

# 不同贮藏条件下菠菜生鲜面的品质分析

温青玉<sup>1,2,3</sup>, 张康逸<sup>1,2,3</sup>, 赵迪<sup>1</sup>, 孙君庚<sup>4</sup>, 高玲玲<sup>1,2,3</sup>, 郭东旭<sup>1,2</sup>, 金长春<sup>1</sup>

(1. 河南省农业科学院农副产品加工研究中心, 河南郑州 450002) (2. 河南省全谷物小麦制品加工国际联合实验室, 河南郑州 450002) (3. 河南省全谷物鲜食加工工程技术研究中心, 河南郑州 450002)  
(4. 想念食品股份有限公司, 河南南阳 473000)

**摘要:**以菠菜生鲜面为研究对象,以水分含量、水分活度、pH、酸度、色泽、叶绿素含量、感官属性、菌落总数为考核指标,在4℃和25℃条件下系统研究光照、避光、充CO<sub>2</sub>等3种贮藏方式对产品品质影响。实验结果:在4℃和25℃条件下,3种贮藏方式中菠菜生鲜面的水分含量、水分活度、pH、色泽、叶绿素含量、感官属性随贮藏时间的延长逐渐下降,酸度和菌落总数逐渐上升;4℃、充CO<sub>2</sub>的贮藏方式,产品的品质最优;贮藏5 d的感官评分和菌落总数分别为7.1、8.7×10<sup>4</sup> CFU/g,为产品的品质裂变转折点;菠菜生鲜面感官品质、菌落总数与产品的水分含量、酸度、水分活度、pH、总叶绿素、叶绿素a、叶绿素b、L\*、a\*、b\*具有相关性。本研究通过对贮藏品质的探讨,为产品的货架期延长、突破制约产业化发展的技术瓶颈提供重要的数据支撑。

**关键词:**贮藏方式;贮藏时间;菠菜生鲜面;品质

文章编号:1673-9078(2020)06-105-113

DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.6.1086

## Quality of Spinach-fortified Fresh Noodles under Different Storage Conditions

WEN Qing-yu<sup>1,2,3</sup>, ZHANG Kang-yi<sup>1,2,3</sup>, ZHAO Di<sup>1</sup>, SUN Jun-geng<sup>4</sup>, GAO Ling-ling<sup>1,2,3</sup>, GUO Dong-xu<sup>1,2</sup>, JIN Chang-chun<sup>1</sup>

(1.Center of Agricultural Products Processing, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)  
(2.Henan Province International Joint Laboratory for Whole Grain Wheat Processing, Zhengzhou 450002, China)  
(3.Province Whole Grain Fresh Food Processing Engineering Technology Research Center, Zhengzhou 450002, China)  
(4.Xianguan Food Co.,Ltd., Nanyang 473000, China)

**Abstract:** Taking spinach-fortified fresh noodles as the research object, and the water content, water activity, pH, acidity, color, chlorophyll content, sensory attributes, and colony counts as assessment indicators, the effects of three storage methods (lighting, darkness and CO<sub>2</sub>) on product quality were studied at 4 °C and 25 °C. The experimental results showed that the water content, water activity, pH, color, chlorophyll content and sensory attributes of the spinach-fortified fresh noodles declined gradually, while the acidity and colony count increasing gradually, with the prolongation of storage time at 4 °C and 25 °C under the three storage conditions. The products quality was the best under the storage at 4 °C and with CO<sub>2</sub>. The sensory score and the total number of colonies were 7.1 and 8.7×10<sup>4</sup> CFU/g, respectively, after the storage for 5 days (the turning point of product quality). The sensory quality and the total number of colonies of the spinach-fortified fresh noodles were correlated to the moisture content, acidity, water activity, pH, total chlorophyll content, chlorophyll a content, chlorophyll b content, L\* value, a\* value, b\* value of the product. This study provides important data support for extending the shelf life and breakthrough in technical bottleneck restricting industrial development through investigating storage quality under different storage conditions.

引文格式:

温青玉,张康逸,赵迪,等.不同贮藏条件下菠菜生鲜面的品质分析[J].现代食品科技,2020,36(6):105-113

WEN Qing-yu, ZHANG Kang-yi, ZHAO Di, et al. Quality of spinach-fortified fresh noodles under different storage conditions [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(6): 105-113

收稿日期:2019-11-07

基金项目:河南省重大科技专项(151100111300);河南省农业科学院科技发展专项(2019CY010)

作者简介:温青玉(1987-),女,助理研究员,研究方向:农副产品加工

通讯作者:张康逸(1981-),男,博士,副研究员,研究方向:农副产品加工

**Key words:** storage method; storage time; spinach-fortified fresh noodles; quality

面条是我国主要的传统主食之一, 营养健康, 含人体必须的蛋白质、氨基酸、碳水化合物、脂类、矿物质及维生素<sup>[1]</sup>。其中, 生鲜面由于新鲜、劲道爽口、有面香味, 越来越受到广大消费者的青睐<sup>[2]</sup>。随着社会的不断进步, 人们对于食品的观念已不再是局限于填饱肚子, 而是更加的注重健康, 对于口味、品质及花色的要求也越来越高。在面条制作过程中添加果蔬汁或粉, 能够丰富面条的色泽、口味、营养等方面的要求, 具有很大的市场潜力。研究表明, 菠菜中富含多种矿物质、维生素<sup>[3]</sup>、纤维素<sup>[4]</sup>, 菠菜生鲜面把菠菜的营养素保留在面条中即可以实现面条的营养强化, 同时赋予面条的色泽, 为餐桌提供了一种绿色、健康的食品。菠菜生鲜面贮藏过程中品质劣变较快<sup>[5]</sup>, 容易褪色、风味变淡等, 严重影响了面条的食用价值与商品价值。因此, 进行不同贮藏条件下菠菜鲜湿面的品质变化规律的研究, 为解决产品货架期、突破制约工业化发展的技术瓶颈提供重要的数据支撑。

菠菜生鲜面的品质劣变主要是面条颜色、质地、食味、微生物的变化, 在不同贮藏条件下变化差别较大。因此, 本实验设置室温(25℃)、和低温(4℃)两个不同温度, 在避光、不避光、充CO<sub>2</sub>等3种贮藏方式, 分别研究水分含量、水分活度、pH值、酸度、色泽、叶绿素等理化、感官和菌落总数等随时间的变化规律, 分析菠菜生鲜面贮藏期间的品质变化, 确定最优贮藏条件, 并对最优贮藏条件进行各指标相关性分析, 旨在探索菠菜生鲜面褪色、品质劣变机理, 以及导致褪色、品质裂变的关键控制环节, 为菠菜生鲜面保鲜技术的研究提供理论参考, 给菠菜生鲜面标准化生产提供数据支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

菠菜粉: 由延津县粮艺坊农业种植专业合作社提供; 小麦粉: 金龙鱼高筋麦芯粉; 三氯甲烷、氢氧化钠、95%乙醇、无水乙醇、丙酮、平板计数琼脂培养基、孟加拉红培养基等均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

A590 双光束紫外可见分光光度计, 翱艺仪器有限公司; YP-N 型电子分析天平, 上海精密仪器仪表有限公司; 超净工作台, 苏州净化设备有限公司; 立式压力蒸汽灭菌器, 上海博讯医疗生物仪器股份有限公

司; SPX-250B-Z 型生化培养箱, 上海博讯医疗生物仪器股份有限公司; PHS 25 型 pH 计, 上海雷磁仪器厂; HPG-2132 便携式色差仪, 上海嘉标测试仪器有限公司; QTS 型质构分析仪, 英国 CNS Farnell 公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 样品制备及贮藏

制备工艺:

小麦粉+菠菜粉+盐水→和面→熟化→压片→切条→装袋。

菠菜生鲜面贮藏: 制备的样品(100 g/袋), 分别贮藏于25℃、4℃的恒温恒湿箱中, 选择见光、避光、充CO<sub>2</sub>三种储藏方式, 分别按一定时间间隔(25℃每隔6h; 4℃每隔1d)取样进行各项指标的测定。

#### 1.3.2 水分含量测定

称取1g菠菜生鲜面样品, 用剪刀剪成均匀细小颗粒后置于MB45水分测定仪铝制托盘中, 选择自动模式, 测试温度为105℃, 测定不同贮藏时间菠菜生鲜面样品的水分含量。

#### 1.3.3 水分活度测定

称取适量的面条, 用剪刀剪碎平铺于塑料皿中, 以完全覆盖皿底为标准, 将塑料皿放于测试盒中, 盖好测试盒的盖子, 当水分活度仪停止工作时, 仪器显示的数值为水分活度值。

#### 1.3.4 pH值测定

称取面条25g, 置于225mL纯水中, 用酸度计测定其pH值, 即为面条的pH值<sup>[6]</sup>。

#### 1.3.5 酸度测定

依据GB 5009.239-2016进行酸度值的测定<sup>[7]</sup>。

#### 1.3.6 色泽测定

以L\*、a\*、b\*值来评价面条的色泽, 其中L\*代表面条颜色的亮度, L\*值越大亮度越大; a\*表示面条的红绿色值, 正值越大偏向红色的程度越大, 负值绝对值越大偏向绿色的程度越大; b\*表示面条的黄蓝色值, 正值越大偏向黄色的程度越大, 负值绝对值越大偏向蓝色的程度越大<sup>[8]</sup>。将压好的菠菜生鲜面, 用色差仪分别测定待测样品6个点的颜色变化, 并记录L\*、a\*、b\*三项色度指标, 计算各自平均值。

#### 1.3.7 叶绿素含量测定

依据NY/T 3082-2017进行叶绿素含量的测定<sup>[9]</sup>。

#### 1.3.8 感官评价

参考任顺成<sup>[10]</sup>和张婉等方法<sup>[11]</sup>。量取500mL饮用水于小锅中(直径20cm), 煮沸, 称取50g面条样品, 放入锅内, 煮至面条芯的白色刚好消失, 立即

将面条捞出,用饮用水冲淋 10 s,放入盘中。由感官评价小组(5 位经过专业培训的人员组成)对菠菜面条的色泽、质地、气味、霉变等进行评价。感官评价

采用 10 分制,当评分为低于 5 分(包括 5 分)时,面条出现酸味或霉变,不能食用。评价指标体现见表 1。

表 1 菠菜生鲜面感官评价标准

Table 1 Sensitive evaluation criteria of spinach fresh noodles

分值	色泽	质地	食味	有无菌点或霉点
8.1~10.0	绿色,有光泽	质地致密	较好面香味	无
5.1~8.0	浅绿色,色泽稍暗	质地较致密	无异味	无
3.1~5.0	色泽变暗	质地疏松	稍有酸味	有
0~3.0	发黄变暗	变软发黏	刺鼻性酸味	有

### 1.3.9 菌落总数测定

根据 GB 4789.2-2016《食品卫生微生物检验 菌落总数测定》方法进行菌落总数的测定<sup>[12]</sup>。

### 1.3.10 数据处理

实验数据均为 3 次实验的平均值,采用 SPSS statistics 16.0 进行统计处理,显著性比较采用邓肯氏多重比较法在  $p$  值为 0.05 的水平进行单因素方差分析;用 SPSS statistics 16.0 软件进行数据相关性分析,采用 Origin 8.0 进行绘图处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同贮藏条件下菠菜生鲜面水分含量的变化

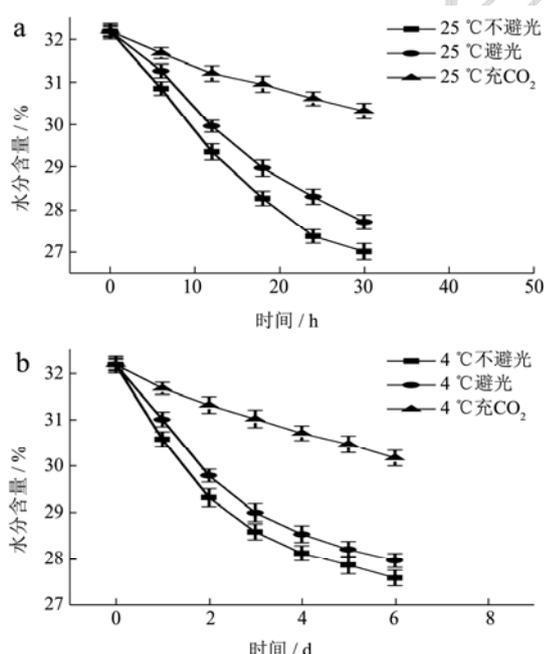


图 1 菠菜生鲜面的水分含量在 25 °C (a) 和 4 °C (b) 贮藏条件下的变化规律

Fig.1 The change of moisture content of spinach fresh noodles at 25 °C (a) and 4 °C (b)

水的添加量在生鲜面制作过程中占面粉的 32% 左右<sup>[13]</sup>,水分含量是面条中区分挂面和生鲜面的重要指标之一。由图 1 (a) 可知,菠菜生鲜面在 25 °C 贮藏条件下含水量起始为 32.19%,充 CO<sub>2</sub> 贮藏 18 h 时为 30.96%,30 h 时为 30.33%;避光贮藏 18 h 时为 28.98%,30 h 时为 27.71%;不避光贮藏 18 h 时为 28.27%,30 h 时为 27.01%。由图 1 (b) 可知,菠菜生鲜面在 4 °C 贮藏条件下,充 CO<sub>2</sub> 贮藏 3 d 时为 31.02%,6 d 时为 30.17%;避光贮藏 3 d 时为 29%,6 d 时为 27.97%;不避光贮藏 3 d 时为 28.59%,6 d 时为 27.59%。由图 1 可知,菠菜生鲜面在 25 °C 和 4 °C 贮藏期间,不同贮藏方式的含水量随着贮藏时间的增加均呈下降趋势,这与任顺成等<sup>[10]</sup>研究结果一致。产生这一现象的原因可能是由于生鲜面贮藏初期水分含量较高,致使生鲜面中自由水水分向包装袋内迁移,造成生鲜面的水分下降。通过对比分析,菠菜生鲜面充 CO<sub>2</sub> 贮藏过程中含水量下降较避光、不避光贮藏条件要缓慢一些。避光和不避光 25 °C 贮藏前 18 h 和 4 °C 贮藏前 3 d,含水量下降较快,后期变化幅度较小,维持较高的水分含量。这说明充 CO<sub>2</sub> 可以在包装袋内形成正压,抑制生鲜面水分的挥发;光照有利于水分的挥发,从而影响菠菜生鲜面的品质。因此,在 4 °C、充 CO<sub>2</sub> 的贮藏条件下菠菜生鲜面贮藏过程中水分的散失最少。

### 2.2 不同贮藏条件下菠菜生鲜面水分活度的变化

水分活度与贮藏过程中食品品质有着密切的关系,降低生鲜面的水分活度有利于保持其品质并延长保质期<sup>[14]</sup>。由图 2 (a) 可知,25 °C 贮藏条件下初始水分活度为 0.965,避光、不避光贮藏 30 h 时为 0.953 左右,充 CO<sub>2</sub> 贮藏 60 h 为 0.947 左右。由图 2 (b) 可知,4 °C 贮藏条件下初始水分活度为 0.965 左右,避光、不避光贮藏 6 d 时为 0.955 左右,充 CO<sub>2</sub> 贮藏 6 d 为 0.956 左右。由图 2 可知,菠菜生鲜面在 25 °C 和 4 °C

贮藏期间, 避光、不避光、充 CO<sub>2</sub> 贮藏方式的菠菜生鲜面水分活度均呈下降趋势, 均在小范围内波动, 整体变化不大。通过对比分析, 充 CO<sub>2</sub> 贮藏的菠菜生鲜面水分活度下降较避光、不避光处理缓慢, 这与水分含量的变化趋势一致。

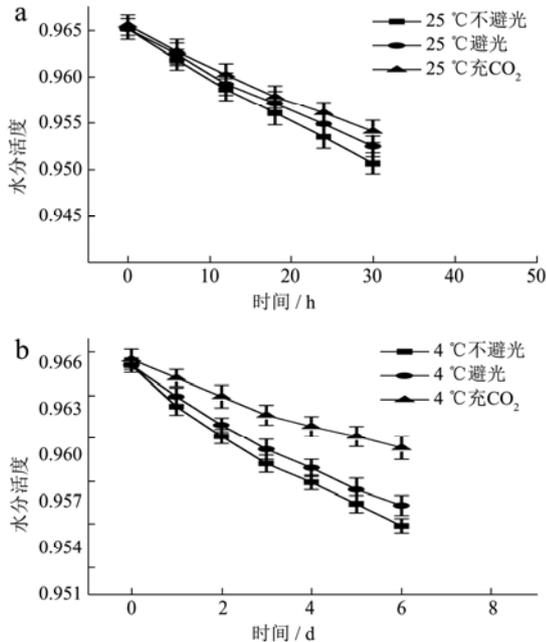


图2 菠菜生鲜面的水分活度在 25 °C (a) 和 4 °C (b) 贮藏条件下变化规律

Fig.2 The change of water activity of spinach fresh noodles at 25 °C (a) and 4 °C (b)

### 2.3 不同贮藏条件下菠菜生鲜面pH值变化

由图 3 可知, 不同贮藏条件下菠菜生鲜面 pH 值随着贮藏时间的延长逐渐降低, 刚制作的菠菜生鲜面 pH 在 6.1 左右, 很适合细菌生长<sup>[15]</sup>; 随着贮藏时间的延长, pH 值在 5.0~6.0 时, 适合酵母菌和霉菌生长<sup>[16]</sup>; 在 25 °C 贮藏和 4 °C 贮藏过程中, 充 CO<sub>2</sub> 处理的菠菜生鲜面 pH 值下降速率均比其它 2 种贮藏方式快, 避光和避光贮藏方式对 pH 值影响差别不大。同时, 实验还发现生鲜面贮藏期间产酸微生物不断的增多, 微生物在生长过程中利用菠菜生鲜面中的碳水化合物发酵产酸, 这可能是导致产品 pH 值变动主要原因<sup>[17]</sup>。

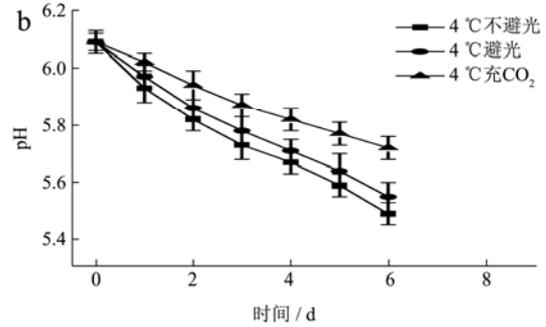
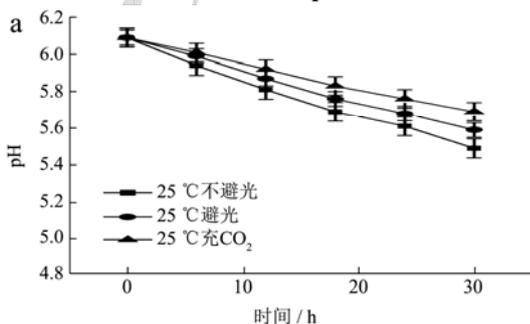


图3 菠菜生鲜面的 pH 值在 25 °C (a) 和 4 °C (b) 贮藏条件下变化规律

Fig.3 The change of pH of spinach fresh noodles at 25 °C (a) and 4 °C (b)

### 2.4 不同贮藏条件下菠菜生鲜面酸度变化

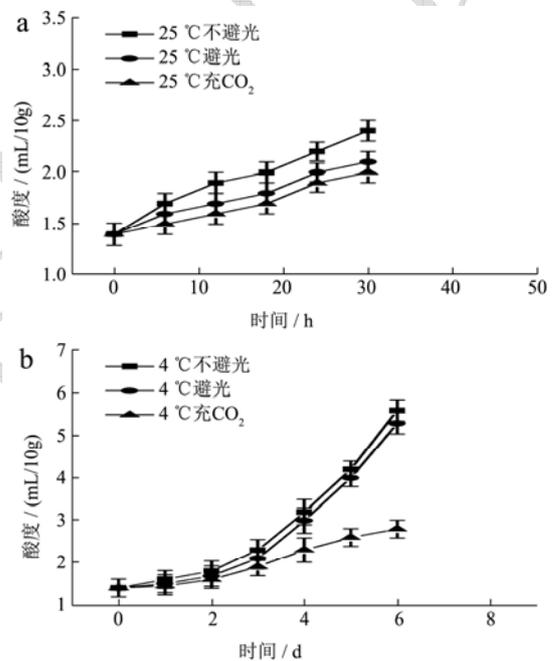


图4 菠菜生鲜面的酸度在 25 °C (a) 和 4 °C (b) 条件下变化规律

Fig.4 The change of pH of spinach fresh noodles at 25 °C (a) and 4 °C (b)

由图 4 (a) 可知, 在 25 °C 贮藏期间, 酸度起始为 1.4 mL/10 g, 不避光、避光、充 CO<sub>2</sub> 贮藏 18 h 时, 分别为 2 mL/10 g、1.8 mL/10 g、1.7 mL/10 g; 贮藏 30 h 时, 分别为 2.4 mL/10 g、2.1 mL/10 g、2 mL/10 g。由图 4 (b) 可知, 在 4 °C 贮藏期间, 酸度在不避光、避光、充 CO<sub>2</sub> 贮藏 2 d 时, 分别为 1.8 mL/10 g、1.6 mL/10 g、1.6 mL/10 g, 和初始酸度 1.4 mL/10 g 差别不大; 贮藏 6 d 时, 分别为 5.6 mL/10 g、5.3 mL/10 g、2.8 mL/10 g; 菠菜生鲜面酸度在贮藏前 2 d 基本不变, 之后上升较快; 避光和避光贮藏过程中酸度差别不大。由图 4 可知, 随着贮藏时间的增加, 不同贮藏方

式的菠菜生鲜面的酸度呈上升的趋势, 充 CO<sub>2</sub> 处理比其他两种贮藏方式酸度上升速率慢。有研究表明, 酸度增加与微生物增长呈正相关<sup>[18]</sup>, 贮藏期间酸度上升原因可能是贮藏过程中微生物繁殖导致面条酸败。由此可见, 低温、充 CO<sub>2</sub> 贮藏可以延缓酸度上升。

## 2.5 不同贮藏条件下菠菜生鲜面色泽的变化

### 2.5.1 不同贮藏条件下菠菜生鲜面 L\* 值变化

色泽是评价菠菜生鲜面感官特性最重要指标。菠菜生鲜面随着贮藏时间的延长, 色泽会发生一定的变化。L\* 值代表亮度, 变化范围 100~0, L\* 值越高, 表

示色泽越亮, 反之越暗。由表 2 可知, 25 °C 贮藏期间, 三种贮藏方式的 L\* 值均呈逐渐减小趋势, 前 6 h 亮度变化差异不大; 贮藏至 12 h 开始, 不避光的亮度较其它两组处理差异显著 ( $p < 0.05$ ), 不避光条件下亮度由起初的 46.18 降至 39.27, 避光和充 CO<sub>2</sub> 的贮藏条件下亮度下降较慢, 分别降至 40.12 和 42.13。4 °C 贮藏期间, 充 CO<sub>2</sub> 条件较其它两种贮藏条件, 亮度下降最慢, 6 d 时菠菜生鲜面的亮度下降了 2.37; 避光次之, 下降了 7.73; 不避光最差, 下降了 8.49。综上所述, 避光和充 CO<sub>2</sub> 贮藏, 对菠菜生鲜面的亮度有延缓作用, 充 CO<sub>2</sub> 贮藏对菠菜生鲜面的色泽保护最好。

表 2 不同贮藏条件下菠菜生鲜面色泽变化

Table 2 Color change of spinach fresh noodles in different storage conditions

色泽	不同处理	25 °C 贮藏时间/h					
		0	6	12	18	24	30
L*	避光	46.18±0.34 <sup>a</sup>	45.18±0.17 <sup>ab</sup>	43.85±0.37 <sup>b</sup>	42.38±0.22 <sup>b</sup>	41.02±0.13 <sup>c</sup>	40.12±0.14 <sup>d</sup>
	不避光	46.18±0.34 <sup>a</sup>	44.47±0.19 <sup>a</sup>	43.17±0.19 <sup>b</sup>	41.66±0.28 <sup>c</sup>	40.09±0.21 <sup>d</sup>	39.27±0.18 <sup>d</sup>
	充 CO <sub>2</sub>	46.18±0.34 <sup>a</sup>	45.21±0.17 <sup>a</sup>	44.22±0.12 <sup>a</sup>	43.17±0.17 <sup>b</sup>	42.13±0.11 <sup>c</sup>	41.56±0.11 <sup>d</sup>
a*	避光	-5.54±0.15 <sup>d</sup>	-4.98±0.13 <sup>d</sup>	-4.21±0.13 <sup>c</sup>	-3.51±0.12 <sup>b</sup>	-3.04±0.14 <sup>ab</sup>	-2.71±0.13 <sup>a</sup>
	不避光	-5.54±0.15 <sup>c</sup>	-4.59±0.29 <sup>bc</sup>	-3.82±0.12 <sup>b</sup>	-3.04±0.2 <sup>ab</sup>	-2.56±0.25 <sup>ab</sup>	-2.22±0.15 <sup>a</sup>
	充 CO <sub>2</sub>	-5.54±0.15 <sup>c</sup>	-4.95±0.17 <sup>bc</sup>	-4.37±0.19 <sup>b</sup>	-3.96±0.14 <sup>ab</sup>	-3.54±0.17 <sup>ab</sup>	-3.27±0.2 <sup>a</sup>
b*	避光	23.84±0.23 <sup>a</sup>	22.57±0.32 <sup>a</sup>	21.38±0.47 <sup>ab</sup>	20.35±0.25 <sup>b</sup>	19.52±0.26 <sup>b</sup>	18.86±0.38 <sup>b</sup>
	不避光	23.84±0.23 <sup>a</sup>	23.11±0.21 <sup>ab</sup>	22.02±0.32 <sup>b</sup>	21.14±0.38 <sup>b</sup>	20.26±0.14 <sup>b</sup>	19.61±0.2 <sup>c</sup>
	充 CO <sub>2</sub>	23.84±0.23 <sup>a</sup>	23.43±0.21 <sup>ab</sup>	23.02±0.3 <sup>ab</sup>	22.59±0.22 <sup>b</sup>	22.15±0.28 <sup>b</sup>	21.84±0.19 <sup>b</sup>

色泽	不同处理	4 °C 贮藏时间/d			
		0	1	2	3
L*	避光	46.18±0.34 <sup>a</sup>	44.03±0.27 <sup>b</sup>	42.18±0.26 <sup>c</sup>	41.06±0.25 <sup>cd</sup>
	不避光	46.18±0.34 <sup>a</sup>	43.02±0.16 <sup>b</sup>	41.44±0.2 <sup>c</sup>	40.28±0.13 <sup>d</sup>
	充 CO <sub>2</sub>	46.18±0.34 <sup>a</sup>	45.79±0.18 <sup>a</sup>	45.41±0.21 <sup>a</sup>	45.02±0.14 <sup>ab</sup>
a*	避光	-5.54±0.15 <sup>c</sup>	-5.42±0.19 <sup>c</sup>	-5.02±0.19 <sup>bc</sup>	-4.58±0.1 <sup>bc</sup>
	不避光	-5.54±0.15 <sup>c</sup>	-5.15±0.13 <sup>c</sup>	-4.54±0.1 <sup>bc</sup>	-4.13±0.1 <sup>b</sup>
	充 CO <sub>2</sub>	-5.54±0.15 <sup>b</sup>	-5.23±0.11 <sup>b</sup>	-4.93±0.26 <sup>ab</sup>	-4.62±0.29 <sup>ab</sup>
b*	避光	23.84±0.23 <sup>a</sup>	22.86±0.1 <sup>ab</sup>	22.05±0.28 <sup>b</sup>	21.01±0.14 <sup>b</sup>
	不避光	23.84±0.23 <sup>a</sup>	22.18±0.13 <sup>b</sup>	21.21±0.29 <sup>bc</sup>	20.31±0.24 <sup>c</sup>
	充 CO <sub>2</sub>	23.84±0.23 <sup>a</sup>	23.42±0.3 <sup>ab</sup>	22.99±0.16 <sup>ab</sup>	22.57±0.15 <sup>b</sup>

注: 同行不同小写字母表示差异显著 ( $p < 0.05$ ), 下同。

### 2.5.2 不同贮藏条件下菠菜生鲜面 a\* 值变化

a\* 值代表红绿, 正值代表红色, 负值代表绿色。由表 2 可知, 不同贮藏条件下不避光、避光、充 CO<sub>2</sub> 贮藏方式的菠菜生鲜面 a\* 值均为负值, a\* 起始值为 -5.54, 这与菠菜生鲜面的绿色一致; 不同贮藏条件随着贮藏时间的增加, a\* 值呈上升趋势, 充 CO<sub>2</sub> 贮藏 a\* 值上升最慢, 避光贮藏次之, 不避光贮藏最差。25 °C 贮藏期间, 三种贮藏方式 6 h 内 a\* 值无显著变化 ( $p > 0.05$ ); 避光条件下, a\* 值在 6 h、12 h 和 18 h 内

显著增加 ( $p < 0.05$ ); 不避光和充 CO<sub>2</sub> 贮藏条件下, a\* 值在 6 h~24 h 内无显著变化 ( $p > 0.05$ ); 不避光、避光、充 CO<sub>2</sub> 贮藏 30 h 时, a\* 值分别为 -2.22、-2.71、-3.27。4 °C 贮藏期间, 充 CO<sub>2</sub> 贮藏条件下 a\* 值在 5 d 内、避光贮藏 3 d 内、不避光贮藏 2 d 内无显著差异 ( $p > 0.05$ ), 不避光、避光、充 CO<sub>2</sub> 贮藏 6 d 时, a\* 值分别为 -2.79、-3.21、-4.13。通过对比分析, 充 CO<sub>2</sub> 贮藏可以保护菠菜生鲜面色泽最好, 避光贮藏次之, 不避光贮藏最差。

### 2.5.3 不同贮藏条件下菠菜生鲜面 b\*值变化

b\*值代表蓝黄，正值代表黄色，负值代表蓝色。由表 2 可知，不同贮藏条件下，随贮藏时间的延长菠菜生鲜面黄色呈下降趋势，不避光贮藏下降最多，避光次之，充 CO<sub>2</sub> 贮藏条件下下降最慢。25 °C 贮藏期间，避光和充 CO<sub>2</sub> 贮藏，b\*值前 12 h 无显著差异(p>0.05)，与避光贮藏相比，延长了 6 h；4 °C 贮藏期间，充 CO<sub>2</sub> 贮藏过程中 b\*值在 2 d 内、避光贮藏在 1 d 内无显著

差异 (p>0.05)；4 °C 贮藏 6 d 时，充 CO<sub>2</sub> 贮藏黄色下降了 2.16，避光贮藏黄色下降了 5.45，不避光贮藏黄色下降了 6.13。由此可见，充 CO<sub>2</sub> 贮藏可以延缓菠菜生鲜面 b\*值下降，避光条件次之，不避光最差。

### 2.6 不同贮藏条件下菠菜生鲜面叶绿素含量的变化

表 3 不同贮藏条件下菠菜生鲜面叶绿素含量变化

Table 3 Chlorophyll change of spinach fresh noodles in different storage conditions

叶绿素含量 (mg/g)	不同处理	25 °C 贮藏时间/h					
		0	6	12	18	24	30
叶绿素 a	避光	0.0088±0.0003 <sup>a</sup>	0.0082±0.0002 <sup>a</sup>	0.0075±0.0003 <sup>ab</sup>	0.0069±0.0002 <sup>b</sup>	0.0065±0.0002 <sup>b</sup>	0.0062±0.0002 <sup>b</sup>
	不避光	0.0088±0.0003 <sup>a</sup>	0.0078±0.0001 <sup>ab</sup>	0.0071±0.0002 <sup>b</sup>	0.0064±0.0002 <sup>bc</sup>	0.006±0.0001 <sup>c</sup>	0.0056±0.0003 <sup>c</sup>
	充 CO <sub>2</sub>	0.0088±0.0003 <sup>a</sup>	0.008±0.0002 <sup>ab</sup>	0.0071±0.0003 <sup>b</sup>	0.0066±0.0001 <sup>b</sup>	0.006±0.0002 <sup>b</sup>	0.0058±0.0001 <sup>b</sup>
叶绿素 b	避光	0.0041±0.0002 <sup>a</sup>	0.0038±0.0003 <sup>a</sup>	0.0036±0.0002 <sup>a</sup>	0.0034±0.0002 <sup>a</sup>	0.0033±0.0001 <sup>a</sup>	0.0032±0.0002 <sup>a</sup>
	不避光	0.0041±0.0002 <sup>a</sup>	0.0037±0.0002 <sup>a</sup>	0.0035±0.0002 <sup>a</sup>	0.0033±0.0002 <sup>a</sup>	0.0032±0.0001 <sup>a</sup>	0.0031±0.0001 <sup>b</sup>
	充 CO <sub>2</sub>	0.0041±0.0002 <sup>a</sup>	0.0039±0.0002 <sup>a</sup>	0.0037±0.0003 <sup>a</sup>	0.0036±0.0003 <sup>a</sup>	0.0034±0.0002 <sup>a</sup>	0.0032±0.0002 <sup>b</sup>
叶绿素总量	避光	0.0129±0.0004 <sup>a</sup>	0.012±0.0003 <sup>a</sup>	0.0111±0.0001 <sup>a</sup>	0.0103±0.0001 <sup>ab</sup>	0.0098±0.0001 <sup>b</sup>	0.0094±0.0003 <sup>b</sup>
	不避光	0.0129±0.0004 <sup>a</sup>	0.0115±0.0001 <sup>ab</sup>	0.0106±0.0001 <sup>ab</sup>	0.0097±0.0003 <sup>b</sup>	0.0092±0.0002 <sup>b</sup>	0.0087±0.0003 <sup>b</sup>
	充 CO <sub>2</sub>	0.0129±0.0004 <sup>a</sup>	0.0119±0.0001 <sup>ab</sup>	0.0108±0.0005 <sup>ab</sup>	0.0101±0.0003 <sup>b</sup>	0.0094±0.0003 <sup>b</sup>	0.009±0.0001 <sup>b</sup>
叶绿素含量 (mg/g)	不同处理	4 °C 贮藏时间/d					
		30	0	1	2	3	
叶绿素 a	避光	0.0062±0.0002 <sup>b</sup>	0.0088±0.0003 <sup>a</sup>	0.0079±0.0001 <sup>ab</sup>	0.0071±0.0002 <sup>b</sup>	0.0065±0.0001 <sup>bc</sup>	
	不避光	0.0056±0.0003 <sup>c</sup>	0.0088±0.0003 <sup>a</sup>	0.0075±0.0001 <sup>ab</sup>	0.0068±0.0002 <sup>b</sup>	0.0062±0.0002 <sup>bc</sup>	
	充 CO <sub>2</sub>	0.0058±0.0001 <sup>b</sup>	0.0088±0.0003 <sup>a</sup>	0.0082±0.0001 <sup>ab</sup>	0.0076±0.0002 <sup>ab</sup>	0.007±0.0002 <sup>b</sup>	
叶绿素 b	避光	0.0032±0.0002 <sup>a</sup>	0.0041±0.0002 <sup>a</sup>	0.0038±0.0003 <sup>a</sup>	0.0037±0.0001 <sup>a</sup>	0.0035±0.0003 <sup>a</sup>	
	不避光	0.0031±0.0001 <sup>b</sup>	0.0041±0.0002 <sup>a</sup>	0.0038±0.0002 <sup>ab</sup>	0.0036±0.0002 <sup>ab</sup>	0.0034±0.0002 <sup>ab</sup>	
	充 CO <sub>2</sub>	0.0032±0.0002 <sup>b</sup>	0.0041±0.0002 <sup>a</sup>	0.0041±0.0002 <sup>a</sup>	0.004±0.0002 <sup>a</sup>	0.004±0.0003 <sup>a</sup>	
叶绿素总量	避光	0.0094±0.0003 <sup>b</sup>	0.0129±0.0004 <sup>a</sup>	0.0117±0.0002 <sup>ab</sup>	0.0108±0.0003 <sup>b</sup>	0.01±0.0003 <sup>bc</sup>	
	不避光	0.0087±0.0003 <sup>b</sup>	0.0129±0.0004 <sup>a</sup>	0.0113±0.0002 <sup>ab</sup>	0.0104±0.0003 <sup>b</sup>	0.0096±0.0003 <sup>bc</sup>	
	充 CO <sub>2</sub>	0.009±0.0001 <sup>b</sup>	0.0129±0.0004 <sup>a</sup>	0.0123±0.0002 <sup>ab</sup>	0.0116±0.0004 <sup>ab</sup>	0.011±0.0004 <sup>ab</sup>	
叶绿素含量 (mg/g)	不同处理	4 °C 贮藏时间/d					
		4	5	6			
叶绿素 a	避光	0.006±0.0002 <sup>c</sup>	0.0056±0.0002 <sup>c</sup>	0.0054±0.0002 <sup>c</sup>			
	不避光	0.0057±0.0001 <sup>c</sup>	0.0053±0.0001 <sup>c</sup>	0.0051±0.0002 <sup>c</sup>			
	充 CO <sub>2</sub>	0.0065±0.0002 <sup>bc</sup>	0.0061±0.0001 <sup>bc</sup>	0.0056±0.0002 <sup>c</sup>			
叶绿素 b	避光	0.0034±0.0002 <sup>a</sup>	0.0033±0.0003 <sup>a</sup>	0.0032±0.0002 <sup>a</sup>			
	不避光	0.0033±0.0001 <sup>ab</sup>	0.0032±0.0003 <sup>ab</sup>	0.0031±0.0002 <sup>b</sup>			
	充 CO <sub>2</sub>	0.004±0.0002 <sup>a</sup>	0.0039±0.0001 <sup>a</sup>	0.0039±0.0003 <sup>a</sup>			
叶绿素总量	避光	0.0094±0.0003 <sup>bc</sup>	0.0089±0.0003 <sup>c</sup>	0.0086±0.0003 <sup>c</sup>			
	不避光	0.009±0.0002 <sup>bc</sup>	0.0085±0.0002 <sup>c</sup>	0.0082±0.0003 <sup>c</sup>			
	充 CO <sub>2</sub>	0.0105±0.0004 <sup>b</sup>	0.01±0.0001 <sup>b</sup>	0.0095±0.0002 <sup>b</sup>			

叶绿素分为叶绿素 a 和叶绿素 b, 前者为蓝绿色, 后者为黄绿色<sup>[19]</sup>。由表 3 可知, 在 25 °C 和 4 °C 贮藏过程中, 避光、不避光、充 CO<sub>2</sub> 贮藏下叶绿素 a、叶绿素 b 以及总叶绿素的含量均呈现下降趋势; 在 25 °C 贮藏期间, 避光贮藏与其它两种贮藏方式相比, 叶绿素 a 保留率要高一些; 在 4 °C 贮藏期间, 充 CO<sub>2</sub> 贮藏叶绿素 a 含量最高, 其次是避光贮藏, 不避光最低; 在 4 °C、充 CO<sub>2</sub> 贮藏 6 d 时菠菜生鲜面的总叶绿素、叶绿素 a 和叶绿素 b 分别下降了 0.0034 mg/g、0.0032 mg/g、0.0002 mg/g。

由此可见, 菠菜生鲜面在贮藏过程中对总叶绿素和叶绿素 a 影响较大, 叶绿素 b 影响较小。可能是由于叶绿素容易受光、氧气、温度等外界理化因素的影响而发生降解<sup>[20]</sup>, 叶绿素 a 降解较快, 叶绿素 b 降解较慢。

### 2.7 不同贮藏条件下菠菜生鲜面感官评分的变化

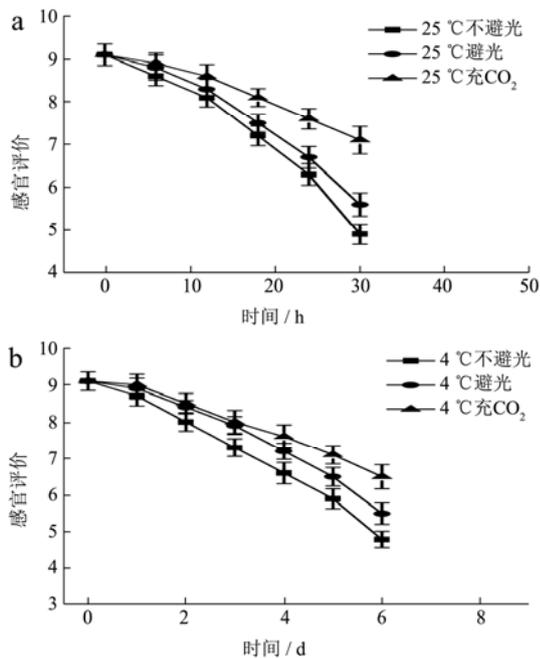


图5 菠菜生鲜面的感官评分在 25 °C (a) 和 4 °C (b) 条件下变化规律

Fig.5 The change of Sensory evaluation of spinach fresh noodles at 25 °C (a) and 4 °C (b)

由图 5 可知, 菠菜生鲜面感官评分初始为 9.1, 随着贮藏时间的延长逐渐下降, 且贮藏温度越高, 货架期越短; 在 25 °C 贮藏和 4 °C 贮藏期间充 CO<sub>2</sub> 贮藏方式的菠菜生鲜面感官评分最高, 其次是避光贮藏, 最差的是不避光贮藏。在 25 °C 贮藏 30 h、4 °C 贮藏 6 d 的充 CO<sub>2</sub> 贮藏方式, 菠菜生鲜面感官评分分别为 7.1、

6.5; 而此时其他两种贮藏方式的感官评分均在 5 左右。由此可推断, 包装中充 CO<sub>2</sub> 有利于菠菜生鲜面贮藏。

### 2.8 菠菜生鲜面不同贮藏温度下微生物变化

微生物的代谢活动是导致菠菜生鲜面腐败变质的原因之一<sup>[21]</sup>。菌落总数是反映贮藏期间生鲜面的品质变化重要指标<sup>[18]</sup>。由图 6 可知, 菠菜生鲜面在贮藏期间, 微生物数量呈 10 的 n 次幂增长。由图 6 (a) 可知, 在 25 °C 贮藏期间, 菠菜生鲜面在避光和不避光贮藏 18 h、充 CO<sub>2</sub> 贮藏 24 h, 菌落总数超过农业部关于《绿色食品 生面食、米粉制品》<sup>[22]</sup>的要求标准, 大于微生物限值 3×10<sup>5</sup> CFU/g。由图 6 (b) 可知, 在 4 °C 贮藏期间, 菠菜生鲜面在避光和不避光贮藏 4 d、充 CO<sub>2</sub> 贮藏 6 d 时, 菌落总数超过微生物限值 3×10<sup>5</sup> CFU/g; 充 CO<sub>2</sub> 贮藏时间更长, 产品的品质裂变转折点为 5 d。微生物的大量增殖, 造成菠菜生鲜面的气味、质地、色泽劣变, 这与面条的感官变化结果相一致。

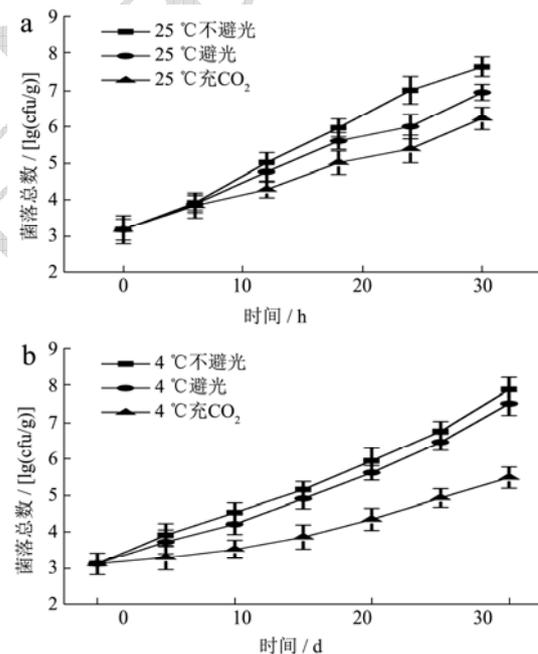


图6 菠菜生鲜面的菌落总数在 25 °C (a) 和 4 °C (b) 条件下变化规律

Fig.6 The change of total number of colonies of spinach fresh noodles at 25 °C (a) and 4 °C (b)

### 2.9 菠菜生鲜面 4 °C、充CO<sub>2</sub> 贮藏条件下各指标的相关性分析

生鲜面 4 °C、充 CO<sub>2</sub> 贮藏条件下理化、感官及微生物指标间的相关性分析如表 4 所示, 感官评价与酸度、菌落总数、a\* 呈极显著负相关 ( $p < 0.01$ ), 与水分含量、水分活度、pH、总叶绿素、叶绿素 a、L\*、b\* 呈显著

或极显著正相关 ( $p<0.01$ ), 与叶绿素b不相关。这说明菠菜生鲜面感官评价的变化与酸度、菌落总数、a\*、水分含量、水分活度、pH、总叶绿素、叶绿素a、L\*、b\*的变化有相关性。菌落总数与L\*、水分含量、水分活度、pH、感官评分、总叶绿素、叶绿素a、b\*呈显著或极显著负相关 ( $p<0.05$ ,  $p<0.01$ ), 与酸度、a\*呈极显著正相关 ( $p<0.01$ ), 与叶绿素b相关性不高。这说明菠菜生鲜面菌落总数的变化与酸度、感官评价、水分含量、水分活度、pH、总叶绿素、叶绿素a、L\*、a\*、b\*的变化有相关性。水分含量与酸度、菌落总数、a\*呈极显著负相关 ( $p<0.01$ ), 与叶绿素b、水分活度、

pH、感官评分、总叶绿素、叶绿素a、L\*、b\*呈显著或极显著正相关 ( $p<0.05$ ,  $p<0.01$ )。这说明菠菜生鲜面水分含量的变化与酸度、感官评价、菌落总数、水分活度、pH、总叶绿素、叶绿素a、叶绿素b、L\*、a\*、b\*的变化有相关性。酸度与叶绿素b、水分含量、水分活度、pH、感官评分、总叶绿素、叶绿素a、L\*、b\*呈显著或极显著负相关 ( $p<0.05$ ,  $p<0.01$ ), 与菌落总数、a\*呈极显著正相关 ( $p<0.01$ )。这说明菠菜生鲜面酸度的变化与水分含量、感官评价、菌落总数、水分活度、pH、总叶绿素、叶绿素a、叶绿素b、L\*、a\*、b\*的变化有相关性。

表4 在4℃、充CO<sub>2</sub>贮藏条件下各指标的相关系数Table 4 Correlation coefficients of various indicators during storage at 4℃ and CO<sub>2</sub>

指标	水分含量	水分活度	pH	酸度	感官评分	菌落总数	总叶绿素	叶绿素a	叶绿素b	L*	a*	b*
水分含量	1											
水分活度	0.921**	1										
pH	0.927**	0.967**	1									
酸度	-0.861**	-0.867**	-0.902**	1								
感官评分	0.916**	0.885**	0.920**	-0.911**	1							
菌落总数	-0.874**	-0.899**	-0.908**	0.887**	-0.934**	1						
总叶绿素	0.965**	0.969**	0.966**	-0.922**	0.923**	-0.912**	1					
叶绿素a	0.965**	0.971**	0.972**	-0.917**	0.939**	-0.924**	0.990**	1				
叶绿素b	0.466*	0.455*	0.424	-0.477*	0.349	-0.366	0.539*	0.415	1			
L*	0.945**	0.930**	0.902**	-0.867**	0.910**	-0.899*	0.947**	0.961**	0.375	1		
a*	-0.924**	-0.923**	-0.907**	0.819**	-0.895**	0.836**	-0.941**	-0.947**	-0.413	-0.918**	1	
b*	0.926**	0.955**	0.921**	-0.910**	0.890**	-0.882**	0.967**	0.965**	0.477*	0.957**	-0.912**	1

注: \*\*: 在0.01水平(双侧)上极显著相关。\*: 在0.05水平(双侧)上显著相关。

### 3 结论

菠菜生鲜面在4℃和25℃条件下,光照、避光、充CO<sub>2</sub>等3种贮藏方式菠菜生鲜面的水分含量、水分活度、pH值、酸度、色泽、叶绿素、感官、菌落总数随贮藏时间的延长逐渐下降,在4℃、充CO<sub>2</sub>的贮藏条件下,产品的理化、感官及微生物品质最优;在最优贮藏条件下,5d后水分含量损失2%,水分活度下降了0.0062、pH值下降了0.37、酸度上升了1.4、色泽和叶绿素变化不明显、感官评价7.1,菌落总数 $8.7 \times 10^4$  CFU/g。结果表明,菠菜生鲜面延长产品保质期,提升产品品质,应当在4℃、充CO<sub>2</sub>的条件下贮藏。

### 参考文献

[1] FU B X. Asian noodles: history, classification, raw materials, and processing [J]. Food Research International, 2008, 41(9): 888-902

[2] 朱科学,李洁,李曼.生鲜面和半干面的保鲜与品质调控研究进展[J].粮食加工,2011,36(1):54-56  
ZHU Ke-xue, LI Jie, LI Man. Research progress on preservation and quality control of fresh and semi-dry noodles [J]. Grain Processing, 2011, 36(1): 54-56

[3] 冯国军,刘大军.菠菜的营养价值与功能评价[J].北方园艺, 2018,10:175-180  
FENG Guo-jun, LIU Da-jun. Evaluation of nutritional value and function of spinach [J]. Northern Horticulture, 2018, 10: 175-180

[4] 张笑笑,李瑜,张利苹.菠菜营养面条工艺研究[J].粮食加工, 2017,42(1):62-65  
ZHANG Xiao-xiao, LI Yu, ZHANG Li-ping. Study on the technology of spinach nutritional noodles [J]. Grain Processing, 2017, 42(1): 62-65

[5] 李洁,朱科学.生鲜面保鲜技术的研究进展[J].粮食与饲料工业,2010,10:21-23  
LI Jie, ZHU Ke-xue. Research progress on fresh-keeping

- technology of fresh noodles [J]. Food and Feed Industry, 2010, 10: 21-23
- [6] 李曼. 生鲜面制品的品质劣变机制及调控研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014  
LI Man. Study on the quality deterioration mechanism and regulation of fresh noodles products [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2014
- [7] 中华人民共和国国家标准. GB 5009.239-2016, 食品酸度的测定[S]  
National Standard of the People's Republic of China. GB 5009.239-2016, Determination of Food Acidity [S]
- [8] 李华, 韩金玉, 陆启玉, 等. 不同有机酸对鲜湿面护色效果的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2014, 35(6): 41-44  
LI Hua, HAN Jin-yu, LU Qi-yu, et al. Effects of different organic acids on color protection of fresh noodles [J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science), 2014, 35(6): 41-44
- [9] 农业行业标准. 水果蔬菜及其制品中叶绿素含量的测定: NY/T 3082-2017[S]. 北京: 中国农业出版社, 2017  
Agricultural Industry Standards. Determination of Chlorophyll Content in Fruits, Vegetables and their Products: NY/T 3082-2017 [S]. Beijing: China Agriculture Press, 2017
- [10] 任顺成, 王涛, 李翠翠. 生鲜湿面条常温下的品质变化及防腐保鲜[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2010, 31(6): 6-10  
REN Shun-cheng, WANG Tao, LI Cui-cui. Quality changes and preservation of fresh noodles at normal temperature [J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science), 2010, 31(6): 6-10
- [11] 张婉, 魏益民, 魏帅, 等. 鲜熟面条贮藏品质变化及货架期研究[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(4): 11-17  
ZHANG Wan, WEI Yi-min, WEI Shuai, et al. Study on the quality changes and shelf life of fresh cooked noodles [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2017, 32(4): 11-17
- [12] GB 4789.2-2016. 食品安全国家标准 食品微生物检验 菌落总数测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016  
GB 4789.2-2016. National Food Safety Standards Food Microbiology Test Analysis of Total number of colonies [S]. Beijing: China Standard Press, 2016
- [13] 曹蒙, 高海燕, 宋孟迪, 等. 鲜湿面条保鲜贮藏技术研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(13): 329-334  
CAO Meng, GAO Hai-yan, SONG Meng-di, et al. Research progress on preservation and storage technology of fresh noodles [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(13): 329-334
- [14] 吴克刚, 谢佩文, 罗辑, 等. 控制生鲜面水分活度及微生物生长的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2012, 9: 29-31, 38  
WU Ke-gang, XIE Pei-wen, LUO Ji, et al. Study on controlling water activity and microbial growth of fresh noodles [J]. Food and Food Industry, 2012, 9: 29-31, 38
- [15] Adams M R, Moss M O. Food Microbiology [M]. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2000, 36-191
- [16] 李平兰. 食品微生物教程[M]. 北京: 中国林业出版社, 2011: 167-168  
LI Ping-lan. Food Microbiology Course [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2011: 167-168
- [17] 王阳. 玉米鲜湿面条加工工艺与保鲜的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2017  
WANG Yang. Study on processing technology and preservation of fresh corn noodles [D]. Huhehot: Inner Mongolia Agricultural University, 2017
- [18] Li M, Zhu K X, Guo X, et al. Effect of water activity (aw) and irradiation on the shelf-life of fresh noodles [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2011, 12(4): 526-530
- [19] 张丽华, 李顺峰, 刘兴华, 等. 猕猴桃果肉叶绿素的提取及抗氧化活性研究[J]. 中国食品学报, 2012, 12(7): 29-35  
ZHANG Li-hua, LI Shun-feng, LIU Xing-hua, et al. Extraction and antioxidant activity of chlorophyll from kiwi fruit flesh [J]. Chinese Journal of Food Science, 2012, 12(7): 29-35
- [20] Koca N, Karadeniz F, Burdurlu H S. Effect of pH on chlorophyll degradation and color loss in blanched green peas [J]. Food Chemistry, 2006, 100: 609-615
- [21] 李运通, 陈野, 李书红, 等. 生鲜面常温贮藏过程中的品质变化规律[J]. 食品科学, 2017, 38(1): 258-262  
LI Yun-tong, CHEN Ye, LI Shu-hong, et al. The quality change of fresh noodles during storage at room temperature [J]. Food Science, 2017, 38(1): 258-262
- [22] 农业行业标准. 绿色食品生面食、米粉制品: NY/T 1512-2014[S]. 北京: 中国农业出版社, 2014  
Agricultural Industry Standards. Green Foods Raw Pasta, Rice Flour Products: NY/T 1512-2014 [S]. Beijing: China Agriculture Press, 2014