

# 黑粒青麦仁协同护色技术研究

康志敏,范运乾,张康逸\*

(河南省农业科学院 农副产品加工研究所,河南 郑州 450002)

**摘要:**以中普黑麦一号为原料,探讨了不同护色剂对黑粒青麦仁色泽的影响,并采用正交试验对黑粒青麦仁护色配方工艺进行了优化,得出最佳的护色配方。结果表明,20 g/L 蛋黄粉、10 g/L 柠檬酸、20 g/L NaCl、30 g/L 蔗糖,均对黑粒青麦仁有护色作用;最优的复合护色剂为 20 g/L 蛋黄粉+30 g/L NaCl+30 g/L 蔗糖,经此复合护色剂处理的黑粒青麦仁,在水洗后仍能保持较好的色泽,色差值  $L^*$  为 23.12。

**关键词:**黑粒青麦仁;护色剂;护色

**中图分类号:**TS213.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-3268(2013)02-0157-04

## Study on the Color-protecting Technology of Black Wheat

KANG Zhi-min,FAN Yun-qian,ZHANG Kang-yi\*

(Institute of Agricultural Products Processing, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** The effect of different color fixatives on black wheat was investigated with Zhongpu Black 1 as raw material, and the optimal dose of compound color fixative was confirmed with the single factor experiment and the orthogonal experiment. The results showed that 20 g/L custard powder, 10 g/L citric acid, 20 g/L NaCl and 30 g/L sucrose showed good color-protection on black wheat, respectively; the optimum compound reagent for color-protection of black wheat was a mixture of 20 g/L custard powder, 30 g/L NaCl, 30 g/L sucrose, the black wheat had maintained a good color, and the  $L^*$  value was 23.12 after being washed by this compound reagent.

**Key words:** black wheat; color fixative; color-protection

黑粒青麦仁是已经生长饱满但未成熟的小麦,色泽黑亮,口味独特,味道清新爽口。黑粒青麦仁含有丰富的蛋白质、花青素、膳食纤维和  $\alpha$ 、 $\beta$  2 种淀粉酶,具有帮助人体消化、降低血糖的功能,是一种高营养的纯绿色食品,现已成为餐桌上的绝佳美食。在加工过程中,黑粒青麦仁极易褪色,这不仅使其感官品质变差,而且还会造成其营养成分的流失,进而影响其鲜度及商品价值。因此,采用护色技术保护黑粒青麦仁天然色泽,防止其营养成分流失,具有十分重要的现实意义。

黑粒青麦仁显色的主要成分是花青素和原花青素,这些花青素属于多酚类物质,极易溶于水,这是导致黑粒青麦仁在水洗过程中褪色的主要原因。因此,防止黑粒青麦仁褪色的主要途径是提高花青素的稳定性。目前,提高花青素稳定性的方法主要有

3 种:花青素酰基化<sup>[1]</sup>、添加护色剂<sup>[2]</sup>、植物组织培养<sup>[3]</sup>。利用人工酰化提高花青素稳定性的研究已经取得了一定进展,但这种方法具有一定的局限性和复杂性,工艺流程的关键点不易控制;添加护色剂的研究主要集中在护色剂对花青素稳定性的影响方面,护色剂包括生物碱、氨基酸、有机酸、核苷酸、多糖、金属离子及花青素本身,护色剂分子中通常含有丰富的电子,这些电子与 2-苯基苯并吡喃阳离子相互作用,从而避免水的亲核攻击<sup>[4]</sup>,减少色素及营养成分的流失;植物组织培养也可以提高花青素的稳定性,但组织培养条件要求较高,不易控制。鉴于此,本研究探讨了不同护色剂对黑粒青麦仁色泽的影响,并通过正交试验获得一种既符合食品卫生要求,又具有良好护色作用的最优复合护色剂,其对黑粒青麦仁的加工、贮藏及提高产品价值均有重要的意义。

收稿日期:2012-11-20

作者简介:康志敏(1986-),女,河南濮阳人,助理研究员,硕士,主要从事小麦深加工方面的研究。E-mail:576020324@163.com

\* 通讯作者:张康逸(1981-),男,河南新乡人,副研究员,博士,主要从事磷脂改性方面的研究。E-mail:kangyiz@163.com

## 1 材料和方法

### 1.1 材料与试剂

黑粒青麦仁:中普黑麦一号(陈氏麦道食品有限公司);蛋黄粉:食品级(市售);NaCl:食品级(市售);蔗糖:分析纯(天津市津东天正精细化学试剂厂);柠檬酸:分析纯(中国宿州化学试剂厂)。

### 1.2 仪器与设备

BS-300A 电子分析天平(上海友声衡器有限公司),电热恒温水浴锅(中国武汉琴台医疗器械厂),BCD-228WBSS 电冰箱(青岛海尔股份有限公司),Hunter color Flex EZ 型色差仪(美国 Hunter Lab)。

### 1.3 方法

1.3.1 护色剂溶液的配制 分别用水配制质量浓度为 10、20、30、40、50、60 g/L 的蛋黄粉溶液,10、20、30、40、50、60 g/L 的柠檬酸溶液,10、20、30、40、50、60 g/L 的 NaCl 溶液,10、20、30、40、50、60 g/L 的蔗糖溶液。

1.3.2 黑粒青麦仁的护色工艺 挑选表皮无损伤、全部呈黑色或一半以上呈黑色的小麦粒,用护色剂溶液浸泡,搅拌,一段时间后,捞出沥水,以水浸泡的黑粒青麦仁为对照,用色差仪测定其色泽,3 次重复,取平均值。色差仪测量范围: $L^*$  为 0~100(从黑到白), $a^*$  为 128~127(从绿到红), $b^*$  为 -128~127(从蓝到黄)。

1.3.3 正交试验 在单因素试验的基础上,采用  $L_9(3^4)$  正交试验设计,对蛋黄粉、NaCl、柠檬酸、蔗糖进行四因素三水平正交试验,以  $L^*$  为指标,筛选最佳黑粒青麦仁护色配方。

## 2 结果与分析

### 2.1 蛋黄粉对黑粒青麦仁色泽的影响

由图 1 可以看出,随着蛋黄粉质量浓度的增加, $L^*$  值呈先减小后增大的趋势,当蛋黄粉质量浓度为 20 g/L 时, $L^*$  值较小,颜色损失较少,护色效果较好。花青素属于多酚类物质,当界面蛋白质的位点与多酚的端点大致相同时,便在彼此之间形成一个由疏水键和氢键组成的网络结构<sup>[5]</sup>,致密的网络结构阻碍部分黑色素的溶解,起到一定的护色作用。当蛋黄粉质量浓度大于 30 g/L 时, $L^*$  值逐渐增大,护色效果越来越差,这可能是由于界面蛋白质的位点远远多于活性多酚的端点,每个活性多酚都可以找到 1 个以上的蛋白结合位点,不会形成大的网络结构,而是分散结合,疏水性变差。因此,蛋黄粉质量浓度以 20 g/L 为宜。

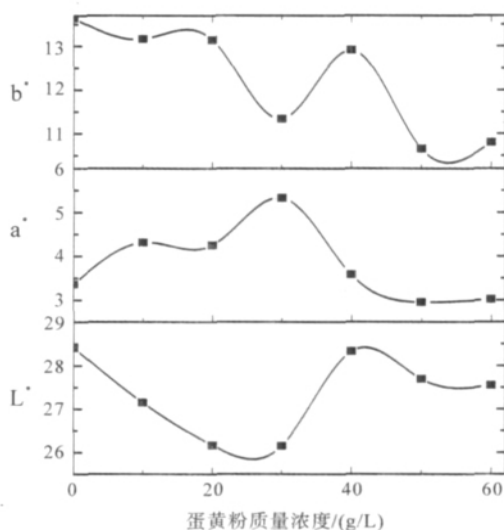


图 1 蛋黄粉对黑粒青麦仁色泽的影响

### 2.2 柠檬酸对黑粒青麦仁色泽的影响

由图 2 可以看出,随着柠檬酸质量浓度的增加,溶液酸性增加,pH 值降低,小麦籽粒颜色变红, $a^*$  值增加较快,当柠檬酸质量浓度超过 30 g/L 时, $a^*$  值逐渐趋于平缓。这是因为花青素中的苯基苯并吡喃环上缺少电子,随着 pH 值的改变,其结构会发生改变,从而其颜色发生改变,酸性条件下变为红色,这和周桂娟等<sup>[6]</sup>的研究结果一致。 $L^*$  值图像呈波状,当柠檬酸质量浓度低于 10 g/L 时,随着柠檬酸质量浓度的增加,花青素螯合金属离子的能力增强,护色效果增强;当柠檬酸质量浓度为 10 g/L 时, $L^*$  值最小,黑色素损失最小,护色效果最好;当柠檬酸质量浓度大于 10 g/L 时,随着柠檬酸质量浓度的增加,护色剂溶液 pH 值减小,使得黑粒青麦仁中的花青素呈现淡红色, $L^*$  值较大,护色效果差。

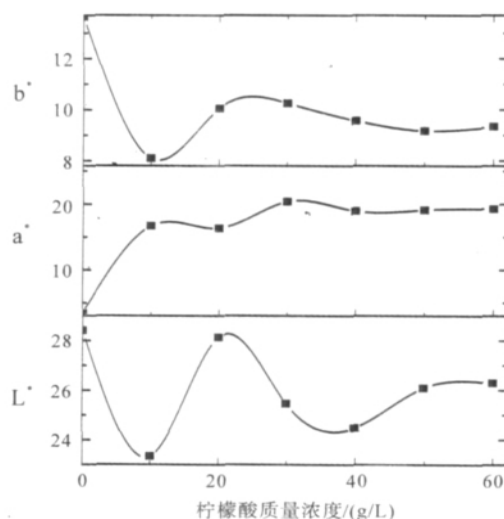


图 2 柠檬酸对黑粒青麦仁色泽的影响

2.3 NaCl 对黑粒青麦仁色泽的影响

由图 3 可以看出,随着 NaCl 质量浓度的增加,  $L^*$  值呈先增大后减小的趋势,最终趋于平缓。当 NaCl 质量浓度为 20~40 g/L 时,  $L^*$  值较小,小麦籽粒颜色损失较少,护色效果较好。多酚类物质和色素在多酚氧化酶的作用下易发生酶促反应,导致其颜色发生变化,溶于水的能力增强。一定质量浓度的 NaCl 溶液能抑制氧化酶的活性,从而对黑粒青麦仁起到护色作用。从降低成本的角度考虑,以 20 g/L NaCl 为宜。

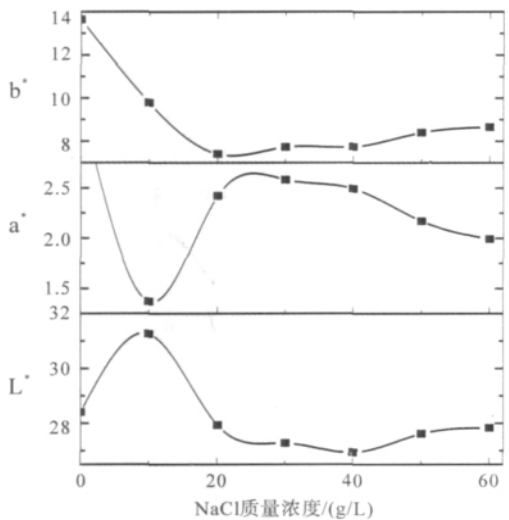


图 3 NaCl 对黑粒青麦仁色泽的影响

2.4 蔗糖对黑粒青麦仁色泽的影响

由图 4 可以看出,随着蔗糖质量浓度的增加,  $L^*$  值呈先增大后减小的趋势,最终趋于平缓。当蔗糖质量浓度为 30 g/L 时,  $L^*$  值较小,颜色损失较少;当蔗糖质量浓度大于 30 g/L 时,  $L^*$  值变化幅度

趋于平缓,这表明蔗糖对黑粒青麦仁具有一定的护色作用,随着其质量浓度的增加,护色作用趋于稳定。这是由于糖分子上的酰基基团影响花青素的稳定性,在糖 C<sub>6</sub> 位上的酰基基团能自由旋转,允许分子折叠和分子内堆积,灵活的糖链能使酰基芳香环折叠到吡喃环上,分子的堆积现象对花青素有保护作用,进而可提高其稳定性<sup>[7]</sup>。

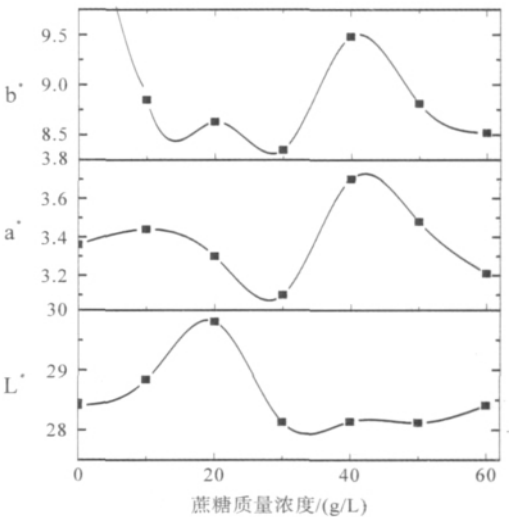


图 4 蔗糖对黑粒青麦仁色泽的影响

2.5 黑粒青麦仁护色配方工艺的优化

根据单因素试验结果,设置各因素水平进行正交试验(表 1)。由表 1 可以看出,影响黑粒青麦仁护色效果的因素的主次顺序是:蔗糖>蛋黄粉>柠檬酸>NaCl。  $L^*$  值越低,说明黑粒青麦仁颜色越黑,复合护色剂对黑粒青麦仁的护色效果越好。因此,黑粒青麦仁护色的最佳配方为蛋黄粉 20 g/L、柠檬酸 0、NaCl 30 g/L、蔗糖 30 g/L,此时  $L^*$  值最小,为 23.12。

表 1 黑粒青麦仁护色剂 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交试验设计及结果

试验号	蛋黄粉质量浓度 /(g/L)	柠檬酸质量浓度 /(g/L)	NaCl 质量浓度 /(g/L)	蔗糖质量浓度 /(g/L)	$L^*$
1	10	0	10	20	26.15
2	10	10	20	30	24.01
3	10	20	30	40	23.19
4	20	10	10	40	28.43
5	20	20	20	20	28.33
6	20	0	30	30	23.12
7	30	20	10	30	24.38
8	30	0	20	40	23.67
9	30	10	30	20	26.82
$k_1$	24.450	24.313	26.320	27.100	
$k_2$	26.627	26.420	25.337	23.837	
$k_3$	24.957	25.300	24.377	25.097	
R	2.177	2.107	1.943	3.263	

### 3 结论

黑粒青麦仁黑色素具有不稳定性,在加工过程中极易溶于水,出现变色、褪色现象,护色剂可降低或缓解黑色素的溶解。本研究以黑粒青麦仁为原料,用护色剂对黑粒青麦仁进行护色技术研究,发现蛋黄粉、NaCl、柠檬酸、蔗糖均具有不同程度的护色作用。

通过正交试验设计,以  $L^*$  值为指标,得出黑粒青麦仁护色的最佳配方为蛋黄粉 20 g/L、柠檬酸 0、NaCl 30 g/L、蔗糖 30 g/L,在此条件下,色泽评价指标  $L^*$  值最小,为 23.12,护色效果最好。

#### 参考文献:

- [1] Cevallos-Casals B A, Cisneros-Zevallos L. Stability of anthocyanin-based aqueous extracts of Andean purple corn and red-fleshed sweet potato compared to synthetic and natural colorants[J]. Food Chemistry, 2004, 86(1): 69-77.
- [2] Bałkowska A, Kucharska A Z, Oszmiański J. The effects of heating UV-irradiation and storage on stability of the anthocyanin- polyphenol copigment complex [J]. Food Chemistry, 2003, 81(3): 349-355.
- [3] Konczak-Islam I, Okuno S, Yoshimoto M, *et al.* Composition of phenolics and anthocyanins in a sweet potato cell suspension culture [J]. Biochemical Engineering Journal, 2003, 14(3): 155-161.
- [4] Wissgott U, Bortlik K. Prospects for new natural food colorants [J]. Trends in Food Science & Technology, 1996, 7(9): 298-302.
- [5] 覃思, 吴卫国, 刘焱, 等. 茶多酚与蛋白质的相互作用对蛋白质功能特性的影响研究进展 [J]. 食品工业科技, 2008, 29(6): 310-312, 316.
- [6] 周桂娟, 王坤, 李集临, 等. 黑粒小麦色素稳定性的研究 [J]. 中国农学通报, 2012, 28(15): 92-96.
- [7] 顾林, 朱洪梅, 顾振新. 花青素的生物合成和成色机理及提高其稳定性的途径 [J]. 食品工业科技, 2007, 28(11): 240-243, 244.