

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.04.036

# 大麦苗饮料稳定性研究

## Study on the stability of barley grass beverage

陈为凤 范柳萍

CHEN Wei-feng FAN Liu-ping

(江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122)

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

**摘要:**研究了稳定剂、均质工艺对大麦苗饮料稳定性的影响。以 TSI 为指标,通过正交试验确定复配稳定剂的最佳配方;研究了固定温度下均质次数和均质压力对大麦苗饮料稳定性指数、粒径、Zeta 电位、黏度的影响。优化配方为:复配稳定剂为魔芋胶 0.11%、黄原胶 0.04%、CMC 0.20%、结冷胶 0.06%、MCC 0.10%,在 65 °C、30 MPa 条件下均质 1 次,所得样品 TSI 为 0.4、黏度为 37.22 cP,产品具有良好的稳定性。

**关键词:**大麦苗饮料;稳定剂;均质;稳定性

**Abstract:** The effects of stabilizer and homogenization technologies on the stability of barley seedling beverage were studied in this paper. The optimal formulation of compound stabilizers was determined by orthogonal test with TSI as the index. And the effects of homogenization times and pressure on stability index, particle size, Zeta potential and viscosity of barley grass beverage at fixed temperature were studied. The optimum formulation was as follows: konjac gum 0.11%, xanthan gum 0.04%, CMC 0.20%, gellan gum 0.06%, MCC 0.10%, homogenized once under 30 MPa at 65 °C. Under this technological conditions, the TSI is 0.4, the viscosity is 37.22 cP, and the product has good stability.

**Keywords:** barley grass beverage; stabilizers; homogenization; stability

大麦(*Hordeum Vulgare* L.)属大麦属(*Hordeum*)早熟禾科(*Poaceae*)。大麦苗(Barley Grass, BG)是大麦的幼苗,一般指大麦抽穗前的幼嫩茎叶,其中株高为 8~15 cm 的大麦苗营养最为丰富。与 2010 年版中国食物成分表相比较,大麦苗的主要营养成分的含量都较高<sup>[1]</sup>;蛋

白质含量分别是牛肉和大米的 1.6 和 4.2 倍<sup>[2]</sup>;V<sub>C</sub>和 V<sub>E</sub>含量分别是苹果含量的 3.7 和 3.3 倍<sup>[3]</sup>;Ca 和 Fe 含量分别是牛奶的 11 倍、菠菜的 7 倍<sup>[4]</sup>;膳食纤维是普通青菜含量的 50 倍<sup>[5]</sup>。

目前,大麦苗主要以大麦苗粉<sup>[6-7]</sup>、大麦苗粉微胶囊<sup>[8]</sup>、鲜榨大麦苗汁、保健产品添加剂<sup>[9]</sup>等形式进行加工。大麦苗的鲜食季节很短,且不耐贮藏,将大麦苗干燥、粉碎加工成营养丰富的浊汁饮料,对大麦苗资源的深度开发和利用具有重要意义,而有关大麦苗浊汁饮料的相关研究鲜见报道。浊汁饮料极易出现分层沉淀等现象,影响其感官品质,可以通过均质<sup>[10-11]</sup>或添加亲水胶体<sup>[12]</sup>等方式得以改善。均质是通过减小颗粒尺寸提高体系稳定性,亲水胶体可以通过增加体系黏度,抑制颗粒的布朗运动和阻止颗粒间的碰撞,使体系不易发生絮凝聚集等现象<sup>[13]</sup>。此外,添加亲水胶体可改变悬浮颗粒的电荷性质进而提高体系的稳定性。

本试验拟研究几种亲水胶体及均质条件对大麦苗饮料稳定性的影响,得到其应用的相关工艺和参数,为大麦苗饮料的研究与开发提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

#### 1.1.1 材料与试剂

大麦苗:上海翔菁青贸有限公司;  
魔芋胶、结冷胶、微晶纤维素(MCC):食品级,青州荣美尔生物科技有限公司;  
黄原胶、羧甲基纤维素钠(CMC):食品级,百茂生物科技有限公司。

#### 1.1.2 主要仪器设备

真空冷冻干燥机:Free Zone 型,美国 Labconco 公司;  
多功能粉碎机:600Y 型,永康市铂欧五金制品有限公司;  
电子天平:GL2202-1SCN 型,赛多利斯科学仪器有限公司;

基金项目:江苏省六大人才高峰项目(编号:NY-127)

作者简介:陈为凤,女,江南大学在读硕士研究生。

通信作者:范柳萍(1972—),女,江南大学教授,博导,博士。

E-mail:fanliuping@jiangnan.edu.cn

收稿日期:2018-12-17

超声波细胞破碎仪: TL-1200Y 型, 江苏天翎仪器有限公司;

稳定性分析仪: MA2000 型, 法国 Formulation 公司;

激光粒度分析仪: S3500 型, 美国 Microtrace 公司;

多角度粒度与高灵敏度 Zeta 电位分析仪: Nano Brook Omni 型, 美国布鲁克海文仪器公司;

黏度计: DVESLVTJ0 型, 美国 Brook Field 公司。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 工艺流程

大麦苗→挑选→清洗→预冻→真空冷冻干燥→粉碎→超声处理→调配→均质→灌装→杀菌→成品

(1) 大麦苗粉的制备: 新鲜大麦苗经挑选、清洗后在 -80 °C 过夜, 然后进行真空冷冻干燥, 粉碎之后过 100 目筛。

(2) 超声处理: 在料液比 1 : 30 (g/mL)、超声功率 360 W 条件下处理 5 min, 超声处理模式为超声 1 s、间隙 4 s。

(3) 调配: 按照大麦苗粉 : 去离子水 = 0.5 : 100 (g/mL) 加入去离子水后将其预热至 65 °C, 在搅拌状态下将已混合均匀的蔗糖、增稠剂和乳化剂按一定添加量少量多次缓慢加入。

(4) 均质: 在 65 °C 条件下, 分别在 30, 50, 70, 90, 110 MPa 下均质 1~3 次, 以未经均质处理的样品为对照。

(5) 灌装杀菌: 将均质后的大麦苗饮料趁热分装至 100 mL 预先清洗干净的玻璃瓶中, 拧上瓶盖, 121 °C 杀菌 20 min。

(6) 冷却摇匀: 待灭菌结束后, 将产品取出, 拧紧瓶盖, 待温度降低至 50 °C 左右时上下摇匀使体系恢复均一稳定。

1.2.2 复配稳定剂对大麦苗饮料稳定性的影响 在前期单因素试验的基础上, 选择魔芋胶、黄原胶、结冷胶、MCC、CMC 5 种能够改善大麦苗饮料稳定性的亲水胶体, 固定均质压力为 30 MPa、均质次数为 2 次, 以产品稳定性指数 (Turbiscan Stability Index, TSI) 为指标, 通过正交试验确定复配稳定剂添加量。

### 1.2.3 均质压力和次数对大麦苗饮料稳定性的影响

(1) 均质次数: 固定均质温度为 65 °C, 在 30 MPa 下分别均质 1, 2, 3 次, 以未均质样品为对照, 考察均质次数对大麦苗饮料 TSI、粒径、黏度及 Zeta 电位的影响。

(2) 均质压力: 固定均质温度为 65 °C, 在均质压力分别为 30, 50, 70, 90, 110 MPa 条件下均质 1 次, 以未均质样品为对照, 考察均质压力对大麦苗饮料 TSI、粒径、黏度及 Zeta 电位的影响。

表 1 正交试验因素水平表

Table 1 Factors and levels of orthogonal experiment

水平	A 魔芋胶	B 黄原胶	C CMC	D 结冷胶	E MCC
1	0.09	0.04	0.10	0.03	0.10
2	0.10	0.05	0.15	0.04	0.15
3	0.11	0.06	0.20	0.05	0.20
4	0.12	0.07	0.25	0.06	0.25

## 1.3 测定项目及方法

1.3.1 稳定性指数的测定 根据 Codina-Torrella 等<sup>[14]</sup>方法做如下修改: 设置稳定性分析仪检测条件为测试温度 50 °C, 测试时长 2 h, 每 1 min 扫描 1 次。待温度升至设定值后在样品瓶中加入约 20 mL 待测样品, 放入样品池中, 开始测量。以 2 h 的平均稳定性指数作为最终的结果数据。稳定性指数越高, 表示样品稳定性越差。

1.3.2 粒径的测定 参照文献<sup>[15]</sup>用激光粒度分析仪进行测定。

1.3.3 Zeta 电位的测定 根据倪洋等<sup>[15]</sup>的方法作如下修改: 将样品用去离子水稀释 10 倍, 震荡混匀后取约 2 mL 加入塑料比色皿中, 放入电极, 然后利用 Zeta 电位仪测量电位。

1.3.4 黏度测定 选用 61 号转子, 测量温度为 25 °C, 转速为 100 r/min。

## 1.4 数据处理

采用 IBM SPSS Statistics 24 统计分析软件对数据进行统计分析, 利用 Origin 8.6 进行相关图的绘制。

## 2 结果与分析

### 2.1 复配稳定剂对大麦苗饮料稳定性的影响

在大麦苗饮料中添加合适的稳定剂是解决其分层、沉淀的有效途径。单一的稳定剂很难使产品达到长期均匀、稳定悬浮。不同稳定剂之间存在协同交互作用, 混合使用多种稳定剂会协同增效, 达到较好的效果<sup>[11,16]</sup>。根据前期单因素试验, 确定了魔芋胶、黄原胶、CMC、MCC 和结冷胶作为试验因素, 用正交设计优化复配稳定剂添加量, 结果见表 2。

由表 2 可知, 稳定剂对大麦苗饮料 TSI 值影响的主次顺序为: CMC > 魔芋胶 > MCC > 黄原胶 > 结冷胶, 得到的最优组合为 A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>C<sub>3</sub>D<sub>4</sub>E<sub>1</sub>, 即魔芋胶 0.11%、黄原胶 0.04%、CMC 0.20%、结冷胶 0.06%、MCC 0.10%。

为了进一步确定复合稳定剂对大麦苗饮料稳定性的作用效果, 按照优化的配方添加, 测定大麦苗饮料的 TSI 值。由图 1 可知, 在 50 °C 条件下 TSI 值变化比较平缓, 平行样品的整体 TSI 值分别为 0.4 和 0.5, 配方重复性好。

表 2 正交试验设计及结果分析

Table 2 Design of orthogonal experiments and analysis of results

试验号	A	B	C	D	E	TSI
1	1	1	1	1	1	11.8
2	1	2	2	2	2	10.9
3	1	3	3	3	3	5.6
4	1	4	4	4	4	6.3
5	2	1	2	3	4	5.4
6	2	2	1	4	3	13.5
7	2	3	4	1	2	3.6
8	2	4	3	2	1	0.7
9	3	1	3	4	2	1.0
10	3	2	4	3	1	0.4
11	3	3	1	2	4	12.4
12	3	4	2	1	3	5.1
13	4	1	4	2	3	0.7
14	4	2	3	1	4	4.4
15	4	3	2	4	1	0.5
16	4	4	1	3	2	12.4
<hr/>						
$k_1$	8.7	4.7	12.5	6.2	3.4	
$k_2$	5.8	7.3	5.5	6.2	7.0	
$k_3$	4.7	5.5	2.9	6.0	6.2	
$k_4$	4.5	6.1	2.8	5.3	7.1	
R	4.2	2.6	9.8	0.9	3.8	

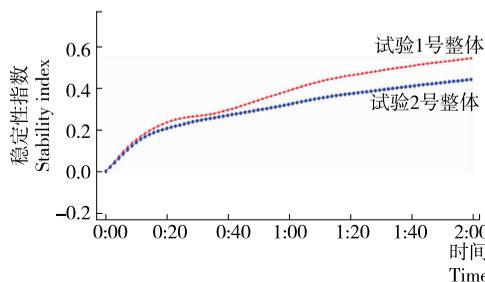


图 1 大麦苗饮料测量过程中稳定性指数的变化  
Figure 1 Changes of stability index of barley grass beverage during measurement

2.2 均质次数对大麦苗饮料稳定性的影响

由图 2 可知,均质次数对产品体系稳定性具有较大的影响。与对照组相比,均质 1 次后高度 40 mm 以下部位背散射光强变化值 ( $\Delta BS$ ) 在零值上下小范围波动,41 mm 以上部位  $\Delta BS$  值逐渐增大,说明饮料中的颗粒整体是悬浮稳定在体系中的,未发生颗粒沉降和聚集现象;均质 2 次后,高度为 30~40 mm 的  $\Delta BS$  值  $< 0$ ,40 mm 以上  $\Delta BS$  值  $> 0$  且逐渐增大,说明体系在测定过程中存在颗粒上浮现象;当均质 3 次后,样品在 50 °C 放置 2 h 便发生颗粒沉降。

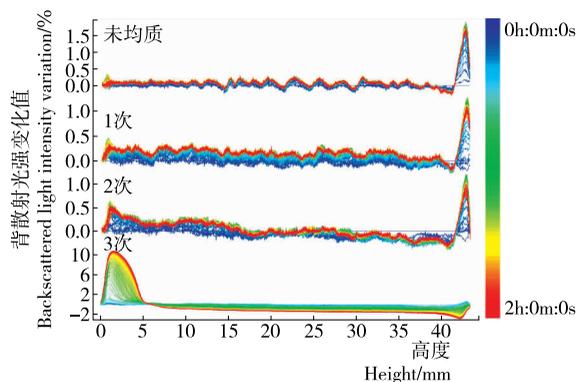


图 2 不同均质次数大麦苗饮料背散射光强度变化  
Figure 2 Variations of BS of barley grass beverage with different homogenous times

由图 3 可知,随着均质次数的增加产品稳定性逐渐降低,测定结束后均质 3 次的样品瓶底部出现一定厚度的沉淀,该结果与图 2 一致。对照组和均质 1 次的样品整体 TSI 值均为 0.4,但是对照组体系流动性及各组分散性较均质 1 次的差。均质工艺可以减小液态食品中各成分沉降速率,提高体系的稳定性;同时,均质处理还有助于各组分均匀地分散到体系中<sup>[11]</sup>。但是,均质压力过高或次数过多时,不稳定悬浮物增加,布朗运动速度加快,颗粒碰撞次数增多,溶液稳定性会下降<sup>[15]</sup>。

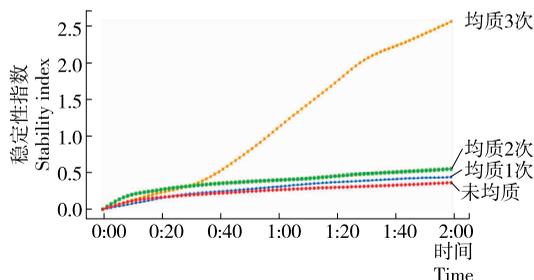


图 3 均质次数对大麦苗饮料稳定性的影响  
Figure 3 Effect of homogenization times on the stability of barley grass beverage

由图 4(a)可知,样品 Zeta 电位绝对值随着均质次数呈先增后减的趋势,且在均质 2 次时达到最大值。均质 1 次和均质 3 次的样品的 Zeta 电位绝对值与对照组无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。赵光远等<sup>[12]</sup>通过不同亲水胶体复配产生的协同作用,提高鲜枣果汁体系的 Zeta 电位绝对值,增强悬浮颗粒间的静电斥力进而阻止颗粒因聚集引发的沉淀,提高体系稳定性。由图 4(b)、(c)可知,与对照组相比,随着均质次数的增加大麦苗饮料体系的黏度、 $D_{[4.3]}$  和  $D_{50}$  都显著减小 ( $P < 0.05$ )。根据 Stokes 定律<sup>[16]</sup>,沉降速率与粒子半径成正比,与体系黏度呈反比。因此降低粒子半径,提高体系黏度也是提高体系稳定性的有效方法。均质后样品黏度降低了 53.94%~71.48%,

样品流动性适宜。综合以上可知,与对照组相比,均质 1 次的样品流动性好且稳定性高;均质次数超过 2 次样品稳定性降低,样品整体 TSI 增加,所以大麦苗饮料制备时均质 1 次效果最佳。

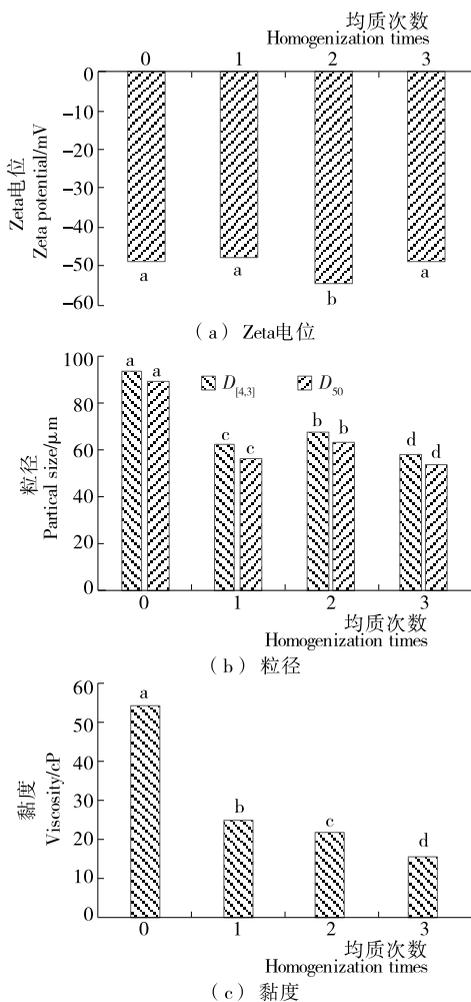


图 4 均质次数对大麦苗饮料 Zeta 电位、粒径和黏度的影响

Figure 4 Effect of homogenization times on Zeta potential, particle size and viscosity of barley grass beverage

2.3 均质压力对大麦苗饮料稳定性的影响

当均质压力为 30~50 MPa 时,饮料的 $\Delta$ BS 值基本为 0,且顶部(高度>40 mm)的 $\Delta$ BS 值与对照组相比在逐渐减小,说明饮料体系颗粒上浮现象得到改善;当均质压力>50 MPa,样品底部(0~8 mm) $\Delta$ BS 值逐渐变大(图 5),样品在测定过程中出现沉淀。由图 7 可知,均质压力显著影响产品粒径大小( $P<0.05$ )和体系黏度( $P<0.05$ ),所以在 70~110 MPa 均质压力范围内体系稳定性逐渐降低,可能是黏度的影响占主要因素。

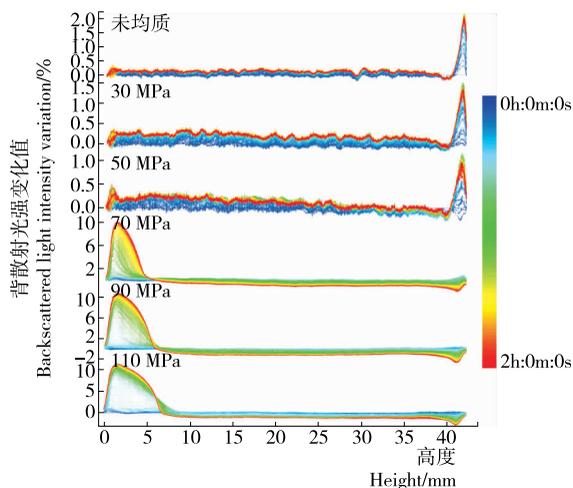


图 5 不同均质压力大麦苗饮料背散射光强度变化  
Figure 5 Variations of BS of barley grass beverage with different homogenous pressure

由图 6 可知,当均质压力为 30~50 MPa 时,样品 TSI 曲线变化趋势与对照组一致,整体 TSI 值都很小,均为 0.4;不同高度均具有很好的稳定性,50 °C 放置 2 h 后体系稳定且未出现沉淀和分层等不良现象。当均质压力>50 MPa 时,随着均质压力的增加 TSI 曲线呈 S 型变化,50 °C 放置 2 h 后底部出现沉淀。朱亚婧等<sup>[15]</sup>指出一定范围内提高均质压力能显著减小饮品中颗粒的直径,提高体系稳定性;若压力持续增加,离子表面积增大,自由能增加,颗粒容易聚集导致产品稳定性下降。因此选择合适的均质压力至关重要。与对照组相比,均质压力为 30~50 MPa 时[图 7(c)],饮料体系黏度显著减小( $P<0.05$ ),流动性适宜。

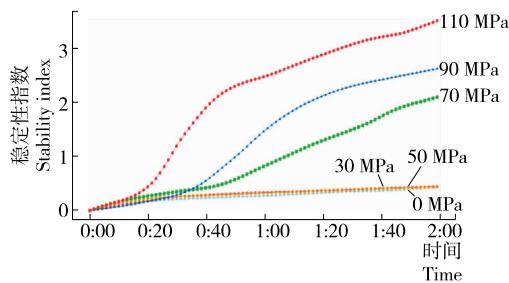
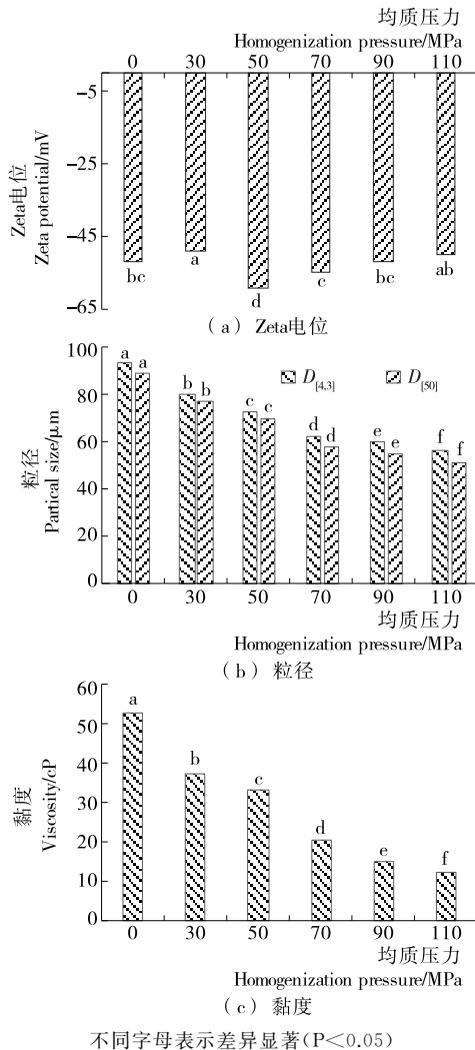


图 6 均质压力对大麦苗饮料稳定性的影响  
Figure 6 Effect of homogenization pressure on the stability of barley grass beverage

均质处理通过破碎体系中的大颗粒使蛋白质等带电荷成分暴露带电基团,并使饮料体系中各组成成分进行了重排<sup>[17]</sup>,使饮料体系更加均匀。当均质压力为 30~110 MPa 时,Zeta 电位绝对值呈先增大后减小的趋势,并在 50 MPa 时达到最大[图 7(a)]。这可能是压力超过 50 MPa 后,空穴、剪切和震荡作用剧烈,影响饮料中各组

分的结构,改变了悬浮颗粒表面的电荷和体系黏度<sup>[14]</sup>。从图 7(b)、(c)可以看出,随着均质压力的增加, $D_{[4,3]}$ 、 $D_{50}$ 及体系黏度都显著减小( $P<0.05$ ),其中  $D_{[4,3]}$  主要受大颗粒物质的影响,说明在均质过程中样品粒径变化主要源于大颗粒<sup>[15]</sup>。综合样品 TSI 和生产成本等角度,合适的均质压力为 30 MPa,此时饮料体系黏度为 37.22 cP 且具有很好的稳定性。



不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )  
图 7 均质压力对大麦苗饮料 Zeta 电位、粒径和黏度的影响

Figure 7 Effect of homogenization pressure on Zeta potential, particle size and viscosity of barley grass beverage

### 3 结论

(1) 混合使用 2 种或 2 种以上亲水胶体具有协同作用,能够达到更好的效果,因此在研究亲水胶体对大麦苗饮料稳定性时选择多种亲水胶体进行复配。正交试验表明,稳定剂对大麦苗饮料稳定性影响的主次顺序为:

CMC>魔芋胶>MCC>黄原胶>结冷胶,复合稳定剂最优组合为  $A_3B_1C_3D_4E_1$ ,即魔芋胶 0.11%、黄原胶 0.04%、CMC 0.20%、结冷胶 0.06%、MCC 0.10%。按照复合稳定剂配方添加制备的大麦苗饮料体系稳定,未发生沉淀或聚集等不良现象。

(2) 均质处理可以显著改变大麦苗饮料体系中黏度、Zeta 电位和粒径等物理性质。这些物理性质与大麦苗饮料稳定性有着密切的关系,并相互影响。本试验研究了均质压力和均质次数对大麦苗饮料稳定性指数、Zeta 电位、黏度和粒径的影响,确定了适宜的均质工艺,最终确定的均质条件为在 30 MPa 压力下均质 1 次。所得的大麦苗饮料黏度适宜,能长期保持均匀稳定的状态。

(3) 大麦苗饮料极易褐变而失去原有的良好色泽,尤其在大麦苗饮料加工过程中高温、高压等工艺会促进叶绿素的降解,造成饮料色泽的劣变。因此,在获得具有良好稳定性大麦苗饮料后,还需要进一步研究引起饮料色泽变化的原因,并可以从原料预处理、护色剂选择等方面寻找出高效、经济且对人体健康无害的护色方法。

### 参考文献

- [1] 段琼辉,李永,葛竹兴,等. 大麦苗粉营养成分分析及评价[J]. 现代中药研究与实践, 2014, 28(3): 55-57.
- [2] LAHOUAR L, EL-BOK S, ACHOUR L. Therapeutic potential of young green barley leaves in prevention and treatment of chronic diseases: an overview[J]. The American Journal of Chinese Medicine, 2015, 43(7): 1-19.
- [3] 熊爽,魏曼,石美芬. 杀菌条件和大麦苗粉用量对其含乳饮料的影响[J]. 饮料工业, 2017, 20(6): 22-26.
- [4] ZENG Ya-wen, PU Xiao-ying, YANG Jia-zhen, et al. Preventive and therapeutic role of functional ingredients of barley grass for chronic diseases in human beings[J]. Oxid Med Cell Longev, 2018(3): 1-15.
- [5] 张秋英,陈剑锋,庄宝华. 口服大麦苗粉对人体健康效应的观察[J]. 中国农学通报, 2009, 25(18): 106-109.
- [6] 李鹭,李平,王志才. 大麦苗粉的制粉工艺优化及护色工艺[J]. 农产品加工: 学刊, 2013(4): 38-41.
- [7] 陈雪荣. 大麦苗粉固体饮料及其制备方法: 中国, 106879902A[P]. 2017-06-23.
- [8] CAO Xiao-huang, ZHANG Min, QIAN He, et al. Physicochemical and nutraceutical properties of barley grass powder microencapsulated by spray drying[J]. Drying Technology, 2017, 35(11): 1 358-1 367.
- [9] 袁丁,余协川. 一种平卧菊三七复合制剂及制备方法及应用: 中国, 104366636A[P]. 2015-02-25.
- [10] 刘思琪,郭成宇. 均质工艺参数对全葡萄饮料稳定性的影响[J]. 现代食品科技, 2011, 27(3): 337-340.
- [11] 张佳艳,林欢,秦战军. 西番莲果汁饮料的研制及其稳定性研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(18): 62-66.

(下转第 236 页)

## 信息窗

## 美国修订啞蝓醚在鳄梨和豌豆等果蔬豆类中的残留限量

据美国联邦公报消息,2019年4月11日,美国环保署发布2019-07173号文件,拟修订啞蝓醚(fenazaquin)在鳄梨和豌豆等果蔬豆类中的残留限量。

美国环保署对啞蝓醚开展了风险评估,分别评估了毒性、饮食暴露量以及对婴幼儿的影响,最终认为按照以下限量使用是安全的。具体限量如下:

产品名称	残留限量/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	产品名称	残留限量/ (mg · kg <sup>-1</sup> )
杏仁,壳	4	啤酒花	30
鳄梨	0.15	树生坚果,组 14-12	0.02
矮生浆果(亚组 13-07G)	2	干去荚豌豆和豆类,大豆除外,亚组 6C	0.3
灌木浆果亚组 13-07B	0.8	去壳嫩豌豆和豆类,亚组 6B	0.03
蔓越莓亚组 13-07A	0.7	新鲜薄荷叶	10
柑橘类水果,组 10,除了葡萄柚	0.5	菠萝	0.2
柑橘类水果,组 10-10	0.4	新鲜留兰香叶	10
柑橘类水果,组 10-10,油	20	茶叶	9
仁果类水果,组 11-10	0.6	瓜类蔬菜 组 9	0.3
小型蔓生水果,13-07F 亚组,除猕猴桃	0.7	果类蔬菜,组 8-10	0.3
核果类水果,组 12-12	2	荚可食用的豆类蔬菜,亚组 6A	0.4
葡萄干	0.8		

据了解,该规定于2019年4月11日生效。异议和听证请求必须在2019年6月10日当天或之前提交。

(来源: <http://news.foodmate.net>)

(上接第 201 页)

- [12] 赵光远,段倩,常杨,等. 亲水胶体及均质对枣浊汁饮料稳定性的影响[J]. 食品与机械, 2013, 29(2): 18-21, 31.
- [13] 谢小瑜,陈奇,覃俊达. 发酵型红枣米乳饮料的稳定性的研究[J]. 轻工科技, 2018(10): 37-39.
- [14] CODINA-TORRELLA I, GUAMIS B, FERRAGUT V, et al. Potential application of ultra-high pressure homogenization in the physico-chemical stabilization of tiger nuts' milk beverage[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2017, 40: 42-51.

- [15] 倪洋,范柳萍,徐学碗. 酶解对白果浊汁稳定性及色泽的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(5): 183-187.
- [16] 朱亚婧,冯叙桥,汪丽萍,等. 谷物饮品稳定性的研究进展[J]. 粮油食品科技, 2013, 21(6): 18-21.
- [17] 谭新旺. 纯板栗饮料的研发[D]. 青岛: 青岛大学, 2016: 20-37.
- [18] BERNAT N, CHÁFER M, RODRÍGUEZ-GARCÍA J, et al. Effect of high pressure homogenisation and heat treatment on physical properties and stability of almond and hazelnut milks[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 62(1/2): 488-496.

(上接第 235 页)

- [63] 魏文挺,郑火青,胡福良. 蜂花粉过敏研究进展[J]. 中国蜂业, 2011, 62(7): 46-49.
- [64] MEDEIROS K C P, FIGUEIREDO C A V, FIGUEREDO T B, et al. Anti-allergic effect of bee pollen phenolic extract and myricetin in ovalbumin-sensitized mice[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2008, 119(1): 41-46.
- [65] 郑慧,陈希平,孔德凤,等. 无杂蜂花粉蜜茶饮料制备工艺[J]. 中国蜂业, 2016, 67(3): 44-47.

- [66] 龚蜜,苑晓雷,林晓兰. 蜂花粉纤维饼干的研制[J]. 中国农学通报, 2010, 26(24): 99-102.
- [67] PASCOAL A, RODRIGUES S, TEIXEIRA A, et al. Biological activities of commercial bee pollens: antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory[J]. Food & Chemical Toxicology, 2014, 63(1): 233-239.
- [68] DENISOW B, DENISOWPIETRZYK M. Biological and therapeutic properties of bee pollen: A review[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2016, 96(13): 4 303-4 309.