

‘强特勒’脱青皮鲜核桃冻藏过程中品质的变化情况

徐丽^{1,2}, 巩芳娥^{1,2}, 虎云青^{1,2}, 辛国^{1,2}, 张波^{1,2}, 任志勇^{1,2}, 贾星宏^{1,2}, 周鹏飞^{1,2}

(1. 陇南市经济林研究院 核桃研究所, 甘肃 陇南 746000; 2. 甘肃省核桃工程技术创新中心, 甘肃 陇南 746000)

摘要:旨在为实现鲜食核桃周年供应提供技术支持,以‘强特勒’核桃为研究对象,探究脱青皮鲜核桃在冻藏过程(-10℃,10个月)中感官品质、色差、营养成分、油脂理化指标(过氧化值和酸值)等品质的变化。结果表明:‘强特勒’脱青皮鲜核桃在-10℃条件下冻藏10个月后,其种皮颜色、种皮分离度、种仁颜色、香气、风味的品质级别均下降,即感官品质下降;种皮和种仁的色差随着冻藏时间的延长不断增大,且种皮色差的变化程度较种仁的大;蛋白质、脂肪和可溶性糖含量下降;脂肪酸组成无变化,但不饱和脂肪酸相对含量上升,饱和脂肪酸相对含量下降;氨基酸组成和矿物元素种类均无变化;油脂过氧化值和酸值均呈上升趋势,但均符合LY/T 3004.8—2018《核桃第8部分:核桃坚果质量及检测》的限量规定。综上,‘强特勒’脱青皮鲜核桃在冻藏过程中品质变化不大,可实现周年供应。

关键词:‘强特勒’核桃;脱青皮鲜核桃;冻藏;品质变化;周年供应

中图分类号:TS222+.1;TS255.6 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2024)06-0117-07

Changes in quality of peeled fresh Chandler walnut during freezing storage

XU Li^{1,2}, GONG Fang'e^{1,2}, HU Yunqing^{1,2}, XIN Guo^{1,2}, ZHANG Bo^{1,2},
REN Zhiyong^{1,2}, JIA Xinghong^{1,2}, ZHOU Pengfei^{1,2}

(1. Walnut Research Institute, Longnan Academy of Non-wood Forest, Longnan 746000, Gansu, China;
2. Gansu Walnut Engineering Technology Innovation Center, Longnan 746000, Gansu, China)

Abstract: Aiming to provide technical support for the realization of annual supply of fresh walnut, Chandler walnut was used as the research object to investigate the changes of sensory quality, colour difference, nutrient content of the walnut, and physicochemical indexes (peroxide value and acid value) of the oil during the freezing storage of peeled fresh walnut at -10℃ for 10 months. The results showed that the quality levels of seed coat colour, seed coat separation, seed kernel colour, aroma and flavour of peeled fresh Chandler walnut declined after 10 months of storage at -10℃, indicating the sensory

quality decreased. The colour difference between seed coat and seed kernel increased with the prolongation of freezing storage time, and the degree of colour difference of seed coat was greater than that of seed kernel; the relative contents of protein, fat and soluble sugar decreased; the composition of fatty acid did not change, the content of unsaturated fatty acid increased, while the relative content of saturated fatty acid decreased. There was no change in the types of amino acids and mineral elements; both

收稿日期:2023-05-19;修回日期:2024-04-02

基金项目:中央财政林业科技推广示范项目([2021]ZYTG006);
陇原青年人才项目“核桃保鲜实验研究”(市委组[2019]57号);
甘肃省委组织部重点人才项目(2021RCXM71);2022年甘肃省
省省级重点人才项目(2022RCXM037);甘肃省农业农村厅
《甘肃省特色优势农产品评价》项目(TYNPZ2022-11);
2023年社会化出资科技计划项目(2023-S·SZ-45)

作者简介:徐丽(1995),女,工程师,硕士,研究方向为核
桃丰产栽培、采后保鲜贮藏(E-mail)1374250593@qq.com。

通信作者:巩芳娥,高级工程师(E-mail)316815636@
qq.com。

the peroxide value and acid value of the oil increased, but met with the limit of LY/T 3004.8 - 2018 *Walnuts—part 8: Quality and inspection of walnut nuts*. To sum up, the quality of peeled fresh Chandler walnut has few changes during freezing storage, so it can be supplied all year round.

Key words: Chandler walnut; peeled fresh walnut; freezing storage; quality change; annual supply

核桃(*Juglans regia* L.)是全世界最受欢迎的食用坚果之一,也是我国常见的木本油料植物^[1-4]。核桃营养价值丰富,蛋白质含量为15%~20%,碳水化合物含量约为10%,含油量可达60%~70%,油中富含饱和脂肪酸,含量可达到90%^[4-8]。此外,核桃富含 $\omega-3$ 脂肪酸、植物甾醇、多酚^[9-10]等生物活性化合物,这些生物活性化合物可以帮助对抗衰老、癌症、代谢综合征、糖尿病和心血管相关疾病^[11-12]。

近年来,鲜核桃需求量逐年增加,但鲜核桃含水量高,生理代谢活动旺盛,贮藏过程中易发生腐烂霉变、水分流失、油脂酸败等情况,鲜核桃保鲜已成为限制其产业发展的瓶颈问题之一^[13]。鲜核桃保鲜贮藏主要分为青皮保鲜贮藏和脱青皮保鲜贮藏,其中青皮保鲜贮藏操作要求严格,成本高且保鲜期一般不超过3个月,而脱青皮保鲜贮藏较青皮保鲜具有操作简单、保鲜期长等优点^[14]。

目前,关于核桃保鲜贮藏的研究主要集中在贮藏方式上,如:李慧芸等^[15]以纳他霉素结合壳聚糖处理脱青皮鲜核桃,可显著抑制其种壳发霉;张丽萍等^[16]筛选出PE30和PE50包装材料,可有效延缓脱青皮鲜核桃的酸败;Wang等^[17]采用气调包装结合冷藏可使鲜核桃的保质期延长2个月;Ma等^[18]采用⁶⁰Co γ -射线辐照鲜核桃可使其保质期延长至3个月;陈柏等^[19]建议生产上可于 $(-6 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下对脱青皮鲜核桃进行冻藏。‘强特勒’是甘肃省陇南市三大主栽核桃品种之一,于每年4月上旬萌芽,4月中旬初花期,9月中旬果实成熟,其适应性强,早实、丰产性能好,耐贫瘠、耐寒,物候期较晚,在陇南市能避免晚霜和倒春寒的侵袭^[20]。前期研究发现,‘新新2号’脱青皮鲜核桃在整个冻藏期间

(180 d)感官品质较好,随着冻藏时间的延长,鲜核桃坚果和种仁含水率、种仁含油率均下降,种皮色差增大,鲜核桃油脂中饱和脂肪酸含量上升,不饱和脂肪酸含量下降,油脂酸值和过氧化值均增大^[21]。但是关于‘强特勒’脱青皮鲜核桃冻藏过程中营养成分及理化指标变化情况的研究还未见报道。本研究以晚熟的‘强特勒’核桃为研究对象,探究其在冻藏过程中的品质变化,为开拓鲜食核桃销售市场提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

‘强特勒’核桃,产自甘肃陇南核桃种质资源库;石油醚、异丙醇、氢氧化钠、三氯甲烷、冰乙酸、硫代硫酸钠、硫酸铜、硫酸钾、硫酸等均为市售分析纯。

YLSZJ-SB-007 定氮仪, YLSZJ-SB-235 电感耦合等离子体发射光谱仪, YLSZJ-SB-195 电感耦合等离子体质谱仪, YLSZJ-SB-175 氨基酸分析仪, YLSZJ-SB-201 气相色谱仪。

1.2 实验方法

1.2.1 样品前处理

青皮核桃经脱青皮、清洗、烘干除去种壳表面水分,0℃预冷48 h后采用0.03 mm厚聚乙烯袋(400 mm × 600 mm)包装,每袋5 kg,在-10℃、相对湿度70%~80%条件下冻藏,出库时经升温复味后测定相关指标^[20]。

1.2.2 感官品质的评定

参照王进等^[22]的方法,随机取10个核桃样品,分别观测种皮颜色、种皮分离度、种仁颜色、香气、风味,按照表1进行评分,核桃感官品质级别(X)采用公式(1)计算,感官品质综合得分(Y)采用公式(2)进行计算。

表1 核桃感官品质分级定义

性状	1级	2级	3级	4级	5级
种皮颜色	浅亮黄色	暗黄色	暗褐色	褐色	黑褐色
种皮分离度	可轻易大片剥取	可小片剥取,有残留	难以剥取,有大量残留	极难剥取	不可剥取
种仁颜色	白色	黄白色	黄色	黄褐色	黑褐色
香气	浓郁清香	清香	淡清香	微弱清香	无香气
风味	香脆味浓	脆而味不浓	似脆非脆,鲜味淡	失脆,无异味	微酸,有韧感

$$X = \frac{\sum (l \times n_1)}{n} \quad (1)$$

式中: l 为品质级别; n_1 为本级别核桃数; n 为核桃总数。

$$Y = 0.15l_1 + 0.2l_2 + 0.15l_3 + 0.1l_4 + 0.4l_5 \quad (2)$$

式中: l_1 为种皮颜色级别; l_2 为种皮分离度级别; l_3 为种仁颜色级别; l_4 为香气级别; l_5 为风味级别。

1.2.3 核桃种皮、种仁色差的测定

采用全自动测色色差计测定核桃种皮、种仁的色度。随机取30个冻藏不同时间的样品,测定其明亮度(L)、红绿色度(a)、黄蓝色度(b),每个样品测2个点。测定的色度与冻藏初始时核桃种皮、种仁色度进行比较,以色差(ΔE)表示核桃的种皮、种仁色度变化,其计算公式见公式(3)。

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (3)$$

式中: ΔL 、 Δa 、 Δb 为参考样品(冻藏初始样品)和被测样品之间的差值。

1.2.4 脱青皮鲜核桃营养成分的测定

将脱青皮鲜核桃去壳后,测定其种仁(带种皮)营养成分含量。蛋白质含量参照 GB 5009.5—2016 中凯氏定氮法测定;脂肪组成参照 GB 5009.6—2016 中索氏抽提法测定;可溶性糖含量参照 NY/T

1278—2007 测定;脂肪酸含量参照 GB 5009.168—2016 测定;氨基酸含量参照 GB 5009.124—2016 测定;矿物元素含量参照 GB 5009.268—2016 中电感耦合等离子体发射光谱法测定。

1.2.5 脱青皮鲜核桃油脂理化指标的测定

过氧化值参照 GB 5009.227—2016 中滴定法测定;酸值参照 GB 5009.229—2016 中冷溶剂指示剂滴定法测定。

1.2.6 数据处理与统计分析

每组实验重复3次,结果表示为“平均值±标准差”;采用 Origin 2021、SPSS 23 软件分析实验数据;采用 TukeyHSD 统计学分析方法进行差异显著性分析($p < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 ‘强特勒’脱青皮鲜核桃冻藏过程中感官品质的动态变化

感官品质是影响消费者购买鲜核桃的重要因素之一,有研究表明冷冻产品与新鲜产品在颜色属性、口感和营养成分方面没有显著差异^[23-24]。‘强特勒’脱青皮鲜核桃冻藏过程中感官品质的动态变化如表2所示。

表2 ‘强特勒’脱青皮鲜核桃冻藏过程中感官品质的动态变化

冻藏时间(月)	级别					综合得分
	种皮颜色	种皮分离度	种仁颜色	香气	风味	
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02
2	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.06
3	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.08
4	1.80	1.00	1.30	1.30	1.10	1.24
5	1.80	1.10	1.40	1.30	1.30	1.35
6	1.90	1.30	1.40	1.40	1.40	1.46
7	2.00	1.40	1.50	1.50	1.60	1.60
8	2.10	1.60	1.80	1.90	1.80	1.82
9	2.40	1.90	2.20	2.40	2.10	2.15
10	2.70	2.10	2.20	2.60	2.30	2.34

由表2可知:‘强特勒’脱青皮鲜核桃在 -10°C 下冻藏10个月后,种皮颜色在暗黄色和暗褐色之间;种皮分离度为可小片剥取,有残留;种仁颜色在黄白色和黄色之间;香气在清香和淡清香之间;风味在脆而味不浓和似脆非脆而鲜味淡之间。这与陈柏等^[19]的研究结果相似,冻藏可以延长核桃的保鲜期,但随着贮藏时间的延长,感官品质下降不可避免。

2.2 ‘强特勒’脱青皮鲜核桃冻藏过程中色差的动态变化

脱青皮鲜核桃在冻藏过程中色差的变化情况如图1所示。

由图1可知,种皮和种仁的色差随着冻藏时间的延长都呈现逐渐增大的趋势。在整个冻藏期,种皮的色差明显高于种仁的,同时色差变化程度较种

仁剧烈。种皮色差在冻藏第1、5、8月变化较为剧烈,其余时间变化较为平稳;种仁色差在整个冻藏期变化较为缓慢,这与2.1的种皮颜色与种仁颜色在冻藏期的变化程度相互印证。

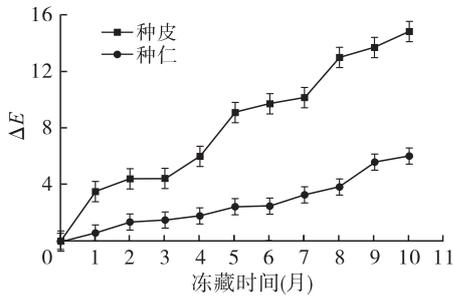


图1 脱青皮鲜核桃在冻藏过程中色差的变化情况

2.3 ‘强特勒’脱青皮鲜核桃冻藏过程中营养成分的动态变化

2.3.1 脂肪、蛋白质、可溶性糖含量的变化

脱青皮鲜核桃冻藏过程中脂肪、蛋白质、可溶性糖含量的变化情况如表3所示。

从表3可以看出,随着冻藏时间的延长,蛋白质、脂肪和可溶性糖的含量都呈现下降趋势。冻藏10个月后,脂肪含量由初始的(67.1 ± 0.3)%降到(58.6 ± 0.3)% ,下降了12.67%;蛋白质含量由初

始的(21.9 ± 0.2)%降到(17.3 ± 0.4)% ,下降了21.00%;可溶性糖含量由初始的(1.58 ± 0.07)%降到(0.59 ± 0.05)% ,下降了62.66%。这与文献[12,18]的研究结果相似,这可能与冻藏过程中核桃的细胞代谢导致营养物质的消耗有关。

表3 青皮鲜核桃冻藏过程中营养成分的变化情况

冻藏时间(月)	脂肪/%	蛋白质/%	可溶性糖/%
0	67.1 ± 0.3 ^A	21.9 ± 0.2 ^A	1.58 ± 0.07 ^A
1	62.6 ± 0.5 ^B	21.4 ± 0.3 ^{AB}	1.58 ± 0.06 ^A
2	62.5 ± 0.6 ^B	20.9 ± 0.2 ^{BC}	1.56 ± 0.06 ^A
3	62.5 ± 0.3 ^B	20.8 ± 0.3 ^{BC}	1.37 ± 0.05 ^B
4	61.8 ± 0.6 ^{BC}	20.6 ± 0.2 ^{CD}	1.33 ± 0.06 ^{BC}
5	61.8 ± 0.5 ^{BC}	20.3 ± 0.2 ^{CDE}	1.24 ± 0.04 ^{BC}
6	61.4 ± 0.4 ^{BCD}	20.1 ± 0.2 ^{DE}	1.21 ± 0.05 ^C
7	60.9 ± 0.6 ^{CD}	20.1 ± 0.2 ^{DE}	1.00 ± 0.04 ^D
8	60.7 ± 0.3 ^{CD}	20.1 ± 0.2 ^{DE}	0.72 ± 0.04 ^E
9	60.5 ± 0.3 ^D	19.9 ± 0.2 ^E	0.61 ± 0.05 ^E
10	58.6 ± 0.3 ^E	17.3 ± 0.4 ^F	0.59 ± 0.05 ^E

注:同列不同字母表示差异显著($p < 0.05$)

2.3.2 脂肪酸组成的变化

脂肪酸被认为是评价坚果品质的关键指标^[20]。脱青皮鲜核桃冻藏过程中脂肪酸组成及相对含量的变化情况见表4。

表4 脱青皮鲜核桃冻藏过程中脂肪酸组成及相对含量的变化情况

脂肪酸	相对含量/%										
	0月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
棕榈酸 C16:0	6.21	6.17	6.13	6.00	6.03	6.09	6.06	6.07	6.04	5.93	6.00
棕榈烯酸 C16:1	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
硬脂酸 C18:0	2.74	2.83	2.71	2.66	2.68	2.66	2.67	2.77	2.76	2.69	2.70
油酸 C18:1(n9c)	12.60	12.90	13.40	13.47	13.37	13.33	13.50	13.63	14.13	14.07	14.43
亚油酸 C18:2(n6c)	62.87	63.03	63.20	63.43	63.30	63.20	63.13	63.87	63.93	64.13	64.27
α-亚麻酸 C18:3(n3)	13.20	13.77	13.83	14.03	14.33	14.63	14.30	13.43	13.83	13.93	14.07
花生酸 C20:0	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
顺-11-二十碳烯酸 C20:1	0.17	0.18	0.18	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.18	0.17	0.17
不饱和脂肪酸	88.91	89.94	90.68	91.18	91.24	91.41	91.18	91.17	92.15	92.37	93.00
饱和脂肪酸	9.04	9.09	8.92	8.74	8.79	8.83	8.81	8.92	8.88	8.71	8.78

由表4可知,随着冻藏时间的延长,脱青皮鲜核桃的脂肪酸组成没有变化,但脂肪酸相对含量发生变化。其中:棕榈酸、硬脂酸相对含量总体呈下降趋势,油酸、亚油酸、α-亚麻酸相对含量呈上升趋势,棕榈烯酸、花生酸和顺-11-二十碳烯酸相对含量则变化不明显,不饱和脂肪酸相对含量呈上升趋势,饱和脂肪酸相对呈下降趋势。冻藏过程中不饱和脂肪酸和饱和脂肪酸相对含量变化与‘新新2号’的变化^[21]相反,且与常规的二者变化存在出入,具体原因有待进一步分析。从表4还可以看出,脱青皮

鲜核桃在冻藏过程中,不饱和脂肪酸相对含量(88.91%~93.00%)远高于饱和脂肪酸的(8.71%~9.09%)。不饱和脂肪酸中亚油酸占比最大,α-亚麻酸和油酸次之,饱和脂肪酸中棕榈酸占比最大,硬脂酸次之,这与Tapia等^[25]的研究结果一致。同时,各脂肪酸的相对含量变化区间也与王贵芳等^[26]的研究结果一致。

2.3.3 氨基酸组成的变化

脱青皮鲜核桃冻藏过程中氨基酸组成的变化情况见表5。

表5 脱青皮鲜核桃冻藏过程中氨基酸组成的变化情况

氨基酸	含量/(g/100 g)											
	0月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	
蛋氨酸	0.09	0.11	0.11	0.10	0.10	0.08	0.09	0.09	0.08	0.10	0.11	
半胱氨酸	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	
组氨酸	0.25	0.25	0.25	0.23	0.24	0.25	0.26	0.25	0.24	0.26	0.27	
赖氨酸	0.30	0.30	0.30	0.31	0.29	0.30	0.31	0.28	0.28	0.27	0.28	
酪氨酸	0.32	0.32	0.32	0.33	0.32	0.33	0.34	0.35	0.34	0.36	0.35	
苏氨酸	0.37	0.37	0.37	0.36	0.36	0.37	0.39	0.38	0.37	0.39	0.40	
异亮氨酸	0.42	0.41	0.40	0.42	0.41	0.42	0.42	0.40	0.43	0.45	0.45	
脯氨酸	0.46	0.45	0.45	0.46	0.43	0.42	0.44	0.43	0.41	0.40	0.41	
丙氨酸	0.47	0.47	0.47	0.46	0.46	0.48	0.49	0.48	0.47	0.50	0.51	
缬氨酸	0.45	0.46	0.45	0.46	0.46	0.47	0.47	0.48	0.47	0.49	0.50	
苯丙氨酸	0.49	0.49	0.49	0.48	0.48	0.49	0.51	0.56	0.55	0.52	0.53	
甘氨酸	0.55	0.56	0.57	0.58	0.56	0.58	0.59	0.58	0.59	0.60	0.61	
丝氨酸	0.59	0.60	0.60	0.58	0.59	0.59	0.62	0.61	0.60	0.63	0.65	
亮氨酸	0.79	0.78	0.78	0.79	0.78	0.79	0.81	0.87	0.85	0.86	0.85	
天冬氨酸	1.07	1.07	1.06	1.06	1.04	1.08	1.12	1.10	1.13	1.19	1.17	
精氨酸	1.59	1.59	1.60	1.59	1.56	1.62	1.68	1.63	1.70	1.69	1.73	
谷氨酸	2.08	2.11	2.09	2.10	2.08	2.14	2.22	2.18	2.24	2.26	2.28	

由表5可知,随着冻藏时间的延长,氨基酸组成没有变化,但含量发生变化。其中:蛋氨酸、赖氨酸、半胱氨酸和组氨酸含量无明显变化,脯氨酸含量呈现下降趋势,酪氨酸、苏氨酸、异亮氨酸、丙氨酸、缬氨酸、甘氨酸、丝氨酸、亮氨酸、天冬氨酸、精氨酸和谷氨酸含量整体均呈现上升趋势,苯丙氨酸呈现先

上升后下降趋势。谷氨酸在氨基酸中占比最大,其含量变化区间为2.08~2.28 g/100 g。

2.3.4 矿物元素含量的变化

脱青皮鲜核桃冻藏过程中矿物元素含量的变化情况见表6。

表6 脱青皮鲜核桃冻藏过程中矿物元素含量的变化情况

矿物元素	含量/(mg/kg)											
	0月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	
钙	1 172	1 118	1 097	1 130	1 118	1 089	1 045	1 195	1 188	1 190	1 170	
磷	3 813	3 842	3 831	3 806	3 679	3 669	3 633	3 620	3 634	3 615	3 616	
镁	1 765	1 753	1 759	1 740	1 622	1 655	1 669	1 663	1 649	1 662	1 642	
钠	6.12	5.69	5.55	4.33	4.22	4.90	4.94	5.12	5.64	5.59	5.79	
铁	35.60	31.50	29.93	30.50	30.80	30.67	31.63	33.60	34.57	34.70	34.53	
钾	4 263	4 251	4 200	4 228	4 236	4 239	4 298	4 298	4 270	4 216	4 253	

由表6可知,冻藏期间,脱青皮鲜核桃中矿物元素含量发生变化,其中钙和钾的含量无明显变化,磷和镁的含量呈现下降趋势,钠和铁的含量呈现先下降后上升的趋势。其中:钙含量的变化区间为1 045~1 195 mg/kg,磷含量的变化区间为3 615~3 842 mg/kg,镁含量的变化区间为1 622~1 765 mg/kg,钠含量的变化区间为4.22~6.12 mg/kg,铁含量的变化区间为29.93~35.60 mg/kg,钾含量的变化区间为4 200~4 298 mg/kg。

2.4 ‘强特勒’脱青皮鲜核桃冻藏过程中油脂理化指标的动态变化

2.4.1 过氧化值

过氧化值是指油脂自动氧化或光氧化过程的初级阶段形成的脂质过氧化物和氢过氧化物的含量,可以用来评价油脂一级氧化过程的程度^[8]。脱青皮鲜核桃冻藏过程中油脂的过氧化值变化情况如图2所示。

由图2可知,随着冻藏时间的延长,脱青皮鲜核

桃油的过氧化值呈现上升的趋势,原因可能是由于鲜核桃中含有大量的油脂,并且油脂中不饱和脂肪酸含量高,这些不饱和脂肪酸在冻藏过程中易受环境条件影响而发生氧化反应产生氢过氧化物,使得过氧化值升高^[8]。冻藏 10 个月时过氧化值达到最大值(1.931 mmol/kg),但低于 LY/T 3004.8—2018《核桃 第 8 部分:核桃坚果质量及检测》中要求的 2.5 mmol/kg。

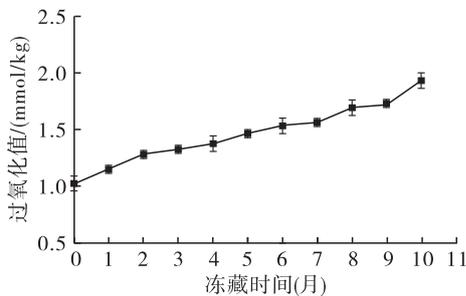


图 2 脱青皮鲜核桃冻藏过程中油脂过氧化值的变化情况

2.4.2 酸值

酸值可以用来评估贮藏期间油脂的降解程度,较高的酸值表示脱青皮鲜核桃中游离脂肪酸含量较高^[27]。脱青皮鲜核桃冻藏过程中油脂酸值的变化情况如图 3 所示。

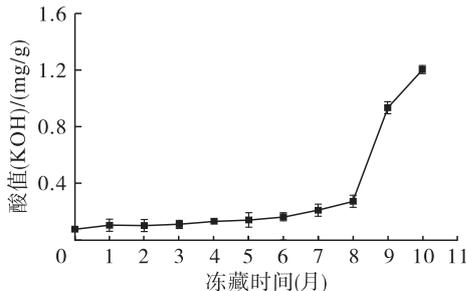


图 3 脱青皮鲜核桃冻藏过程中油脂酸值的变化情况

由图 3 可知,随着冻藏时间的延长,脱青皮鲜核桃油的酸值呈现上升的趋势,且在冻藏 9 个月时,酸值(KOH)明显增大,冻藏 10 个月时酸值(KOH)达到 1.2 mg/g,但仍低于 LY/T 3004.8—2018《核桃 第 8 部分:核桃坚果质量及检测》中要求的 2.0 mg/g。冻藏过程中酸值上升可能是由于核桃仁中的脂肪酶水解脂肪产生脂肪酸,这也解释了冻藏期间脂肪含量的降低(表 3)。

3 结论

本研究以晚熟的‘强特勒’核桃为研究对象,将其脱青皮处理后在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下冻藏 10 个月,考察其感官品质、色差、营养成分和油脂理化指标的变化,得到如下结论。

(1)随着冻藏时间的延长,脱青皮鲜核桃的感官品质呈现下降趋势。种皮颜色由浅亮黄色转变为

暗黄色和暗褐色之间;种皮分离度从可轻易大片剥取转变为可小片剥取,有残留;种仁颜色从白色变为黄白色和黄色之间;香气由风味浓郁清香变为清香和淡清香之间;风味由香脆味浓转为脆而味不浓和似脆非脆而鲜味淡之间。

(2)随着冻藏时间的延长,脱青皮鲜核桃的种皮和种仁的色差都呈现逐渐增大的趋势,同时种皮的色差变化较种仁的色差变化更为明显。

(3)随着冻藏时间的延长,脱青皮鲜核桃的蛋白质、脂肪和可溶性糖的含量都呈下降趋势;脂肪酸相对含量发生变化,但其脂肪酸组成无变化,不饱和脂肪酸相对含量呈现上升趋势,饱和脂肪酸相对含量呈现下降趋势;氨基酸和矿物元素含量发生变化。

(4)随着冻藏时间的延长,脱青皮鲜核桃油脂的过氧化值和酸值呈现上升的趋势,但均符合 LY/T 3004.8—2018《核桃 第 8 部分:核桃坚果质量及检测》的限量规定。

参考文献:

- [1] AHAD T, GULL A, NISSAR J, et al. Effect of storage temperatures, packaging materials and storage periods on antioxidant activity and non - enzymatic browning of antioxidant treated walnut kernels[J]. J Food Sci Technol, 2020, 57(10): 3556 - 3563.
- [2] 张海燕,汪海,任志勇,等. 核桃配方专用肥对核桃树产量及坚果品质的影响[J]. 经济林研究, 2020, 38(3): 127 - 135.
- [3] LIU B, ZHAO D, ZHANG P, et al. Seedling evaluation of six walnut rootstock species originated in China based on principal component analysis and cluster analysis[J/OL]. Sci Hort, 2020, 265: 109212[2023 - 05 - 19]. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109212>.
- [4] 徐丽,张海燕,辛国,等. 核桃土壤养分水平与果实品质相关性分析[J]. 经济林研究, 2022, 40(1): 74 - 81.
- [5] BAKKALBAŞI E, YILMAZ Ö M, JAVIDIPOUR I, et al. Effects of packaging materials, storage conditions and variety on oxidative stability of shelled walnuts[J]. LWT - Food Sci Technol, 2012, 46(1): 203 - 209.
- [6] 王纪辉,耿阳阳,侯娜. 鲜核桃低温贮藏期间的指标响应[J]. 南方农业学报, 2019, 50(6): 1312 - 1318.
- [7] 辛赫,张娜,柴洋洋,等. 薄皮核桃壳基活性炭的制备及表征[J]. 中南林业科技大学学报, 2021, 41(2): 171 - 178.
- [8] 徐丽,巩芳娥,虎云青,等. 去青皮鲜核桃冻藏过程中油脂的变化[J]. 林业科技通讯, 2023(1): 46 - 51.
- [9] JAHANBANI R, GHAFARI S M, SALAMI M, et al. Antioxidant and anticancer activities of walnut (*Juglans regia* L.) protein hydrolysates using different proteases

- [J]. *Plant Foods Hum Nutr*, 2016, 71(4): 402–409.
- [10] SÁNCHEZ – GONZÁLEZ C, CIUDAD C J, NOÉ V, et al. Health benefits of walnut polyphenols: An exploration beyond their lipid profile [J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2017, 57(16): 3373–3383.
- [11] LEE J, KIM Y S, LEE J, et al. Walnut phenolic extract and its bioactive compounds suppress colon cancer cell growth by regulating colon cancer stemness [J/OL]. *Nutrients*, 2016, 8(7): 439[2023–05–19]. <https://doi.org/10.3390/nu8070439>.
- [12] MA Y, WANG C, LIU C, et al. Physicochemical responses of the kernel quality, total phenols and antioxidant enzymes of walnut in different forms to the low – temperature storage [J/OL]. *Foods*, 2021, 10(9): 2027[2023–05–19]. <https://doi.org/10.3390/foods10092027>.
- [13] 颜敏华, 陈柏, 吴小华, 等. 鲜核桃保鲜研究现状及思路调整建议[J]. *甘肃农业科技*, 2020(4): 68–71.
- [14] 巩芳娥, 虎云青, 徐丽, 等. ‘温 185’脱青皮鲜核桃低温冷冻保鲜效果研究[J]. *中国油脂*, 2023, 48(12): 142–146.
- [15] 李慧芸, 李蒙蒙, 余琼, 等. 纳他霉素结合壳聚糖保鲜对鲜食核桃霉变及采后生理的影响[J]. *农产品加工*, 2019(1): 23–26.
- [16] 张丽萍, 朱旭, 马惠玲. 不同包装处理对鲜食核桃的保鲜效应[J]. *山东农业科学*, 2014, 46(10): 117–119.
- [17] WANG J, LI P, GONG B, et al. Phenol metabolism and preservation of fresh in – hull walnut stored in modified atmosphere packaging [J]. *J Sci Food Agric*, 2017, 97(15): 5335–5342.
- [18] MA Y P, LU X G, LIU X H, et al. Effect of ^{60}Co γ – irradiation doses on nutrients and sensory quality of fresh walnuts during storage [J]. *Postharvest Biol Technol*, 2013, 84: 36–42.
- [19] 陈柏, 颜敏华, 吴小华, 等. 不同冷冻温度对‘清香’去青皮鲜核桃冻藏期间品质的影响[J]. *经济林研究*, 2019, 37(3): 65–72.
- [20] 李建红, 杨全生. 核桃实用技术图解[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2019: 30–31.
- [21] 巩芳娥, 虎云青, 徐丽, 等. “新新 2 号”去青皮鲜核桃冻藏条件下的品质变化[J]. *保鲜与加工*, 2022, 22(7): 9–13, 20.
- [22] 王进, 蒋柳庆, 马惠玲, 等. ClO_2 和 1 – MCP 对青皮核桃二步贮藏的效应[J]. *中国食品学报*, 2015, 15(3): 137–145.
- [23] CHENG L, SUN D W, ZHU Z, et al. Emerging techniques for assisting and accelerating food freezing processes: A review of recent research progresses [J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2017, 57(4): 769–781.
- [24] BONAT CELLI G, GHANEM A, SU – LING BROOKS M. Influence of freezing process and frozen storage on the quality of fruits and fruit products [J]. *Food Rev Int*, 2016, 32(3): 280–304.
- [25] TAPIA M I, SÁNCHEZ – MORGADO J R, GARCÍA – PARRA J, et al. Comparative study of the nutritional and bioactive compounds content of four walnut (*Juglans regia* L.) cultivars [J]. *J Food Compos Anal*, 2013, 31(2): 232–237.
- [26] 王贵芳, 相昆, 穆清泉, 等. 核桃群体核仁脂肪酸组成分析[J]. *山东农业科学*, 2021, 53(2): 7–13.
- [27] JIANG L, FENG W, LI F, et al. Effect of one – methylcyclopropene (1 – MCP) and chlorine dioxide (ClO_2) on preservation of green walnut fruit and kernel traits [J]. *J Food Sci Technol*, 2015, 52(1): 267–275.

(上接第 105 页)

- [44] 王佳兴, 谢岩黎, 宋娟. 细菌 M19 降解黄曲霉毒素 B_1 降解产物的毒性分析 [J]. *中国粮油学报*, 2020, 35(4): 107–112, 126.
- [45] 刘亚楠, 彭丹丹, 王敏, 等. 枯草芽孢杆菌 Q125 降解黄曲霉毒素 B_1 发酵条件优化及活性物质分析 [J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2021, 42(4): 9–15.
- [46] 张文双, 孟宇飞, 胡申才. 黄曲霉毒素 B_1 降解菌的筛选鉴定及发酵条件优化 [J]. *中国酿造*, 2022, 41(8): 143–148.
- [47] 张超, 李玟君, 李玉蝶, 等. 嗜盐四联球菌对黄曲霉毒素 B_1 生物降解的研究 [J]. *中国酿造*, 2022, 41(6): 58–62.
- [48] 滕毅, 李雅佩, 王怡梅, 等. 中国被毛孢降解黄曲霉毒素 B_1 的特性研究 [J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(12): 3967–3972.
- [49] 蔡运涛. AFB₁ 降解微生物聚生体的筛选及其降解作用的研究 [D]. 四川 雅安: 四川农业大学, 2020.
- [50] 阴佳璐. 浑浊红球菌 PD630 对黄曲霉毒素 B_1 生物降解的研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2020.
- [51] 朱立飞, 曲春娟, 唐月异, 等. 食用菌发酵花生粕降解黄曲霉毒素 B_1 研究 [J]. *花生学报*, 2022, 51(4): 70–79.
- [52] WU Q, JEZKOVA A, YUAN Z, et al. Biological degradation of aflatoxins [J]. *Drug Metab Rev*, 2009, 41(1): 1–7.