

# 脱水工艺对京冬菜品质的影响

朱韧<sup>1</sup>, 林莹<sup>1\*</sup>, 尹秀华<sup>1</sup>, 罗永丹<sup>1</sup>, 卿明义<sup>2</sup>

(1. 广西大学 轻工与食品工程学院, 南宁 530004; 2. 柳东新区行政审批局, 广西 柳州 545616)

**摘要:**以大白菜为原料,制成京冬菜。以脱水时间和营养成分含量(维生素C、可溶性糖和可溶性蛋白质)流失量作为衡量京冬菜不同脱水方式(热风干燥、自然晾晒、食盐+离心)的指标,结果表明:6%食盐+离心脱水的方式最优;采用6%食盐+离心脱水方式,进一步进行不同含水率的研究,以理化指标(维生素C、可溶性糖、可溶性蛋白质、亚硝酸盐、色泽)、感官评定和挥发性成分作为衡量京冬菜不同含水率(6.8%、10%、15%、20%、25%)的指标,结果表明京冬菜含水率为15%的品质最优。

**关键词:**京冬菜;脱水方式;含水率;发酵;品质

中图分类号:TS255.36

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1000-9973.2019.05.032

文章编号:1000-9973(2019)05-0140-05

## Effect of Dehydration Process on the Quality of Jingdong Pickles

ZHU Ren<sup>1</sup>, LIN Ying<sup>1\*</sup>, YIN Xiu-hua<sup>1</sup>, LUO Yong-dan<sup>1</sup>, QING Ming-yi<sup>2</sup>

(1. College of Light Industry and Food Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China;

2. Administrative Approval Bureau in Liudong New District, Liuzhou 545616, China)

**Abstract:** Jingdong pickles are made of Chinese cabbages. The dehydration time and the loss of nutrient components (vitamin C, soluble sugar and soluble protein) are used as the indicators of different dehydration methods (hot air drying, natural drying and salt+centrifugation) of Jingdong pickles. The results show that 6% salt+centrifugal dehydration method is the best. The method of 6% salt+centrifugal dehydration method is used to further study the different water content. The physical and chemical indexes (vitamin C, soluble sugar, soluble protein, nitrite, color), sensory evaluation and volatile components are used to measure the different water content (6.8%, 10%, 15%, 20%, 25%) of Jingdong pickles. The results show that the quality of Jingdong pickles is the best with the water content of 15%.

**Key words:** Jingdong pickles; dehydration method; water content; fermentation; quality

京冬菜又名金冬菜,是一种半干态发酵性腌制品,是我国人民传统的加工蔬菜,多以大白菜为原料<sup>[1]</sup>。京冬菜的营养成分丰富,且可开胃下气,化痰等。目前,我国对京冬菜的研究仅限于对其工艺的阐述,而在整个工艺中,京冬菜的脱水方式和含水率是关键的工艺节点。

本研究主要对京冬菜的脱水方式和含水率这两方面进行研究,通过对京冬菜的理化指标、感官和香气成分进行测定,得出最优的脱水方式和含水率。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

大白菜、大蒜、花椒、红辣椒和食盐:购于南宁市五里亭蔬菜批发市场;盐酸萘乙二胺(AR):成都市科龙化工试剂厂;考马斯亮蓝 G-250(AR):上海索莱宝科技有限公司;萘酚(AR):国药集团化学试剂有限公司。

### 1.2 仪器与设备

TLE204E 分析天平 梅特勒-托利多仪器(上海)

收稿日期:2018-12-16

\* 通讯作者

基金项目:南宁市科学研究与技术开发计划技术创新引领专项(20175174)

作者简介:朱韧(1992-),男,硕士,研究方向:食品加工与贮藏;

林莹(1971-),女,教授,博士,研究方向:粮食与油脂加工。

有限公司;PEN3 电子鼻 北京盈盛恒泰科技有限责任公司;CM-3600d 分光测色计 日本 Konika 公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 京冬菜制作工艺流程

大白菜→整理→切碎→脱水(转速为 1390 r/min)→加辅料→拌匀→压实→发酵→成品。

#### 1.3.2 理化指标的测定

维生素 C 含量的测定<sup>[2]</sup>:参照 GB 5009.86—2016《食品中抗坏血酸的测定》。可溶性糖含量的测定<sup>[3]</sup>:采用蒽酮-比色法。可溶性蛋白质含量的测定<sup>[4]</sup>:采用考马斯亮蓝 G-250 比色法。亚硝酸盐含量的测定<sup>[5]</sup>:参照 GB 5009.33—2016《食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定》,采用分光光度法测定。

色泽的测定<sup>[6]</sup>:对京冬菜进行打浆,采用分光测色计进行测定,选用透射模式和 D65 光源,采用  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  表示果浆的色值,其中  $L^*$  表示颜色的明度, $L^*$  越大表示样品的色泽越亮; $a^*$  值表示颜色的绿红度, $a^* < 0$  表示样品呈绿色, $a^* > 0$  表示样品呈红色; $b^*$  值表示颜色的蓝黄值, $b^* < 0$  表示样品呈蓝色, $b^* > 0$  表示样品呈黄色。

#### 1.3.3 感官评定

随机邀请 10 位健康的同学,从色泽(25 分)、香气(25 分)、滋味(25 分)、质地(25 分)这 4 个方面进行评分,除去最高分和最低分,再取平均值,感官评定见表 1。

表 1 京冬菜感官评定表

Table 1 Sensory evaluation table of Jingdong pickles

感官指标	分数	评分标准	评分
色泽	25	橙红色至金黄色,有光泽,色泽均匀	20~25
		橙红色至金黄色,较有光泽,色泽较均匀	15~19
		橙红色至金黄色,无光泽	10~14
		深棕色至黄绿色,无光泽	5~9
		深褐色至浅黄色,无光泽	0~4
香气	25	蒜香味,略有酸味,无刺激性和不良气味	20~25
		蒜香味,无刺激性和不良气味	15~19
		略有蒜香味和刺激性气味	10~14
		蒜香味较淡,稍有不良气味	5~9
		无蒜香味,有刺激性和不良气味	0~4
滋味	25	味鲜而绵长,咸味及酸味可口	20~25
		滋味较好,咸度及酸味适中	15~19
		滋味一般,咸度及酸味重或淡	10~14
		滋味较差,咸度及酸味过重或过淡	5~9
		滋味很差,咸而苦	0~4
质地	25	柔脆,不软绵,咀嚼无杂质	20~25
		质地较嫩,不软绵,咀嚼无杂质	15~19
		质地一般,软绵,咀嚼无杂质	10~14
		质地较差,软绵,咀嚼有些杂质	5~9
		质地很差,软绵,咀嚼有杂质	0~4

#### 1.3.4 香气的测定

PEN3 型电子鼻传感器由 10 种金属氧化物半导体型化学传感元件组成,不同传感器的性能见表 2。

表 2 传感器性能描述

Table 2 The performance description of sensors

阵列序号	传感器名称	性能描述	参考物质 mL/m <sup>-3</sup>
1	W1C	芳香成分苯类	甲苯,10
2	W5S	灵敏度大,对氮氧化物很灵敏	NO <sub>2</sub> ,1
3	W3C	氨类,对芳香成分灵敏	苯,10
4	W6S	主要对氢化物有选择性	H <sub>2</sub> ,100
5	W5C	短链烷烃芳香成分	丙烷,1
6	W1S	对甲基类灵敏	CH <sub>3</sub> ,100
7	W1W	对无机硫化物灵敏	H <sub>2</sub> S,1
8	W2S	对醇类,醛酮类灵敏	CO <sub>2</sub> ,100
9	W2W	芳香成分,对有机硫化物灵敏	H <sub>2</sub> S,1
10	W3S	对长链烷烃灵敏	CH <sub>4</sub> ,10

准确量取 1.00 g 不同品种的发酵京冬菜,放入样品瓶中,40 ℃水浴 30 min 后,插入电子鼻探头吸取顶端空气,测定挥发性物质。电子鼻的设置参数为:样品间隔时间 1 s,清洗时间 100 s,归零时间 10 s,样品准备时间 5 s,测定时间 150 s,载气流速 400 mL/min,进样流量 200 mL/min。传感信号在 130 s 后基本稳定,选定采集信号时间为 150 s,连续测定 3 次,利用电子鼻自带的 Win Muster 软件对数据进行处理。

## 2 结果(以干基为基准)与分析

### 2.1 京冬菜脱水方式的确定

#### 2.1.1 不同脱水方式的脱水时间

不同脱水方式对京冬菜脱水效率的影响结果见表 3。

表 3 不同脱水方式的脱水时间

Table 3 The dehydration time of different dehydration methods

	菜胚鲜重 (g)	脱水后菜胚重量 (g)	脱水时间 (min)
热风干燥	40 ℃	100.00	14.82±0.80
	50 ℃	100.00	14.84±0.32
	60 ℃	100.00	14.20±1.51
	70 ℃	100.00	14.84±1.34
	80 ℃	100.00	14.12±0.55
自然晾晒		100.00	15.08±0.80
	2%食盐添加量	100.00	14.85±0.24
	4%食盐添加量	100.00	14.77±0.46
食盐+离心	6%食盐添加量	100.00	14.37±0.82
	8%食盐添加量	100.00	16.27±0.66
	10%食盐添加量	100.00	15.69±0.68

由表 3 可知,随着温度的不断升高,温度越高,菜胚的脱水效率越高;自然晾晒的温度不高,但自然晾晒的通风条件比热风干燥的好,所以自然晾晒脱水效率相对同一温度的热风干燥的高;离心 5 min,食盐+离心的脱水方式都可以达到菜胚含水率 15%左右,可以大大减少脱水时间,因此选用食盐+离心脱水方式。

#### 2.1.2 脱水方式对营养成分含量的影响

3 种脱水方式对京冬菜营养成分(维生素 C、可溶性糖和可溶性蛋白质)含量的影响结果见表 4。

表 4 不同脱水方式对营养成分含量的影响  
Table 4 Effect of different dehydration methods  
on nutrient content

	维生素 C (mg/100 g)	可溶性糖 (g/100 g)	可溶性蛋白质 (mg/g)
热风干燥	40 ℃ 42.03±1.24	3.01±0.26	5.51±0.44
	50 ℃ 41.40±0.77	4.96±0.27	2.97±0.15
	60 ℃ 39.09±0.03	5.09±0.29	3.72±0.37
	70 ℃ 36.83±0.37	5.63±0.46	2.02±0.11
	80 ℃ 35.18±0.36	6.00±0.39	2.19±0.15
自然晾晒	43.52±4.57	6.77±1.26	7.92±1.37
	2% 31.14±0.28	1.48±0.11	4.24±0.21
	4% 33.32±0.61	1.78±0.10	4.62±0.24
食盐+离心	6% 37.29±0.26	3.46±0.26	5.88±0.03
	8% 40.63±0.58	2.76±0.28	5.96±0.23
	10% 44.39±0.20	2.49±0.21	6.90±0.34

由表 4 可知,热风干燥脱水方式,随着温度的不断提高,维生素 C 含量呈现下降的趋势,可溶性糖呈现升高的趋势,可溶性蛋白质呈现下降的趋势。食盐+离心的脱水方式,随着食盐添加量的增大,维生素 C 含量呈现上升的趋势,可溶性糖含量呈现先上升后下降的趋势,可溶性蛋白质呈现上升的趋势。自然晾晒脱水,相对于其他两种脱水方式而言,营养成分含量相对较好,但它不利于工业化生产,环境不受控制,所以不予考虑。

综合考虑不同脱水方式的脱水效率和对菜胚营养成分含量的影响,以及经济成本的因素,本实验选择 6% 食盐添加量+离心脱水的方式。

## 2.2 京冬菜含水率的确定

### 2.2.1 京冬菜发酵期间维生素 C 含量的变化

不同含水率的京冬菜随着发酵时间延长其维生素 C 含量的变化趋势见图 1。

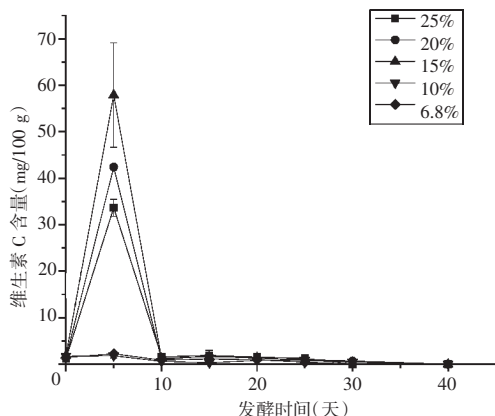


图 1 京冬菜发酵过程中维生素 C 含量的变化  
Fig. 1 Changes of vitamin C content in the  
fermentation process of Jingdong pickles

由图 1 可知,随着京冬菜不断发酵,维生素 C 含量呈现先上升后下降的趋势,原因是:发酵 5 天,白菜和配料的组织结构被破坏,维生素 C 渗透出来,呈现上升趋势;随着京冬菜进一步发酵,受微生物、光、温度、pH 等

的影响,维生素 C 含量急剧下降。其中在发酵第 5 天时,京冬菜含水率为 15%,维生素 C 含量最高,为 57.91 mg/100 g。在京冬菜含水率为 6.8% 和 10% 时,维生素 C 含量一直低于 2 mg/100 g,原因是脱去的水分过多,导致维生素 C 含量几乎全部流失。在发酵 10 天时,5 种不同含水率的京冬菜维生素 C 含量全部减少至小于 2 mg/100 g;在发酵 40 天时,5 种不同含水率的京冬菜维生素 C 含量全部减少至 0 mg/100 g。

### 2.2.2 京冬菜发酵期间可溶性糖含量的变化

不同含水率的京冬菜随着发酵时间延长其可溶性糖含量的变化趋势见图 2。

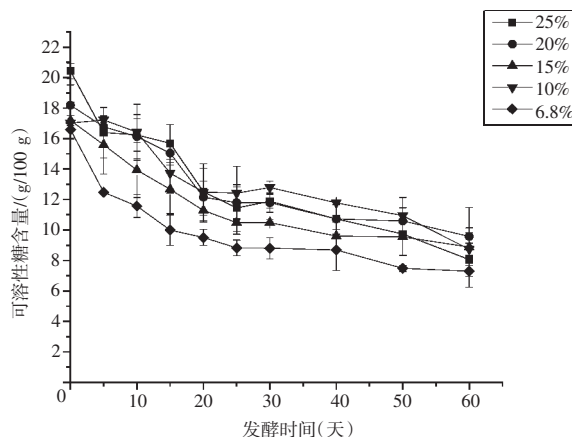


图 2 京冬菜发酵过程中可溶性糖含量的变化  
Fig. 2 Changes of soluble sugar content in the  
fermentation process of Jingdong pickles

由图 2 可知,随着京冬菜不断发酵,京冬菜中可溶性糖总体呈现下降的趋势,这是微生物利用糖类物质发酵生成乳酸的结果;随着发酵时间的增加,京冬菜中可溶性糖含量下降得相对缓慢,最后趋于稳定,原因是发酵后期,乳酸的积累降低了 pH 值,进而抑制了乳酸菌的生长,造成对糖的消耗减少。京冬菜含水率为 6.8% 时,可溶性糖含量始终比其他含水率的京冬菜低,原因是脱水严重,导致大量糖类物质流失。发酵 0 天时,京冬菜含水率为 25% 时,可溶性糖含量最大,含量为 (20.43±0.51) g/100 g。

### 2.2.3 京冬菜发酵期间可溶性蛋白质含量的变化

不同含水率的京冬菜随着发酵时间延长其可溶性蛋白质含量的变化趋势见图 3。

由图 3 可知,随着京冬菜不断发酵,可溶性蛋白质含量呈现下降的趋势,前期下降趋势明显,后期下降缓慢。原因是发酵前期,微生物大量繁殖,分解大量蛋白质,后期由于乳酸的积累,对微生物的生长起到抑制作用,蛋白质消耗量降低。在发酵 0 天时,含水率 15% 时,可溶性蛋白质含量最高,其含量为 (28.24±0.10) mg/g;可溶性蛋白质含量最低为含水率为 6.8% 时,其含量为 (15.19±0.35) mg/g。因为含水率越低,脱水越严重,导致可溶性

蛋白质含量严重流失。

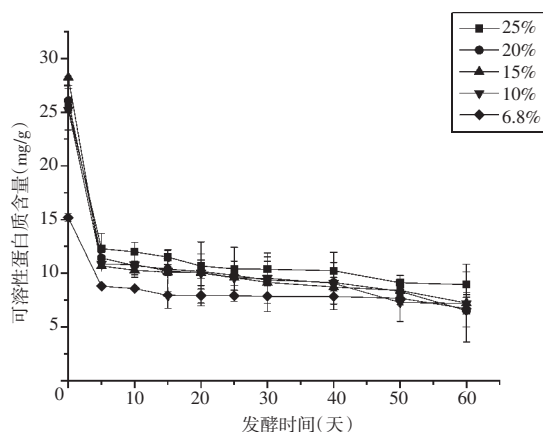


图3 京冬菜发酵过程中可溶性蛋白质含量的变化

Fig. 3 Changes of soluble protein content in the fermentation process of Jingdong pickles

#### 2.2.4 京冬菜发酵期间亚硝酸盐含量的变化

亚硝酸盐是评判京冬菜品质的重要指标,该指标越低,说明京冬菜的食用安全性越高;不同含水率的京冬菜发酵过程中亚硝酸盐含量的变化见图4。

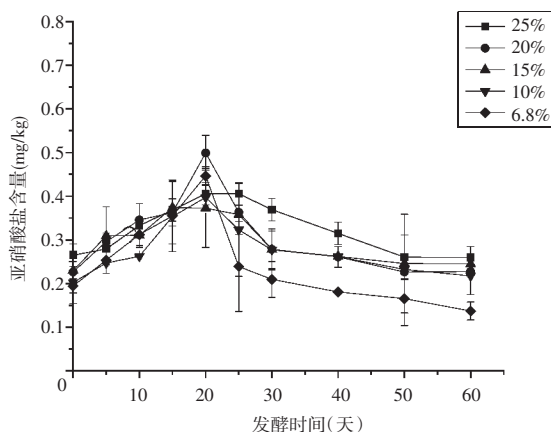


图4 京冬菜发酵过程中亚硝酸盐含量的变化

Fig. 4 Changes of nitrite content in the fermentation process of Jingdong pickles

由图4可知,随着京冬菜不断发酵,京冬菜的亚硝酸盐含量在0.10~0.50 mg/kg之间,与酸菜等酱腌菜中亚硝酸盐含量先增加后减少的趋势一样<sup>[7]</sup>。京冬菜亚硝酸盐含量低的原因有三个方面:第一方面,白菜脱水,白菜中的 $\text{NO}_3^-$ 离子化合物大量流失,使得亚硝酸盐生成量很少;第二方面,京冬菜含水量低,水分活度相应降低,水分活度低可以抑制京冬菜中相关微生物的生长;第三方面,食盐的高渗透压、大蒜中的大蒜素等物质和红辣椒中的辣椒素等物质对相关微生物有一定的抑制作用,因此使得亚硝酸盐含量一直处于相对较低的水平<sup>[8,9]</sup>。京冬菜的亚硝酸盐含量达到国家酱腌菜的安全标准<sup>[10]</sup>,亚硝酸盐含量 $\leq 20 \text{ mg/kg}$ ,并且达到绿色酱腌菜的农业推行标准<sup>[11]</sup>,亚硝酸盐含

量 $\leq 3 \text{ mg/kg}$ ,说明京冬菜可食用安全性高。

#### 2.2.5 京冬菜发酵期间色泽的变化

色泽是感官评定的一个重要指标,色泽明亮且呈现橙红色至金黄色,则感官评分越高;不同含水率的京冬菜发酵过程中 $L^*$ 值、 $a^*$ 值和 $b^*$ 值的变化见图5。

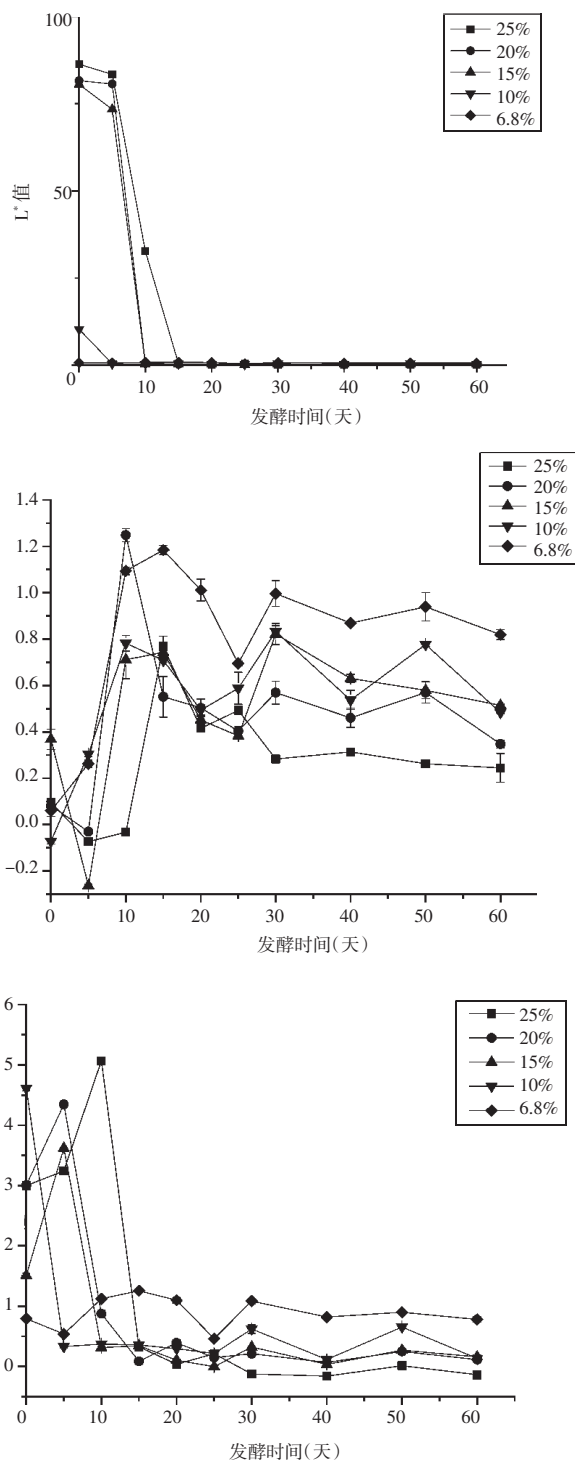


图5 京冬菜发酵过程中色泽的变化

Fig. 5 Changes of color in the fermentation process of Jingdong pickles

由图5可知,随着京冬菜的不断发酵,因含水率不同,京冬菜的 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 呈现不同的变化趋势。

$L^*$ 值呈现下降的趋势,因为京冬菜中含有氨基酸、糖类物质、纤维素等,还原糖与氨基化合物发生美拉德反应,生成褐色物质,导致京冬菜的亮度下降<sup>[12]</sup>。其中京冬菜含水率25%、20%、15%、10%的 $L^*$ 值由高到低,京冬菜含水率6.8%的 $L^*$ 值一直处于0~1之间,因此,在京冬菜发酵前期,水分含量与色泽的亮度呈正比。

$a^*$ 值因京冬菜含水率不同而呈现不同的趋势。其中京冬菜含水率为25%、20%、15%的 $a^*$ 值呈现先下降后上升再下降的趋势,先下降的原因是微生物对京冬菜组织结构的破坏,叶绿素渗透出来,呈现绿色,经发酵一段时间,pH下降,使叶绿素失去 $Mg^{2+}$ 而被破坏,导致绿色消失;后上升的原因是辅料中红辣椒中的红色素渗透出来;再下降的原因是红色素见光易分解等<sup>[13]</sup>,有一定程度的下降,但京冬菜成品仍然呈现微红的颜色。京冬菜含水率10%和6.8%的 $a^*$ 值呈现先上升后降低的趋势,原因跟另外3种含水率的京冬菜一样,其中 $a^*$ 没有出现下降的趋势原因是脱水严重,叶绿素大量损失和微生物发酵微弱。

京冬菜含水率不同对 $b^*$ 值有不同的影响,其中Ozawa等<sup>[14,15]</sup>发现4-甲基-3-丁烯基异硫氰酸酯(4-MTBI)的生成和分解对黄色素含量有影响。京冬菜含水率为25%、20%、15%的 $a^*$ 值呈现先上升再下降的趋势,呈现先变黄后变白,京冬菜含水率为10%和6.8%的 $a^*$ 值呈现降低及变白的趋势。

## 2.2.6 感官评价

不同含水率的京冬菜成品的感官评分结果见表5。

表5 不同含水率对发酵京冬菜的感官评价  
Table 5 Sensory evaluation of fermented Jingdong pickles with different water content

含水率 (%)	色泽	香气	滋味	质地	总评分
6.8	18.50±2.19 <sup>a</sup>	17.17±1.56 <sup>a</sup>	13.50±1.65 <sup>ab</sup>	8.50±1.59 <sup>b</sup>	57.67±3.53 <sup>b</sup>
10	17.17±1.64 <sup>ab</sup>	17.17±1.68 <sup>a</sup>	16.67±1.31 <sup>a</sup>	12.67±1.67 <sup>b</sup>	63.67±3.55 <sup>ab</sup>
15	17.33±1.71 <sup>ab</sup>	18.17±1.01 <sup>a</sup>	17.83±1.34 <sup>a</sup>	19.33±1.38 <sup>a</sup>	72.67±2.65 <sup>a</sup>
20	13.67±1.02 <sup>ab</sup>	13.83±1.45 <sup>a</sup>	11.57±1.76 <sup>b</sup>	18.17±1.30 <sup>a</sup>	57.33±4.17 <sup>b</sup>
25	12.83±1.89 <sup>b</sup>	13.50±2.46 <sup>a</sup>	11.50±1.71 <sup>b</sup>	17.83±1.45 <sup>a</sup>	55.67±5.95 <sup>b</sup>

注:同一组中同一列的不同字母表示在 $P<0.05$ 水平差异显著。

由表5可知,随着京冬菜含水率的增加,京冬菜成品的感官评分呈现先上升后下降的趋势,其中色泽和香气评分随着含水率的增加呈现一定程度的增大( $P>0.05$ );滋味和质地的评分随着含水率的增加呈现显著变化( $P<0.05$ )。京冬菜含水率为15%时,京冬菜感官评分达到最大值,评分为72.67±2.65。

## 2.2.7 电子鼻分析结果

电子鼻对不同含水率的京冬菜成品的雷达图分析结果见图6。

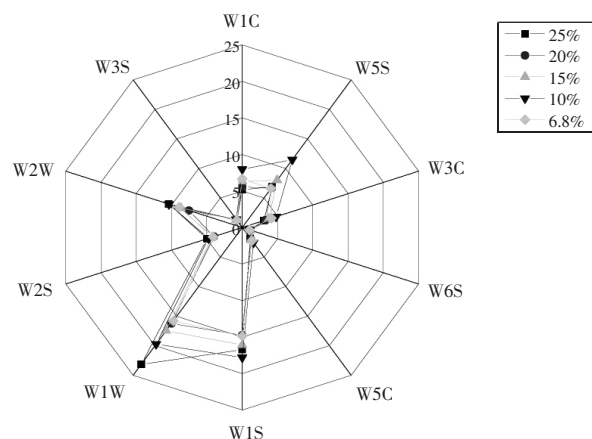


图6 不同含水率对发酵京冬菜香气的影响  
Fig. 6 Effect of different water content on the aroma of fermented Jingdong pickles

京冬菜样品的E-nose分析过程中,通过Origin软件制作的雷达图(见图6),显示出对京冬菜样品中香气的响应值。京冬菜的挥发性物质主要集中在W2W、W1S和W1W 3个传感器所代表的物质,这与前人的研究结果相类似。Kyung K等<sup>[16]</sup>发现二甲基二硫(DMDS)和二甲基三硫化物(DMTS)是新鲜大白菜及其发酵产品的主要挥发性物质。Zhao等<sup>[17]</sup>利用HP-SPME-GC-MS方法测定出泡菜中的5种异硫氰酸酯,分别为异硫氰酸丙酯、1-异硫氰酸丁酯、异硫氰酸异丁酯、1-异硫氰酸-3-甲基丁烷和(2-异硫氰酸乙基)-苯,其中异硫氰酸酯是十字花科蔬菜的主要挥发性物质<sup>[18]</sup>,对酱腌菜的风味起着至关重要的作用。

## 3 结论

脱水方式和含水率是京冬菜脱水工艺中的关键点,也对京冬菜的品质有影响。以脱水效率和营养成分含量保留的多少作为衡量指标,可以确定6%食盐+离心脱水脱水方式最优;通过对6.8%、10%、15%、20%、25%含水率的京冬菜在自然发酵条件下理化指标、感官及挥发性成分的检测,可以确定京冬菜含水率15%的发酵品质最佳。

参考文献:

- [1]李春银. 北京冬菜的加工工艺[J]. 农村百事通, 2008(19): 21.
- [2]GB 5009.86—2016, 食品中抗坏血酸的测定[S].
- [3]吴谋成. 食品分析与感官评定[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010: 75-76.
- [4]陈建勋, 王晓峰. 植物生理实验指导[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2002: 119-120.
- [5]GB 5009.33—2016, 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定[S].
- [6]赵兴娥. 透明包装榨菜品质变化及其控制技术研究[D]. 重庆: 西南大学, 2013.
- [7]韩永霞. 包头地区酸菜发酵中亚硝酸盐含量影响因素研究[J]. 中国调味品, 2015, 40(2): 8-11. (下转第148页)

表 3 正交试验结果和方差分析  
Table 3 The results of orthogonal experiment  
and variance analysis

试验号	A	B	C	D	综合评分
1	1	1	1	1	85.5
2	1	2	2	2	89.5
3	1	3	3	3	87.1
4	2	1	2	3	87.7
5	2	2	3	1	86.6
6	2	3	1	2	88.4
7	3	1	3	2	88.8
8	3	2	1	3	87.5
9	3	3	2	1	87.0
k <sub>1</sub>	87.37	87.33	87.13	86.37	
k <sub>2</sub>	87.57	87.87	88.07	88.90	
k <sub>3</sub>	87.77	87.50	87.50	87.43	
极差 R	0.400	0.534	0.934	2.53	
主次顺序	D>C>B>A				
最优水平	D <sub>2</sub> C <sub>2</sub> B <sub>2</sub> A <sub>2</sub>				

由表 3 可知,各因素对产品感官评分影响程度的主次顺序为 D>C>B>A,即烘烤温度为主要影响因素,其次为卤制时间,再次为泡椒膏的添加量,生理预煮时间的影响最小。通过分析优选,其优化组合为 D<sub>2</sub>C<sub>2</sub>B<sub>2</sub>A<sub>2</sub>,即烘烤温度为 180℃、卤制时间为 18 h、泡椒膏的添加量为 35%、生理预煮时间为 150 s。但是正交试验表中无此方案,将此方案与正交表综合评分最高者 D<sub>2</sub>C<sub>2</sub>B<sub>2</sub>A<sub>1</sub> 进行验证试验,结果显示 D<sub>2</sub>C<sub>2</sub>B<sub>2</sub>A<sub>2</sub> 组合评分为 91,高于 D<sub>2</sub>C<sub>2</sub>B<sub>2</sub>A<sub>1</sub> 组合下感官评分为 89.5,表明 D<sub>2</sub>C<sub>2</sub>B<sub>2</sub>A<sub>2</sub> 为最优组合。

### 3 结论

将单因素试验设计与正交试验设计方法相结合,分析筛选了影响鹌鹑蛋感官评分的各个因素,得到优化后的泡椒风味烤制鹌鹑蛋生产工艺为:生理预煮时

间 150 s、泡椒膏的添加量 35%、卤制时间 18 h、烘烤温度 180℃。该产品质量稳定、口感细腻、酸辣适中且具有泡椒味和烤制香味,可以满足不同年龄人群对休闲蛋类制品的要求,前景广阔。

参考文献:

- [1] 乔秀红,李清萍. 五香鹌鹑蛋烘烤工艺研究[J]. 食品工业科技,2007,28(1):129-131.
- [2] 林金莺,吴家琪. 五香鹌鹑蛋软罐头的加工技术[J]. 肉类工业,2000(8):7-8.
- [3] 冷进松,陈海玲,王磊鑫. Minitab 联用正交设计优化四川酱肉调料工艺研究[J]. 中国调味品,2016,41(2):31-35.
- [4] 叶静. 鹌鹑蛋深加工技术[J]. 中国家禽,2007,29(23):57-58.
- [5] 赵节昌,曹浩杰,张涵,等. 加工工艺对卤蛋品质的影响[J]. 中国调味品,2019,44(1):108-111,116.
- [6] 王凯利,马健,王登科,等. 不同包装材料和包装形式对食品储藏特性的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版),2018,39(5):58-62.
- [7] 杨炜,简艳,刘丽娅,等. 小麦馒头品质评价方法优化[J]. 食品科学技术学报,2016,34(2):31-38.
- [8] Yi C P, Zhu H, Tong L T, et al. Volatile profiles of fresh rice noodles fermented with pure and mixed cultures[J]. Food Research International,2019,119:152-160.
- [9] 赵永敢,刁静雯. 泡椒银条加工工艺研究[J]. 中国调味品,2018,43(2):100-102.
- [10] 余秀芳. 卤蛋加工技术与品质变化研究[D]. 武汉:华中农业大学,2011.
- [11] 李和平,申晓琳,魏建春,等. 营养烤蛋的研制[J]. 食品科技,2017,42(9):80-85.
- [12] 乔秀红. 烤蛋加工工艺研究及成分分析[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2007.
- [13] Heck S D, Faraci W S, Kelbaugh P R, et al. Posttranslational amino acid epimerization; enzyme-catalyzed isomerization of amino acid residues in peptide chains[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,1996,93(9):4036-4039.

(上接第 144 页)

- [8] 时威,张岩,白阳,等. 大蒜素的抑菌作用及其稳定性研究[J]. 食品与发酵科技,2011(3):76-78,86.
- [9] 陈世化. 辣椒素类物质抑菌作用的研究与评价[D]. 长沙:湖南农业大学,2008.
- [10] GB 2714—2015,食品安全国家标准 酱腌菜[S].
- [11] NY/T 437—2012,绿色食品 酱腌菜[S].
- [12] 李阿敏. 低盐方便榨菜工艺优化及其品质变化研究[D]. 重庆:西南大学,2016.
- [13] 邓祥元,刘约翰,高坤,等. 辣椒红色素稳定性的初步研究[J]. 中国调味品,2011,36(12):102-105.
- [14] Ozawa Y, Uda Y, Ohshima T, et al. Formation of yellow pigment by the reaction of 4-methylthio-3-butenyl isothiocyanate with L-ascorbic acid and some dihydroxyphenolic compounds[J]. Agricultural and Biological Chemistry,1990,54(3):605-611.

- [15] Ozawa Y, Kawakishi S, Uda Y, et al. Isolation and identification of a novel  $\beta$ -carboline derivative in salted radish roots, *Raphanus sativus* L. [J]. Agricultural and Biological Chemistry,1990,54(5):1241-1245.
- [16] Kyung K. Antimicrobial activity of sulfur compounds derived from cabbage[J]. J Food Prot,1997,60:67-71.
- [17] Zhao D Y, Tang X D. Analysis of volatile components during potherb mustard (*Brassica juncea* Coss.) pickle fermentation using SPME-GC-MS[J]. LWT-Food Science and Technology,2007,40(3):439-447.
- [18] Kameoka H, Hashimoto S. Studies on constituents of the genus Brassica. III. The constituents of steam volatile oil from *Brassica rapa* L. var *Laciniatolia kitamura* [J]. Nippon Nogeikagaku Kaishi,1980,54:865-869.