJ-IIB型,上海嘉鹏科技有限公司;

紫外可见分光光度计:TU-1810型,北京普析通用仪器有限公司;

全自动氨基酸分析仪:L-8900型,日本 HITACHI 公司;

三频数控超声波清洗器:KQ-300VDE型,昆山市超声仪器有限公司;

电子天平:HANGPING JA 2003型,上海仪器仪表厂;

旋转蒸发器:RE-52AA型,上海亚荣生化仪器厂。

1.2 方法

1.2.1 测定指标及方法

(1) 粗脂肪含量的测定:按 GB/T 5009.6—2003 执行。

(2) 蛋白质含量的测定:按 GB/T 5009.5—2010 执行。

(3) 还原糖含量的测定:采用 3,5-二硝基水杨酸比色法^[9]。

(4) 总糖含量的测定:采用苯酚—硫酸比色法^[10]。

(5) 氨基酸含量的测定:先酸解从杏仁样品中提出的蛋白质,稀释酸解的样品后,上氨基酸自动分析仪,测定氨基酸含量^[11]。

(6) 过氧化值:按 GB/T 5538—2005 执行。

(7) 酸价:按 GB 5530—2005 执行。

(8) 色泽测定:使用 SC-80C 全自动色差计平行多次测定,颜色值采用 L^* 、 a^* 、 b^* 色值表示。

1.2.2 脱苦杏仁干制品的制备 选取大小均匀,颗粒饱满,无病虫害的苦杏仁,称量,按 1:10(g/mL)加入 100 °C 的水,浸泡 5 min,捞出,手工去皮得去皮苦杏仁,装载量 3.4 kg/m²,鼓风,分别取 60,80,100,110,120,130,140 °C 对脱苦杏仁进行烘烤干制,可得各干制温度下的样品,即为本试验所需脱苦杏仁干制品。

1.2.3 数据处理 所有数据均用 Excel 软件进行计算和绘图,再利用 DPS 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 对脱苦杏仁干中粗脂肪及蛋白质的影响

由图 1 可知,温度对脱苦杏仁干制品中的粗脂肪具有显

著影响,随温度升高,杏仁中粗脂肪含量呈现先减少后增加再减少的变化趋势,当干制温度为 110 °C 时,粗脂肪含量最高,达 57.6%,温度为 140 °C 时,粗脂肪的含量最低,为 37.1%。可能是,当干制温度过高时,杏仁中的一部分油脂发生快速聚合,生成分子量较大的二聚体与三聚体等物质;还有一部分油脂氧化形成二醛类或过氧化物等物质,使得粗脂肪含量快速减少。脱苦杏仁干制品中的蛋白质含量在温度为 80 °C 时达到最大值(11.15%),之后随着温度的升高,杏仁中蛋白质含量不断减少,当温度达 140 °C 时,蛋白质含量降至 3.33%,表明不同干制温度所对应的杏仁蛋白质含量存在显著差异。因为在高温下,蛋白质发生变性,引起内部结构发生变化,且杏仁中的蛋白质会与其他物质发生相互交联,形成大分子物质。温度越高,蛋白质与其他物质交联越迅速,使得蛋白质的损失更加严重。

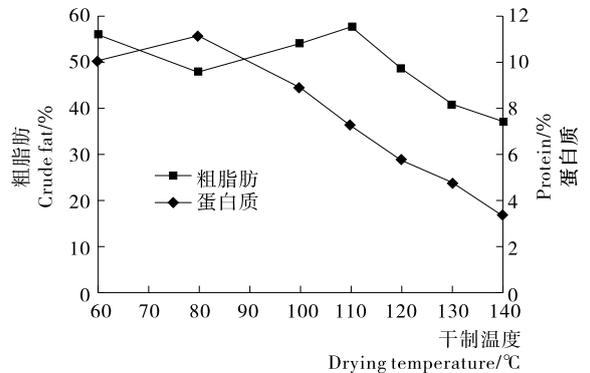


图 1 干制温度对脱苦杏仁干中粗脂肪及蛋白质含量的影响
Figure 1 Effects of drying temperatures on the content of crude fat in dried debittered apricot kernels

2.2 对脱苦杏仁干中总糖及还原糖的影响

由图 2 可知,当温度为 120 °C 时,杏仁中的总糖含量最高,达 1.405%,而当温度为 110 °C 时,还原糖含量最高,为 0.091%。总体看来,随温度升高,脱苦杏仁干制品中的总糖及还原糖含量均是先增加后减少,且温度越高,其含量的变化越显著,这与 Murat Özdemir 等^[12]对榛子的研究结果一致。导致这种现象的原因主要有两点:① 当温度超过 100 °C 时,一部分多糖类物质发生分解,生成小分子糖类物质,导致在一定的温度范围内,杏仁中总糖及还原糖的含量呈现出增加的趋势;② 随着温度的继续升高,糖类在高温条件下发生焦糖化反应,使总糖含量降低,在本试验的温度范围内,温度越高,焦糖化反应越明显。因此,当温度超过 120 °C 时,杏仁中的总糖含量呈现出明显的下降趋势。对于还原糖而言,多糖分解可导致其含量增加^[13],但在高温条件下,Maillard 反应与焦糖化反应均会造成还原糖损失,使其含量降低。由此可推测,杏仁中还原糖的含量随温度先增加后减少的原因可能是:当温度低于 110 °C 时,由多糖分解而来的还原糖多于 Maillard 反应与焦糖化反应所消耗的还原糖;但随着温度的继续升高,Maillard 反应与焦糖化反应更易发生,反应速率加快,增加了还原糖的消耗,使其整体含量不断减少。

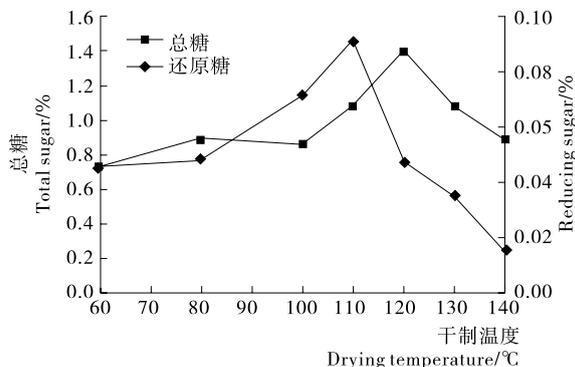


图 2 干制温度对脱苦杏仁干中总糖及还原糖含量的影响

Figure 2 Effects of drying temperatures on the content of total sugar and reducing sugar in dried debittered apricot kernels

2.3 对脱苦杏仁干中氨基酸含量的影响

由表 1 可知,在杏仁所含的 17 种氨基酸中,异亮氨酸的含量随干制温度的升高而减少;半胱氨酸、酪氨酸及苯丙氨酸的含量随干制温度的升高而增加;其余 13 种氨基酸的含量则随着干制温度的升高呈现出先增加后减少的变化趋势。其中,天冬氨酸、丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸、亮氨酸及组氨酸的

表 1 干制温度对脱苦杏仁干中氨基酸含量的影响

Table 1 Effects of drying temperatures on the content of amino acids in dried debittered apricot kernels

	mg/g Protein					
温度/°C	天冬氨酸	苏氨酸	丝氨酸	谷氨酸	甘氨酸	丙氨酸
60	116.77	22.59	38.51	319.01	43.09	48.94
80	126.18	25.18	45.00	352.36	46.00	51.49
100	132.41	27.29	47.28	385.41	49.81	53.90
110	127.24	28.34	44.55	399.31	52.03	50.11
120	121.87	25.95	43.96	370.33	48.70	51.04
130	110.33	23.61	39.63	326.92	43.77	51.97
140	85.90	19.26	32.76	263.55	35.49	52.94
温度/°C	半胱氨酸	缬氨酸	蛋氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	酪氨酸
60	34.86	48.42	25.20	35.06	72.55	22.95
80	35.01	45.97	23.93	33.44	79.95	25.32
100	36.51	49.43	35.52	34.76	84.03	23.75
110	37.82	54.66	37.42	33.96	81.87	22.06
120	38.26	48.18	35.19	33.05	78.18	23.53
130	50.79	41.63	33.90	29.52	60.48	29.71
140	69.35	38.63	31.35	22.48	46.46	38.43
温度/°C	精氨酸	赖氨酸	组氨酸	苯丙氨酸	脯氨酸	总氨基酸
60	91.71	15.06	18.59	47.06	36.75	1 037.13
80	98.93	16.53	19.09	57.70	39.04	1 121.13
100	106.64	18.01	20.45	51.11	43.33	1 199.64
110	110.31	20.31	19.21	48.82	47.61	1 215.63
120	99.73	18.06	18.03	50.30	41.42	1 145.80
130	87.22	16.87	16.92	56.33	35.88	1 055.48
140	67.58	14.21	14.28	65.44	25.36	923.49

含量在 100 °C 时达到最大值;苏氨酸、谷氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、赖氨酸、精氨酸及脯氨酸的含量在 110 °C 时达到最大值;而当干制温度达到 140 °C 时,杏仁中大多数氨基酸的含量均达到最小值。一方面是因为蛋白质在高温下发生分解;另一方面,蛋白质在高温下与还原糖发生 Maillard 反应,导致温度过高时各氨基酸含量减少。

2.4 对脱苦杏仁干过氧化值及酸价的影响

由图 3 可知,在不同干制温度下,脱苦杏仁干制品的过氧化值及酸价随着温度的升高而升高,与张增帅^[11]对核桃的研究以及 Murat Özdemir 等^[12]对榛子的研究中的变化趋势一致。在 140 °C 时,杏仁的过氧化值及酸价所对应达到最大值,分别为 4.83 meq/kg 和 3.35 mg KOH/g,因高温有助于脂肪酸的分解,使脱苦杏仁中的不饱和脂肪酸分解成许多小分子有机酸,导致酸价升高;而油脂经高温氧化生成过氧化物导致过氧化值升高。

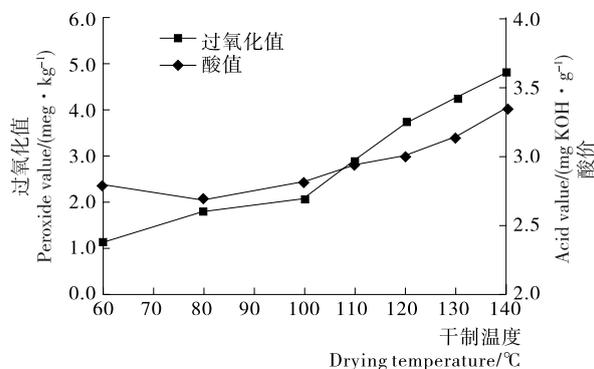


图 3 干制温度对脱苦杏仁干过氧化值及酸价的影响

Figure 3 Effects of drying temperatures on the peroxide value and acid value of dried debittered apricot kernels

2.5 对脱苦杏仁干色泽的影响

由表 2 可知,在 100~140 °C 下,脱苦杏仁干制品的色泽变化总趋势为:干制温度升高, L^* 值减小, a^* 值、 b^* 值增大,即脱苦杏仁干制品的色泽加深,红色、黄色增大。其中 L^* 值的变化趋势与邓彩玲^[15]对龙眼干的研究结果一致,而 a^* 值和 b^* 的变化趋势与其对龙眼干的研究结果相反,但与 Murat Özdemir 等^[12]对榛子的研究结果基本一致。且由表 2

表 2 干制温度对脱苦杏仁干色泽的影响

Table 2 Effects of drying temperatures on the color of dried debittered apricot kernels

烘烤温度/°C	L^*	a^*	b^*
60	57.96±0.092 ^d	8.80±0.035 ^e	22.37±0.078 ^d
80	53.77±0.134 ^e	9.43±0.064 ^d	24.93±0.035 ^b
100	59.69±0.113 ^e	8.34±0.050 ^f	22.76±0.085 ^d
110	60.89±0.134 ^b	8.13±0.064 ^f	23.82±0.099 ^e
120	56.80±0.127 ^e	13.00±0.149 ^e	28.40±0.566 ^a
130	55.60±0.014 ^f	13.93±0.064 ^b	28.31±0.028 ^a
140	50.17±0.106 ^b	14.77±0.092 ^a	29.06±0.050 ^a

† 用 Tukey 法进行多重比较。同列标有不同字母者表示组间差异显著($P<0.05$),标有相同字母者表示组间差异不显著($P>0.05$)。

可知,干制温度对脱苦杏仁干制品的 L^* 值, a^* 值和 b^* 值的变化影响显著,且对 L^* 值和 a^* 值的影响比 b^* 值更显著。脱苦杏仁干制品色泽变化的原因可能是高温更有利于美拉德反应和焦糖化反应的发生和进行,使样品中生成有色的物质。

2.6 脱苦杏仁干中蛋白质、还原糖、氨基酸与色泽变化的相关性分析

由表3可知,脱苦杏仁干制品的色泽变化与蛋白质、还原糖、天冬氨酸、谷氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、组氨酸和精氨酸等几种物质之间具有相关性。其中蛋白质、亮氨酸、缬氨酸、异亮氨酸和组氨酸均与 a^* 值有良好的相关性,而还原糖、天冬氨酸、谷氨酸、缬氨酸、异亮氨酸和精氨酸均与 L^* 值的相关性较高,整体而言,几种物质与 b^* 值的相关性相对较差。由相关性分析可知,蛋白质、还原糖、天冬氨酸、亮氨酸、组氨酸、谷氨酸、缬氨酸、异亮氨酸及精氨酸是对脱苦杏仁干制品色泽贡献较大的物质,可能是这些物质在脱苦杏仁的干制过程中参与了美拉德反应或交联反应等非酶褐变反应,生成呈色物质,改变产品色泽。

表3 脱苦杏仁干中蛋白质、还原糖和氨基酸与色泽变化的相关性分析

Table 3 Correlation analysis of color and protein, reducing sugar, amino acids in dried products of debittered apricot kernels

成分	L^*	a^*	b^*
蛋白质	0.163 6	0.713 0	0.687 3
还原糖	0.800 1	0.658 1	0.469 5
天冬氨酸	0.638 7	0.618 1	0.447 2
谷氨酸	0.801 5	0.634 3	0.448 0
缬氨酸	0.812 0	0.682 0	0.504 3
异亮氨酸	0.675 0	0.671 8	0.582 8
亮氨酸	0.610 2	0.659 8	0.466 3
组氨酸	0.662 0	0.765 2	0.641 0
精氨酸	0.744 5	0.599 5	0.405 1

3 结论

研究显示,温度是影响脱苦杏仁干制品品质的一个主要因素,尤其是对苦杏仁中的主要营养成分——粗脂肪、蛋白质与糖类含量有显著性的影响。蛋白质($r=0.713\ 0$)、亮氨酸($r=0.659\ 8$)、缬氨酸($r=0.682\ 0$)、异亮氨酸($r=0.671\ 8$)和组氨酸($r=0.765\ 2$)与 a^* 值的相关性良好;还原糖($r=0.800\ 1$)、天冬氨酸($r=0.638\ 7$)、谷氨酸($r=0.801\ 5$)、缬氨酸($r=0.812\ 0$)、异亮氨酸($r=0.675\ 0$)和精氨酸($r=0.744\ 5$)与 L^* 值的相关性较好。说明这些物质对杏仁干制品色泽的影响较大,尤其是缬氨酸和异亮氨酸。当温度为 $100\ ^\circ\text{C}$ 时,脱苦杏仁干制产品中各种营养成分的含量相对较高,且色泽较佳,故将 $100\ ^\circ\text{C}$ 选定为干制脱苦杏仁的适宜温度。据此,可对脱苦杏仁干制品进行更加深入的研究,确定何种非酶褐变反应对杏仁干制品色泽影响最大,并

根据结果制定出相应的抑制措施。本试验通过研究不同干制温度下脱苦杏仁干制品品质、色泽及蛋白质、还原糖、氨基酸与色泽变化的相关性,可在生产杏仁干制品的过程中科学地控制温度条件,进而提高产品的营养品质与感官品质,有助于将中国丰富的杏仁资源优势转化为产业优势,促进杏仁行业的良性发展。

参考文献

- [1] 张贞亮. 杏仁粕蛋白的提取工艺及品质控制研究[D]. 河北: 河北农业大学, 2011: 1.
- [2] FEMENIA A, ROSELLÓ C, MULET A, et al. Chemical composition of bitter and sweet apricot kernels [J]. *Agric. Food Chem.*, 1995, 43(2): 356-361.
- [3] 宋曰钦, 王建中, 赵云霞, 等. 苦杏仁蛋白开发利用的前景[J]. *中国农学通报*, 2006, 22(1): 68-70.
- [4] 王富花, 张占军. 杏仁研究进展[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(29): 16 239-16 240.
- [5] MANDALARI G, TOMAINO A, ARCORACI T, et al. Characterization of polyphenols, lipids and dietary fibre from almond skins (*Amygdalus communis* L.) [J]. *Food Compos Anal*, 2010, 23(2): 166-174.
- [6] 林启训, 黄伟明, 柯福星, 等. 干制状态气体对胡萝卜干燥过程特性及制品品质的影响[J]. *食品与机械*, 2002(3): 9-10.
- [7] 许铭强, 陈恺, 张艳艳, 等. 干制温度对枣果实实质构性能的影响[J]. *食品与机械*, 2012, 28(5): 59-62.
- [8] 鲁周民, 闫忠心, 刘坤, 等. 不同温度对干制红枣香气成分的影响[J]. *深圳大学学报: 理工版*, 2010, 27(4): 490-496.
- [9] 赵凯, 许鹏举, 谷广辉. 3,5-二硝基水杨酸比色法测定还原糖含量的研究[J]. *食品科学*, 2008, 29(8): 534-536.
- [10] 李军鹏, 苏其美, 冯举耀, 等. 清爽型黄酒中总糖测定方法比较[J]. *酿酒科技*, 2010(5): 102-103.
- [11] 高向阳. 食品分析与检验[M]. 北京: 中国计量出版社, 2006: 171-173.
- [12] ÖZDEMİR M, AÇKURT F, YILDIZ M, et al. Effect of roasting on some nutrients of hazelnuts (*Corylus Avellena*, L.) [J]. *Food Chemistry*, 2001, 73(2): 185-190.
- [13] 王素雅, 王璋. 香蕉汁储藏过程中非酶褐变的研究[J]. *食品科学*, 2005, 26(12): 81-85.
- [14] 张增帅. 核桃热风干制品品质变化规律及其工艺研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2013: 23.
- [15] 邓彩玲. 龙眼热泵干燥特性研究及高水分龙眼干的研发[D]. 南昌: 江西农业大学, 2013: 30.