

焙烤工艺对核桃仁品质的影响

杜玉琼,薛舒心,辛 蕤,成天乐,李焕荣

(新疆农业大学 食品科学与药学院,乌鲁木齐 830052)

摘要:以‘温宿 185’薄皮核桃为原料,以焙烤后核桃仁的酸值、过氧化值、总酚含量、色泽为指标,并结合模糊数学综合评价法研究焙烤温度、焙烤时间对脱皮与未脱皮核桃仁品质的影响。结果表明:120~140℃、焙烤10~30 min 核桃仁的过氧化值和酸值较低;120~150℃条件下随焙烤时间的延长,未脱皮核桃仁与脱皮核桃仁的酸值(KOH)分别在150℃/30 min 和150℃/25 min 达到最高点,与120℃/10 min 相比酸值(KOH)分别上升了0.303、0.107 mg/g;随焙烤温度的升高,核桃仁色泽加深,总酚含量变化不显著,但酚类物质的浸泡液对核桃仁的品质有显著影响;通过模糊数学感官评价法得出核桃仁的最佳焙烤条件为焙烤温度130℃、焙烤时间25 min,在此条件下核桃仁的综合得分为94.10分。焙烤不仅赋予了核桃仁独特的风味,还进一步提升了核桃仁加工制品的品质。

关键词:核桃仁;焙烤;品质;酸值;过氧化值;总酚;色泽

中图分类号:TS221;TS225

文献标识码:A

文章编号:1003-7969(2021)01-0017-07

Effect of baking process on the quality of walnut kernel

DU Yuqiong, XUE Shuxin, XIN Rui, CHENG Tianyue, LI Huanrong

(College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: Using Wensu 185 thin-skinned walnuts as raw materials, the effects of baking temperature and baking time on the qualities of peeled and unpeeled walnut kernels were studied with acid value, peroxide value, total phenol content and color of the baked walnut kernel as indicators and combining with fuzzy mathematics comprehensive evaluation method. The results showed that the peroxide value and acid value of walnut kernel roasted at 120-140℃ for 10-30 min were lower. At 120-150℃, with the prolonging of baking time, the acid value of unpeeled and peeled walnut kernels reached their highest points at 150℃/30 min and 150℃/25 min, and increased by 0.303, 0.107 mgKOH/g compared with 120℃/10 min, respectively. With the increase of baking temperature, the color of walnut kernel deepened, and the total phenol content did not change significantly, but the soaking solution of phenols had a significant effect on the quality of walnut kernel. According to the fuzzy mathematics comprehensive evaluation method, the best baking conditions for walnut kernel were obtained as follows: baking temperature 130℃ and baking time 25 min. Under these conditions, the comprehensive score of walnut kernel was 94.10. Baking not only gave the walnut kernel a unique flavor, but also further improved the quality of walnut kernel processed products.

Key words: walnut kernel; baking; quality; acid value; peroxide value; total phenol; color

收稿日期:2020-04-26;修回日期:2020-10-09

基金项目:国家重点研发项目(2019YFD1002303)

作者简介:杜玉琼(1993),女,硕士研究生,研究方向为农产品加工与综合利用(E-mail)2426955020@qq.com。

通信作者:李焕荣,教授(E-mail)1913897023@qq.com。

核桃属胡桃科植物,是我国四大干果之一^[1]。核桃仁中的粗脂肪含量为65.5%,磷脂和维生素E含量丰富,能够清除人体内的自由基,延缓衰老^[2],对预防心血管疾病也有一定疗效^[3]。核桃仁还富含多种必需氨基酸^[4],其营养价值与动物蛋白非常相似,有利于人体的消化吸收和智力发育,是一种营

养均衡的植物蛋白^[5]。

贾春晓等^[6]发现焙烤能增加葵花籽的香气,影响葵花籽香气的主要因素是焙烤温度和焙烤时间。蔡瑞玲等^[7]发现咖啡豆经焙烤后香气浓郁,有利于提高咖啡豆的品质。周萍萍^[8]研究发现葵花籽经过焙烤后得到的葵花籽油具有较好的品质,将葵花籽在 140 ℃ 和 150 ℃ 的条件下分别焙烤 30 min 和 20 min 得到的葵花籽油感官评分最高,品质好且稳定。Vaidya 等^[9]研究表明适宜的焙烤温度使核桃油的氧化稳定性提高了 3 倍,并赋予核桃仁独特的香气。但高温会加快核桃仁的氧化速率,降低品质,为保证核桃仁具有较好的品质和足够的焙烤风味,本试验采用不同温度和时间对核桃仁进行焙烤处理,分析焙烤过程中核桃仁的过氧化值、酸值、色泽及总酚含量的变化,研究不同焙烤工艺及脱皮对核桃仁品质的影响,并结合模糊数学感官评价法筛选最佳焙烤工艺,为核桃仁的深加工提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 原料与试剂

‘温宿 185’薄皮核桃,购于新疆乌鲁木齐市北园春干果市场,挑选果仁饱满、无虫害、无污染果实。无水乙醇、异丙醇、乙醚、三氯甲烷、石油醚(30 ~ 60 ℃)、碘化钾、可溶性淀粉、硫代硫酸钠、硼酸、硫酸、甲醇、没食子酸、无水碳酸钠、氢氧化钠、冰乙酸、福林酚,均为分析纯。

1.1.2 仪器与设备

T16 新世纪紫外可见分光光度计;LE204E 电子天平,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;FW 100 万能粉碎机;32L K1T 型电烤箱;LAB-900 色差仪;DZKW-D-4 电热恒温水浴锅;TD5A-WS 低速离心机;DHG-9140A 型恒温干燥箱;RV10 Digital V 旋转蒸发仪,德国 IKA/艾卡(广州)仪器设备有限公司;SHB-III 真空泵。

1.2 试验方法

1.2.1 核桃仁脱皮及焙烤工艺

1.2.1.1 核桃仁脱皮

核桃仁在 45 ℃ 水中浸泡 3 h,期间每小时换水 1 次,共换水 3 次,脱去核桃仁表皮,脱皮后核桃仁自然晾干,水分含量为 2.4% (与未脱皮核桃仁保持一致)。

1.2.1.2 核桃仁焙烤

将未脱皮核桃仁与脱皮核桃仁分别取 30 份,其中各取 1 份作为对照,将其余核桃仁放置于恒温烤箱中进行焙烤,每次将烤盘置于同一位置,以确保相同的焙烤条件。在 120、130、140、150 ℃ 的条件下分

别焙烤 10、15、20、25、30 min (相对低温长时),在 160、180、200 ℃ 的条件下分别焙烤 4、8、12 min (相对高温短时),冷却至室温,备用。

1.2.2 总酚含量测定

1.2.2.1 标准曲线方程的确定

参照熊汝琴等^[10]方法稍有改动。称取一定质量的没食子酸标品,用蒸馏水溶解定容至 100 mL。准确吸取 100、200、300、400、500 μL 没食子酸标准溶液,加入 1 mL 福林酚试剂,摇匀,放置 3 min,加入 5 mL 10% Na₂CO₃ 溶液,30 ℃ 恒温水浴,避光显色 120 min,于 765 nm 处测定吸光值。以没食子酸标准溶液质量浓度为横坐标,吸光值为纵坐标,得到的标准曲线方程为 $y = 0.0018x$, $R^2 = 0.9946$ 。

1.2.2.2 试样制备

将焙烤后的核桃仁粉碎(未脱皮核桃仁需先脱皮后粉碎),用石油醚按料液比 1:10 浸泡 12 h 进行两次脱脂处理,得到脱脂核桃粕,备用。

1.2.2.3 总酚的提取

参照俞燕芳等^[11]方法稍有改动。称取 3 g 脱脂核桃粕,加入 25 mL 80% 的甲醇溶液于 50 mL 离心管中,超声(100 W)提取 40 min,4 000 r/min 离心 20 min,重复上述步骤,合并两次上清液,80% 甲醇溶液定容至 50 mL,作为酚类物质的提取液。

1.2.2.4 样品总酚含量测定

精确吸取 2 mL 酚类物质提取液,加入 1 mL 福林酚试剂,摇匀,放置 3 min 后,加入 5 mL 10% Na₂CO₃ 溶液,蒸馏水定容至 25 mL 容量瓶,30 ℃ 恒温水浴,避光显色 120 min,于 765 nm 处测定吸光值,重复 3 次。按照标准曲线方程计算样品质量浓度,代入下式求总酚含量。

$$W = \frac{c \times V}{m \times 1000} \quad (1)$$

式中:W 为总酚含量,mg/g;c 为没食子酸质量浓度,μg/mL;V 为提取液体积,mL;m 为取样量,g。

1.2.3 色泽测定

将焙烤后的核桃仁粉碎(未脱皮核桃仁需先脱皮后粉碎),采用色差仪测定核桃仁的色泽变化。L 表示焙烤核桃仁的明亮度;a 表示红绿程度;b 表示黄蓝程度。设置对照组,每组样品重复测定 3 次。

1.2.4 模糊数学综合评价

参照龙婷等^[12]方法,结合核桃仁的感官特点,对色泽、香气、风味、喜爱程度进行分析评价。由 10 名同志组成评审小组,进行专业培训,采用优(100)、良(90)、中(80)、差(70)4 个等级评分,得出最佳焙烤温度和焙烤时间。焙烤核桃仁感官评定标准见表 1。

表1 焙烤核桃仁感官评定标准

等级	评分	色泽	香气	风味	喜爱程度
优	100	色泽黄色,均匀一致	浓郁的焙烤果仁香气	独特的焙烤风味浓郁	口感极好,非常喜欢
良	90	色泽暗黄,不均匀	焙烤果仁香气平淡	核桃仁特有风味不足	口感好,比较喜欢
中	80	色泽暗褐色,不均匀,有轻微的焦糊	核桃香气淡,轻微焦糊味	轻微苦味及油脂哈败味	口感一般,能接受
差	70	色泽深褐色,不均匀,焦糊程度高	焦糊味浓	苦味及较浓油脂哈败味	口感差,不喜欢

(1) 因素集的确立

以核桃仁的色泽、香气、风味、喜爱程度为指标组成评价因素集,即 $U = \{U_1, U_2, U_3, U_4\}$ 。

(2) 评论域的确立

评审员对焙烤核桃仁进行感官评价后,由评审小组得出评分等级,评论域为 $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4\}$ 。

(3) 对象集的确立

感官评价的对象集为 $Y = \{Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6, Y_7, Y_8\}$,代表不同焙烤温度和焙烤时间对核桃仁感官的影响, $Y_1 \sim Y_8$ 分别表示未处理、120℃/30 min、130℃/25 min、140℃/25 min、150℃/25 min、160℃/12 min、180℃/8 min、200℃/4 min。设立的焙烤温度和焙烤时间由预试验通过感官评分优化后所得。

(4) 权重因子的设立

每个影响因素都有一个对应的权重,权重集 A 的元素综合为1,权重集 $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$,其中 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 分别为色泽、香气、风味和喜爱程度的权重。试验采用用户调查法和二次对比决定法,由10名评审人员根据表1的感官评分标准对核桃仁的色泽、香气、风味、喜爱程度做权重评价,总分为100分^[13]。

1.2.5 核桃仁理化指标的测定

水分含量测定参照 GB 5009.3—2016;酸值测定参照 GB 5009.229—2016;过氧化值测定参照 GB 5009.227—2016。

1.2.6 数据处理与分析

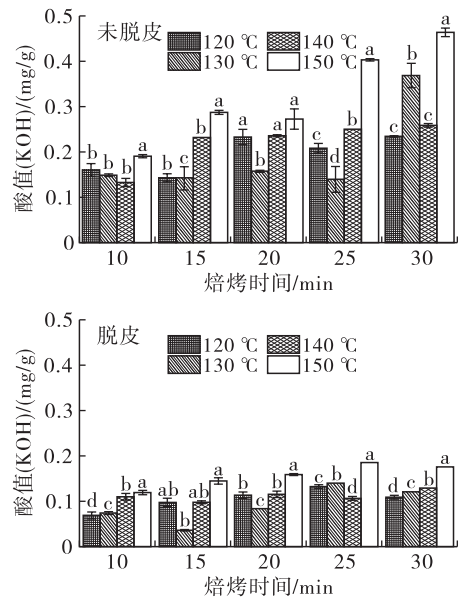
采用 Origin 8.5.1 对试验数据进行整理,通过 Excel 和 SPSS 18 对数据进行整理分析。

2 结果与分析

2.1 不同焙烤工艺条件对核桃仁酸值的影响

图1为120~150℃、不同焙烤时间条件下核桃仁酸值的变化情况。由图1可知,未脱皮核桃仁与脱皮核桃仁的酸值随着焙烤温度的升高,总体呈上升趋势。随焙烤时间的延长,未脱皮核桃仁与脱皮核桃仁的酸值(KOH)分别在150℃/30 min和150℃/25 min达到最高点,与120℃/10 min相比酸值(KOH)分别上升了0.303、0.107 mg/g,说明低温长时焙烤时,脱皮核桃仁受焙烤温度影响较小,但脱皮核桃仁在贮藏时易发生哈败、变味,不利于后期的加工制作。因此,低温长时焙烤时,未脱皮核桃仁优

于脱皮核桃仁。



注:同一焙烤时间、不同焙烤温度下,不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

图1 120~150℃、不同焙烤时间下核桃仁酸值的变化

图2为160~200℃、不同焙烤时间条件下核桃仁酸值的变化情况。

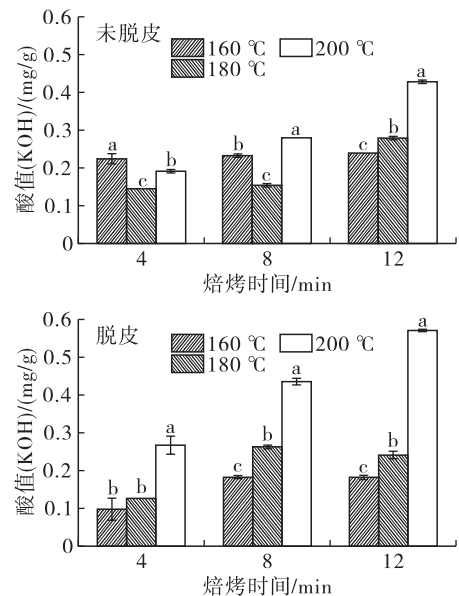


图2 160~200℃、不同焙烤时间条件下核桃仁酸值的变化

由图2可知,200℃/12 min与160℃/4 min相比脱皮核桃仁与未脱皮核桃仁的酸值(KOH)分别上升了0.499 mg/g和0.204 mg/g。随着焙烤温度

的升高,脱皮核桃仁的氧化速率较未脱皮核桃仁快。说明焙烤温度越高,焙烤时间越长,脱皮核桃仁氧化越严重。因此,低温长时焙烤有利于核桃仁的加工和贮藏。这与侯双瑞等^[14]研究的结果相似。

2.2 不同焙烤工艺条件对核桃仁过氧化值的影响

120~150℃、不同焙烤时间条件下核桃仁过氧化值的变化如图3所示。由图3可知,未脱皮核桃仁的过氧化值为0.006~0.026 g/100 g,脱皮核桃仁的过氧化值为0.007~0.021 g/100 g,随着焙烤时间的延长,两种核桃仁的过氧化值均呈递增趋势,超过140℃/30 min核桃仁的氧化速度加快,这与徐月华等^[15]研究的结果一致。过氧化值升高可能是因为核桃仁中不饱和脂肪酸在高温下不稳定,易氧化分解。张明成^[16]发现油脂不饱和脂肪酸含量越高,氧化速度越快。

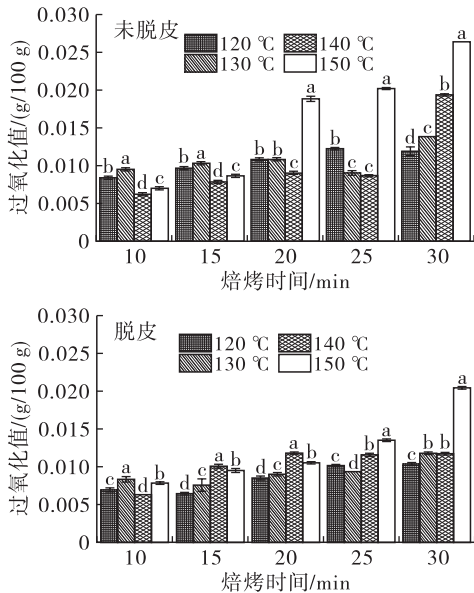


图3 120~150℃、不同焙烤时间条件下核桃仁过氧化值的变化

160~200℃、不同焙烤时间条件下核桃仁过氧化值的变化如图4所示。由图4可知,相同温度下,随焙烤时间的延长脱皮核桃仁与未脱皮核桃仁的过氧化值在200℃/12 min分别上升至0.034、0.024 g/100 g,说明脱皮核桃仁在高温下易被氧化,这可能是由于在高温焙烤条件下脱皮核桃仁内的油脂氧化程度更深所致。

核桃仁油脂含量丰富,过氧化值和酸值是衡量核桃仁品质的重要指标。综上所述,在焙烤过程中随着温度升高和时间的延长,过氧化值和酸值均呈上升趋势。200℃时,核桃仁的过氧化值和酸值达到峰值,这可能是因为核桃仁在焙烤过程中不饱和脂肪酸在高温条件下发生氧化作用,生成低分子羰

基化合物如醛、酮、醇、酸等小分子物质,导致过氧化值升高。在120~150℃时,脱皮核桃仁的过氧化值和酸值较低,超过150℃后脱皮核桃仁的过氧化值和酸值显著升高,这可能与核桃仁的预处理有关,由于脱皮核桃仁浸泡于酚类溶液中,核桃仁吸收酚类物质后抗氧化能力增强,但酚类物质在高温条件下被氧化,高温焙烤加速了核桃仁的劣变。综合来看,未脱皮核桃仁的品质优于脱皮核桃仁。

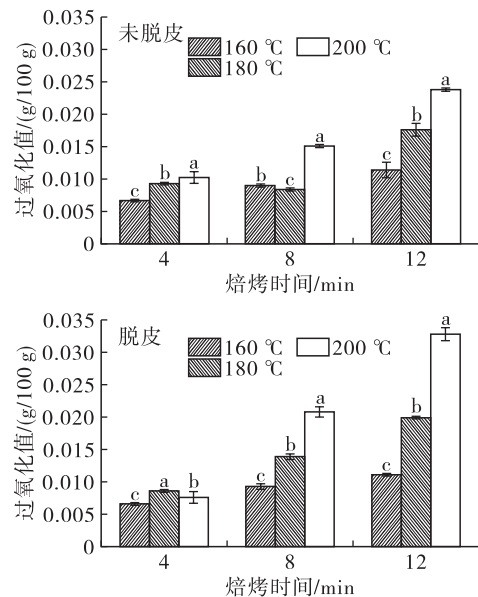
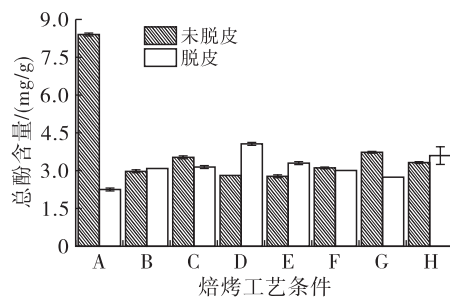


图4 160~200℃、不同焙烤时间条件下核桃仁过氧化值的变化

2.3 不同焙烤工艺条件对核桃仁总酚含量的影响

不同焙烤工艺条件对核桃仁总酚含量的影响如图5所示。



注:A.对照;B.120℃/25 min;C.130℃/25 min;D.140℃/25 min;E.150℃/25 min;F.160℃/8 min;G.180℃/8 min;H.200℃/8 min。

图5 核桃仁焙烤工艺条件对总酚含量的影响

由图5可知,总酚含量随焙烤温度及焙烤时间的变化而波动,适当升高焙烤温度可提高总酚含量。对照组中未脱皮核桃仁与脱皮核桃仁的总酚含量分别为8.710、2.255 mg/g,未脱皮核桃仁中的总酚含量为脱皮核桃仁的3.863倍。王吉^[17]研究发现适当的焙烤可以增加核桃仁的稳定性,这与本文的研

究结果相似。张天财等^[18]研究发现,核桃仁中的酚类物质含量为0.77%,内种皮酚类物质含量为21.73%,说明核桃仁内种皮含有较多的酚类物质。

2.4 焙烤工艺条件对核桃仁色泽的影响

不同焙烤工艺条件对核桃仁色泽的影响见表2。

表2 不同焙烤工艺对核桃仁色泽的影响

焙烤温度/℃	焙烤时间/min	<i>L</i>		<i>b</i>		<i>a</i>	
		未脱皮	脱皮	未脱皮	脱皮	未脱皮	脱皮
对照	-	70.22 ± 1.20	81.09 ± 0.90	19.67 ± 0.23	17.95 ± 0.54	4.82 ± 0.45	2.67 ± 0.77
120	10	71.98 ± 0.82 ^a	81.83 ± 0.57 ^a	19.06 ± 0.21 ^b	17.76 ± 0.71 ^{bc}	4.26 ± 0.07 ^{bc}	2.41 ± 0.32 ^b
	15	74.26 ± 0.62 ^a	80.29 ± 0.73 ^{ab}	19.60 ± 0.50 ^b	19.51 ± 0.41 ^a	4.28 ± 0.24 ^{bc}	2.92 ± 0.20 ^{ab}
	20	74.71 ± 0.74 ^a	80.68 ± 0.70 ^{ab}	19.81 ± 0.44 ^{ab}	17.13 ± 0.30 ^c	4.16 ± 0.27 ^c	2.35 ± 0.05 ^b
	25	72.01 ± 0.89 ^a	79.55 ± 0.56 ^{bc}	21.11 ± 0.32 ^a	18.68 ± 0.43 ^b	4.88 ± 0.10 ^b	3.18 ± 0.15 ^a
	30	67.01 ± 0.96 ^b	77.44 ± 0.51 ^c	20.40 ± 0.25 ^{ab}	17.88 ± 0.08 ^{bc}	5.65 ± 0.24 ^a	2.58 ± 0.12 ^b
130	10	70.31 ± 0.53 ^a	76.89 ± 0.25 ^a	20.59 ± 0.04 ^a	19.07 ± 0.31 ^b	4.90 ± 0.17 ^b	2.93 ± 0.21 ^d
	15	70.46 ± 0.46 ^a	76.34 ± 0.36 ^a	16.83 ± 0.12 ^c	19.51 ± 0.41 ^b	4.16 ± 0.16 ^b	3.24 ± 0.27 ^{cd}
	20	63.90 ± 0.11 ^c	75.39 ± 0.65 ^a	18.81 ± 0.32 ^b	19.68 ± 0.07 ^b	4.20 ± 0.97 ^b	3.55 ± 0.12 ^{bc}
	25	66.74 ± 0.70 ^b	73.43 ± 0.53 ^b	21.61 ± 0.41 ^a	20.95 ± 0.16 ^a	6.17 ± 0.33 ^a	3.93 ± 0.95 ^{ab}
	30	65.14 ± 0.56 ^{bc}	74.32 ± 0.73 ^b	19.10 ± 0.64 ^b	22.06 ± 0.40 ^a	5.04 ± 0.62 ^b	4.28 ± 0.05 ^a
140	10	70.43 ± 0.36 ^a	77.99 ± 0.35 ^a	20.97 ± 0.18 ^b	18.65 ± 0.68 ^d	5.34 ± 0.15 ^c	2.71 ± 0.08 ^d
	15	68.99 ± 0.78 ^a	78.74 ± 0.74 ^a	19.62 ± 1.35 ^b	19.55 ± 0.10 ^c	4.14 ± 0.15 ^d	3.08 ± 0.13 ^c
	20	63.96 ± 0.11 ^b	76.56 ± 0.49 ^b	18.86 ± 0.33 ^b	20.70 ± 0.10 ^b	4.86 ± 0.10 ^d	3.59 ± 0.09 ^b
	25	63.56 ± 0.76 ^b	75.24 ± 0.56 ^{bc}	25.28 ± 0.24 ^a	25.18 ± 0.22 ^a	6.45 ± 0.13 ^b	5.29 ± 0.09 ^a
	30	61.29 ± 0.50 ^c	74.20 ± 0.19 ^c	26.99 ± 0.41 ^a	21.03 ± 0.49 ^b	7.98 ± 0.34 ^a	4.53 ± 0.19 ^b
150	10	69.82 ± 0.75 ^a	79.42 ± 1.20 ^a	20.31 ± 0.30 ^d	20.15 ± 0.44 ^c	4.64 ± 0.17 ^c	2.88 ± 0.10 ^d
	15	59.79 ± 0.78 ^b	78.15 ± 0.88 ^a	27.13 ± 0.49 ^c	21.66 ± 0.16 ^d	7.93 ± 0.45 ^b	3.44 ± 0.21 ^d
	20	57.84 ± 0.81 ^b	77.23 ± 0.48 ^{ab}	29.10 ± 2.29 ^c	23.33 ± 0.20 ^c	9.04 ± 1.57 ^b	4.31 ± 0.20 ^c
	25	51.57 ± 0.61 ^c	74.35 ± 0.68 ^b	36.59 ± 0.52 ^a	25.43 ± 0.21 ^b	14.66 ± 0.15 ^a	5.69 ± 0.29 ^b
	30	46.17 ± 0.91 ^d	69.31 ± 0.96 ^c	32.82 ± 0.83 ^b	29.07 ± 0.25 ^a	14.67 ± 0.24 ^a	7.81 ± 0.11 ^a
160	4	72.91 ± 0.98 ^a	77.83 ± 0.94 ^a	20.90 ± 0.36 ^b	19.33 ± 0.07 ^c	4.25 ± 0.34 ^b	3.20 ± 0.09 ^c
	8	69.43 ± 0.32 ^b	75.37 ± 0.62 ^{ab}	20.74 ± 3.24 ^b	21.07 ± 0.18 ^b	6.06 ± 0.11 ^a	3.74 ± 0.19 ^b
	12	66.28 ± 0.79 ^c	74.33 ± 0.59 ^b	22.74 ± 0.36 ^a	23.23 ± 0.25 ^a	5.66 ± 0.08 ^a	4.44 ± 0.16 ^a
180	4	69.14 ± 0.48 ^a	79.47 ± 0.33 ^a	20.12 ± 0.15 ^a	19.95 ± 0.56 ^c	4.08 ± 0.14 ^a	3.29 ± 0.34 ^c
	8	62.42 ± 0.59 ^b	72.19 ± 0.58 ^b	18.09 ± 0.51 ^b	27.71 ± 0.54 ^b	3.79 ± 0.46 ^a	6.40 ± 0.42 ^b
	12	59.76 ± 0.65 ^c	67.27 ± 0.48 ^c	18.82 ± 0.53 ^{ab}	32.75 ± 0.39 ^a	4.15 ± 0.53 ^a	10.69 ± 0.46 ^a
200	4	67.15 ± 0.41 ^a	74.71 ± 0.79 ^a	18.07 ± 0.36 ^c	26.61 ± 0.76 ^c	4.60 ± 0.29 ^c	6.24 ± 0.27 ^c
	8	62.01 ± 1.09 ^b	64.85 ± 0.68 ^b	24.39 ± 0.28 ^b	34.06 ± 0.34 ^b	7.89 ± 0.13 ^b	12.61 ± 0.12 ^b
	12	58.48 ± 1.18 ^c	48.97 ± 0.91 ^c	28.48 ± 0.29 ^a	35.99 ± 0.27 ^a	9.37 ± 0.33 ^a	16.62 ± 0.28 ^a

注:同一焙烤温度下同列字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

由表2可以看出,核桃仁的色泽*L*值随焙烤温度的升高及焙烤时间的延长整体呈下降趋势。当焙烤温度从120℃升高到140℃时,未脱皮核桃仁和脱皮核桃仁的亮度逐渐降低,*a*值无明显变化,*b*值增加;当焙烤温度升高到150℃时,未脱皮核桃仁和脱皮核桃仁的*L*值明显降低,*a*值和*b*值有明显升高的趋势。在120~160℃的焙烤条件下随着时间的延长,未脱皮核桃仁的*L*值均小于脱皮核桃仁,*a*值均大于脱皮核桃仁的,这可能与脱皮核桃仁浸泡吸收的酚类物质有关,具有较好的抗氧化作用。当焙烤温度上升至200℃时,核桃仁的色泽变化显著

($P < 0.05$),12 min时与对照组相比,未脱皮核桃仁和脱皮核桃仁的*L*值分别下降11.74、32.12。说明脱皮核桃仁的色泽受焙烤温度的影响较大,亮度明显降低。这可能是因为核桃仁在高温焙烤的条件下,酚类物质被迅速氧化,美拉德反应产生褐色物质,引起核桃仁色泽发生改变^[19]。

2.5 焙烤核桃仁模糊数学综合评价

综合焙烤核桃仁的酸值、过氧化值、色泽分析结果,并且由于脱皮核桃仁失去种皮的保护,在贮藏过程中易发生氧化、变质,产生哈喇味,极大地缩短了焙烤核桃仁的贮藏期。因此,对焙烤的未脱皮核桃

仁采用模糊数学综合评价法进行感官评分。

气、风味、喜爱程度逐一进行感官评价,焙烤核桃仁感官评价票数分布见表3。

2.5.1 感官评价

由10名感官评审员对焙烤核桃仁的色泽、香

表3 焙烤核桃仁感官评价票数分布

试验号	色泽				香气				风味				喜爱程度			
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄
1	0	0	4	6	0	0	2	8	0	0	3	7	0	1	2	7
2	0	1	5	4	0	2	5	3	3	3	3	1	3	3	4	0
3	3	4	2	1	5	4	1	0	5	3	2	0	6	4	0	0
4	1	3	4	2	3	2	5	0	4	3	3	0	4	5	1	0
5	0	1	4	5	1	3	4	2	2	2	5	1	2	2	5	1
6	1	2	5	2	1	4	2	3	2	4	2	2	2	4	4	0
7	2	4	3	1	3	2	3	2	4	3	3	0	5	3	2	0
8	1	4	0	5	1	2	2	5	0	3	4	3	2	3	1	4

2.5.2 权重统计评分(见表4)

表4 权重评分结果

因素	分数(分)
色泽	18
香气	27
风味	31
喜爱程度	24
总分	100

由表4可知,各指标的权重集为 $A = \{0.18, 0.27, 0.31, 0.24\}$,影响评价指标的因素依次为风味 > 香气 > 喜爱程度 > 色泽,说明风味对焙烤核桃仁的影响占主要作用。

2.5.3 模糊关系矩阵

根据表3的票数分布结果,对其进行归一化处理^[20],得到8组模糊数学综合评价矩阵。

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.0 & 0.4 & 0.6 \\ 0.0 & 0.0 & 0.2 & 0.8 \\ 0.0 & 0.0 & 0.3 & 0.7 \\ 0.0 & 0.1 & 0.2 & 0.7 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.1 & 0.5 & 0.4 \\ 0.0 & 0.2 & 0.5 & 0.3 \\ 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.1 \\ 0.3 & 0.3 & 0.4 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \\ 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0.0 \\ 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0.0 \\ 0.6 & 0.4 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 \\ 0.3 & 0.2 & 0.5 & 0.0 \\ 0.4 & 0.3 & 0.3 & 0.0 \\ 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$R_5 = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.1 & 0.4 & 0.5 \\ 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 \\ 0.2 & 0.2 & 0.5 & 0.1 \\ 0.2 & 0.2 & 0.5 & 0.1 \end{bmatrix}$$

$$R_6 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.2 & 0.5 & 0.2 \\ 0.1 & 0.4 & 0.2 & 0.3 \\ 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.2 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$R_7 = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \\ 0.3 & 0.2 & 0.3 & 0.2 \\ 0.4 & 0.3 & 0.3 & 0.0 \\ 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$R_8 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.4 & 0.0 & 0.5 \\ 0.1 & 0.2 & 0.2 & 0.5 \\ 0.0 & 0.3 & 0.4 & 0.3 \\ 0.2 & 0.3 & 0.1 & 0.4 \end{bmatrix}$$

根据模糊矩阵变换原理, $Y_j = A \times R_j$ 。

$$Y_1 = (0.18, 0.27, 0.31, 0.24) \times$$

$$\begin{bmatrix} 0.0 & 0.0 & 0.4 & 0.6 \\ 0.0 & 0.0 & 0.2 & 0.8 \\ 0.0 & 0.0 & 0.3 & 0.7 \\ 0.0 & 0.1 & 0.2 & 0.7 \end{bmatrix} = (0.00, 0.02, 0.27, 0.71)$$

按照 Y_1 的计算方法,对1~8号样品分别进行综合模糊评判,得出 $Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6, Y_7, Y_8$ 。由综合评定结果分别乘以优(100)、良(90)、中(80)、差(70)所对应的值,并进行求和,最后算出每个样品的综合得分,如未处理(Y_1)综合得分 = $0 \times 100 + 0.02 \times 90 + 0.27 \times 80 + 0.71 \times 70 = 73.10$,同理可推算出其他条件下的综合得分。结果见表5。

由表5可知,焙烤核桃仁的综合得分从高到低依次为 $Y_3(130^\circ\text{C}/25\text{ min}) > Y_7(180^\circ\text{C}/8\text{ min}) > Y_4(140^\circ\text{C}/25\text{ min}) > Y_6(160^\circ\text{C}/12\text{ min}) > Y_2(120^\circ\text{C}/$

30 min) > Y_5 (150 °C/25 min) > Y_8 (200 °C/4 min) > Y_1 (未处理)。在 130 °C/25 min 下焙烤核桃仁的综合得分最高,且有较好的酥脆感,焙烤香气浓郁,因此在复合固体饮料中添加经焙烤的核桃仁后可以提升果仁的香味。

表5 不同焙烤条件下核桃仁的综合评价结果

试验号	综合评定结果	综合得分(分)
1	$Y_1 = (0.00, 0.02, 0.27, 0.71)$	73.10
2	$Y_2 = (0.17, 0.24, 0.41, 0.18)$	84.00
3	$Y_3 = (0.49, 0.37, 0.13, 0.02)$	94.10
4	$Y_4 = (0.32, 0.32, 0.32, 0.04)$	89.20
5	$Y_5 = (0.14, 0.21, 0.46, 0.20)$	83.70
6	$Y_6 = (0.16, 0.36, 0.30, 0.18)$	85.00
7	$Y_7 = (0.36, 0.29, 0.28, 0.07)$	89.40
8	$Y_8 = (0.09, 0.29, 0.20, 0.41)$	79.80

3 结论

随着焙烤温度升高和焙烤时间的延长,核桃仁的酸值和过氧化值呈上升趋势。在 120 ~ 140 °C 的焙烤条件下,温度对核桃仁的品质影响较小,超过 150 °C 后,核桃仁的色泽加深,品质逐渐降低,而总酚含量变化不显著。通过模糊数学综合评价法,得出核桃仁的最佳焙烤条件为 130 °C/25 min,此时核桃仁具有较好的酥脆感和浓郁的香味。

综上所述,为保证焙烤核桃仁的加工品质,未脱皮核桃仁 120 ~ 140 °C 焙烤 10 ~ 30 min 更有利于增加核桃仁的香气,提高油脂稳定性,进而提高核桃仁加工制品的综合品质。

参考文献:

[1] 孙树杰,王兆华,宋康,等. 核桃营养价值及功能活性研究进展[J]. 中国食物与营养, 2013, 19(5):72-74.

[2] 王帅,戴涟漪,库雪晶,等. 核桃营养组成与保健功能研究进展[J]. 中国酿造, 2016, 35(6):30-34.

[3] MARTA G F, LI J, HU F B, et al. Effects of walnut consumption on blood lipids and other cardiovascular risk factors: an updated meta-analysis and systematic review of controlled trials[J]. Am J Clin Nutr, 2018, 108(1): 174-187.

[4] 肖良俊,毛云玲,吴涛,等. 云南紫仁核桃必需氨基酸含量及营养评价[J]. 食品科学, 2015, 36(4): 106-109.

[5] 沈敏江,刘红芝,刘丽,等. 核桃蛋白质的组成、制备及功能特性研究进展[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(1): 123-128.

[6] 贾春晓,毛多斌,孙晓丽,等. 烘烤葵花籽的香气成分分析及最佳烘烤条件研究[J]. 食品工业科技, 2006(8):60-62.

[7] 蔡瑞玲,韩英素,赵晋府,等. 焙炒条件对咖啡风味影响的研究[J]. 饮料工业, 2003, 6(6):32-37.

[8] 周萍萍. 葵花籽烘焙对葵花籽油风味和品质的影响[D]. 江苏无锡:江南大学, 2013.

[9] VAIDYA B, EUN J B. Effect of roasting on oxidative and tocopherol stability of walnut oil during storage in the dark[J]. Eur J Lipid Sci Tech, 2013, 115(3):348-355.

[10] 熊汝琴,李平,王锐. 福林酚比色法测定邵通青花椒总酚含量[J]. 中国调味品, 2019, 44(10):140-143.

[11] 俞燕芳,石旭平,黄金枝,等. 烹饪方式对桑叶生物碱类和酚类物质的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(14): 243-248.

[12] 龙婷,吴雪辉,容欧,等. 油茶籽预处理方法对茶油品质的影响研究[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(7): 79-83.

[13] 孙莹,苗榕芯. 基于模糊数学综合感官评价的甘薯淀粉面包的工艺优化[J]. 食品工业科技, 2018(17): 180-185.

[14] 侯双瑞,周波,孙亚娟,等. 烘焙工艺及杏仁种皮对杏仁油品质的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(6): 62-67,75.

[15] 徐月华,蒋将,孟宗,等. 烘烤条件对核桃油品质的影响[J]. 中国油脂, 2014, 39(7):9-12.

[16] 张明成. 油脂氧化机理及抗氧化措施的介绍[J]. 粮油加工, 2011(8):41-44.

[17] 王吉. 山杏仁烘烤对山杏仁油风味和品质的影响[D]. 北京:北京林业大学, 2016.

[18] 张天财,陈朝银,赵声兰,等. 核桃种皮中多酚的测定及种皮对核桃贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2013(20):60-64,69.

[19] MOSS J R, OTTEN L. A relationship between colour development and moisture content during roasting of peanuts[J]. Inst Food Sci Tech, 1989, 22(1):34-39.

[20] 陈树俊,吴梦月. 基于模糊数学感官评价法对红枣核桃粹配方的优化[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(21):144-151.