

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2023.03.010

张博凡, 赵文欣, 汪九江, 等. 不同辅料配比下黑玉米须水提液生物活性和抗氧化能力研究[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(3): 71-78.

ZHANG B F, ZHAO W X, WANG J J, et al. Assessment of bioactive and antioxidant capacities of water-extraction substances from black waxy corn silk with different ingredients with different mass ratios[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(3): 71-78.

# 不同辅料配比下黑糯玉米须水提液 生物活性和抗氧化能力研究

张博凡<sup>1</sup>, 赵文欣<sup>1,2</sup>, 汪九江<sup>1</sup>, 刘泽宇<sup>1</sup>, 田雅静<sup>1</sup>, 薛建福<sup>1</sup>✉

(1. 山西农业大学农学院/功能农业(食品)山西省重点实验室(筹), 山西 太谷 030801;  
2. 阿荣旗农业事业发展中心, 内蒙古 呼伦贝尔 162750)

**摘要:** 玉米须富含多种生物活性成分, 开发以玉米须为主、其他辅料为辅的茶饮产品对缓解高血压、高血脂、高血糖等有重要意义。梳理当前主要购物 APP 上玉米须茶饮产品的主要辅料成分, 并以黑糯玉米须为主材料, 与梳理得出的辅料分别进行搭配, 比较质量比在 1:2、1:1 和 2:1 条件下水提液中生物活性成分和抗氧化能力。结果表明, 8 款购物 APP 销售的 139 种玉米须茶饮产品中, 筛选出了桑叶、山楂、葛根等出现次数占总产品数比例超过 20% 的 13 种辅料。黑糯玉米须与大多辅料在质量比 2:1 条件下, 水提液中总多糖、总皂苷和总黄酮等生物活性成分含量均处于较高水平, 但抗氧化能力表现一般。采用隶属函数值法综合考虑生物活性成分和抗氧化能力得出, 黑糯玉米须分别与葛根、栀子、菊花、陈皮、苦荞在质量比 2:1 搭配下的综合效应最佳。综上, 1.5 g 黑糯玉米须与 0.75 g 葛根、栀子、菊花、陈皮、苦荞搭配可作为玉米须袋泡茶潜在的产品进行开发。

**关键词:** 黑糯玉米须; 水提液; 生物活性; 抗氧化能力; 袋泡茶

中图分类号: TS213.4; S-3 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2023)03-0071-08

## Assessment of Bioactive and Antioxidant Capacities of Water-extraction Substances from Black Waxy Corn Silk with Different Ingredients with Different Mass Ratios

ZHANG Bo-fan<sup>1</sup>, ZHAO Wen-xin<sup>1,2</sup>, WANG Jiu-jiang<sup>1</sup>, LIU Ze-yu<sup>1</sup>, TIAN Ya-jing<sup>1</sup>, XUE Jian-fu<sup>1</sup>✉

(1. College of Agriculture, Shanxi Agricultural University/Functional Agriculture (Food) Key  
Laboratory of Shanxi Province (in preparation), Taigu, Shanxi 030801, China;  
2. Arong Banner Agricultural Development Center, Hulunbuir, Inner Mongolia 162750, China)

**Abstract:** Corn silk is rich in a variety of biologically active ingredients. The development of tea products based on corn silk and supplemented by other auxiliary materials could be of great significance for alleviating high blood pressure, high blood fat, and high blood sugar. The main ingredients of corn silk tea

收稿日期: 2023-02-14

基金项目: 山西省高等学校大学生创新创业训练计划项目(20220156); 山西省重点研发计划重点项目(201703D211001)

Supported by: College Students' Innovation and Entrepreneurship Training Program in Shanxi Province (No. 20220156); Key Research and Development Project in Shanxi Province (No. 201703D211001)

作者简介: 张博凡, 男, 2002 年出生, 在读本科生, 研究方向为功能玉米生产与开发利用方面。E-mail: junzyao@163.com.

通讯作者: 薛建福, 男, 1986 年出生, 博士, 副教授, 研究方向为功能玉米生产与开发利用方面。E-mail: fudange95@163.com.

products on dominating online shopping APPs were sorted out in current study. Then, in order to assess the bioactive substances and antioxidant capacities in the water-extraction of corn silk tea products, an experiment was carried out with corn silk as the main material and other ingredients as supplements under different mass ratios with 1 : 2, 1 : 1, and 2 : 1. The results showed that thirteen ingredients were sorted out by analyzing 139 kinds of corn silk tea products sourced from 8 shopping APPs, occurrence times of which were more than 20% of total products number, such as mulberry leaves, hawthorn and pueraria. Under the mass ratio of black corn silk to most ingredients with 2 : 1, the contents of total polysaccharides, total saponins and total flavonoids in the water-extraction were higher, but the antioxidant capacity did not show an advantage. The integrated effects of bioactive substances and antioxidant capacities were assessed by subordinate function value method, and it was concluded that corn silk with pueraria, gardenia, chrysanthemum, pericarpium citri reticulatae and tartary buckwheat had better comprehensive effect under the mass ratio of 2 : 1. Therefore, 1.5 g corn silk with 0.75 g pueraria, gardenia, chrysanthemum, pericarpium citri reticulatae and tartary buckwheat could be used as potential products for corn silk tea.

**Key words:** black corn silk; water-extraction; biological substances; antioxidant capacity; teabags

玉米须富含黄酮、多糖、皂苷等生物活性成分,具有较强的抗氧化能力,在降血压<sup>[1]</sup>、降血糖<sup>[2]</sup>、降血脂<sup>[3]</sup>、抑菌<sup>[4]</sup>、抗氧化、增强免疫力<sup>[5]</sup>和利尿排石<sup>[6]</sup>等方面有重要作用。然而,在玉米收获后,玉米须通常被丢弃在田间地头,资源浪费极其严重。近年来,鲜食玉米越来越受公众青睐,而在其采收后加工过程中,会产生大量的玉米须。相比较普通玉米来说,鲜食玉米加工过程中产生的玉米须更容易收集,但仍然被丢弃,其价值未被充分挖掘。为提升玉米须资源的附加价值,当前已有部分学者逐渐以玉米须为材料研发茶饮产品<sup>[7]</sup>,如以玉米须与牛蒡根作为原料开发植物饮料<sup>[8]</sup>,以玉米须、桂花和木糖醇<sup>[9]</sup>、玉米须和山楂<sup>[10]</sup>、玉米须和苹果为原料研发保健饮料<sup>[11]</sup>,这些产品具有清爽润滑、口感柔和等特点<sup>[12]</sup>。袋泡茶是主要的玉米须茶饮产品之一,其不仅有着简便快捷、口感丰富等特点,还能够使玉米须水提液生物活性成分充分浸出,有利于人体健康,在功能食品开发方面有重要的价值<sup>[13]</sup>。然而当前市场上的玉米须产品较为杂乱,缺乏科学基础,科学研究玉米须茶饮产品对助推健康中国战略有重要意义。

目前,已有部分学者开展关于玉米须提取物生物活性和抗氧化能力的相关研究。刘玮等<sup>[14]</sup>以玉米须为原料,以大麦、甜叶菊和绿茶为辅料进行搭配研究得出,在最佳冲泡条件下,玉米须大

麦茶浸泡液的多糖含量为 99 mg,多糖浸泡得率约 70%。瞿颖等<sup>[15]</sup>开发了以玉米须和绿茶为主要原料,以甘草、山楂和荷叶为辅料的玉米须保健袋泡茶,其总黄酮含量较高,且具有良好的抗氧化能力。郭彩霞等<sup>[16]</sup>以玉米须、荷叶为原料,茉莉花茶、木糖醇为辅料,研发出了降血脂血糖的玉米须荷叶花茶饮品,通过感官评定得出玉米须提取液:荷叶提取液:花茶提取液:木糖醇的最佳配比为 3 : 2 : 1 : 3。分析发现,大多研究中主要以普通玉米须为原料进行茶饮产品的研发,以鲜食玉米须为原料的研究很少;此外,不同研究中选择的搭配辅料种类繁多,选择的随机性较大。

本研究通过调研唯品会等常用购物 APP 中玉米须茶饮产品信息,得出当前玉米须茶饮产品中主要原料信息。并基于调研结果,选取出现次数超过 20%的辅料,将其与黑玉米须分别搭配,研究水提液中生物活性成分与抗氧化能力的差异,并通过隶属度综合分析,筛选出与黑玉米须最佳搭配的辅料,为玉米须茶饮产品的开发与推进健康中国提供一定的依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

本研究首先基于线上调研的方式,以“玉米须”或“玉米须茶”为关键词进行搜索,查找收集唯品会、淘宝网、京东、拼多多、苏宁易购、

抖音、天猫和小红书等 8 款常用购物 APP 中玉米须茶饮产品信息, 汇总梳理得到各产品中玉米须茶饮的原料信息, 并筛选出在玉米须茶饮产品中出现次数较多的辅料。根据结果, 本研究搜集到 139 个玉米须茶饮产品, 通过对每种产品的原料进行整理分析, 得到了各个配方原料的出现次数及其占总产品数比例(图 1)。分析得到除玉米须外出现次数占总产品数的比例超过 20% 的辅料有 13 种, 依次分别为桑叶、决明子、山楂、葛根、栀子、牛蒡根、荷叶、菊花、蒲公英、苦荞、大麦、橘皮和青钱柳叶。以上辅料从当地仁和药店进行购买, 由于未购买到牛蒡根、大麦和青钱柳叶这 3 种辅料, 本研究中仅对其余 10 种辅料与玉米须混合后的袋泡茶开展生物活性成分及抗氧化性效应的相关研究。

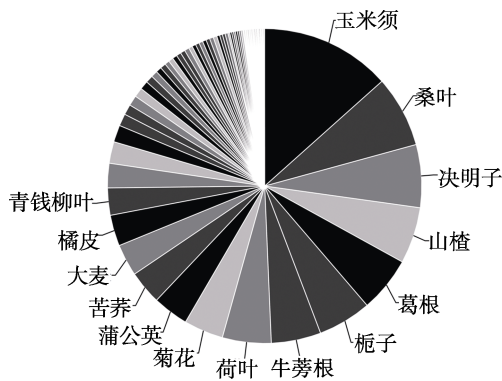


图 1 玉米须茶饮产品不同原料出现次数的比例  
 Fig.1 Percentage of occurrence times of different raw materials from tea products of corn silk

## 1.2 实验设计

本实验采用二因素随机区组设计进行, 因素一为辅料类型, 包括桑叶、决明子、山楂、葛根、栀子、荷叶、菊花、蒲公英、苦荞、橘皮等 10 种辅料; 因素二为玉米须与辅料的质量配比, 包括 1:2、1:1 和 2:1 三种配比, 重复 3 次。玉米须采收自 2021 年山西省晋中市太谷区山西农业大学农谷孟家庄基地种植的黑糯 20, 晾干后粉碎过筛备用。将辅料粉碎后过 70 目筛, 置于自封袋中备用。

本实验采用团队前期优化的玉米须水提法进行泡茶研究, 即称取 1.5 g 玉米须粉末, 在 85 °C 下冲泡 25 min 后, 研究玉米须与不同辅料在不同

质量比条件下袋泡茶水提液中生物活性成分及抗氧化能力。本研究中玉米须粉质量统一称量 1.500 0(±0.000 2) g, 按照质量配比 1:2、1:1 和 2:1 称量其他辅料, 并将称量好的玉米须及辅料物质封装于玉米纤维茶包袋内待用。用 85 °C 的 150 mL 水冲泡 25 min 后, 对玉米须与各辅料的水提液生物活性成分、抗氧化能力进行测定, 通过计算隶属函数选出最优玉米须袋泡茶配方。

## 1.3 测定项目与方法

### 1.3.1 总黄酮含量测定

参考陈雅妮等测量方法<sup>[17]</sup>。吸取 2 mL 水提液, 置于 10 mL 容量瓶中定容。从中吸取 1 mL 溶液置于 25 mL 容量瓶中, 添加 20 mL 0.1 mol/L AlCl<sub>3</sub>-甲醇溶液, 定容至刻度, 摇匀静置 10 min 后在 400 nm 处测定光密度。根据标准曲线计算得到水提液的总黄酮含量。

### 1.3.2 皂苷含量测定

参考高娅等测量方法<sup>[18]</sup>。吸取 1 mL 水提液, 置于 25 mL 容量瓶中定容。从中取 1 mL 溶液, 置于 20 mL 刻度试管中, 随后加入 1 mL 浓硫酸混匀, 再置于 70 °C 水浴锅加热 15 min, 取出后用流水冷却。此后加入 4.0 mL 乙酸乙酯, 混匀后在 367 nm 处测定光密度。根据标准曲线计算总皂苷含量。

### 1.3.3 多糖含量测定

参考刘娟等方法<sup>[19]</sup>。吸取 1 mL 水提液, 置于 50 mL 容量瓶中定容。从中取 1 mL 溶液置于 20 mL 刻度试管, 加入 1 mL 蒸馏水、1 mL 5% 苯酚, 摇匀后加入 5 mL 浓硫酸, 混匀后置于 40 °C 水浴锅中加热 15 min, 流水冷却 15 min, 降至室温后, 在 490 nm 处测定光密度。根据标准曲线计算总多糖含量。

### 1.3.4 DPPH 自由基清除率测定

参考方敏等的测量方法<sup>[20]</sup>。分别吸取 2 mL 水提液和 0.2 mmol/L DPPH-乙醇溶液、2 mL 水提液和无水乙醇、2 mL 0.2 mmol/L DPPH-乙醇溶液和无水乙醇于三支试管。摇匀各支试管溶液, 置于暗处孵育 30 min 后, 分别在 517 nm 处测定光密度, 计算得出 DPPH 自由基清除率。

### 1.3.5 羟自由基清除率测定

参考任顺成等测量方法<sup>[21]</sup>。吸取 2 mL 水提液、0.5 mL 6 mmol/L FeSO<sub>4</sub> 溶液、2 mL 1.5 mmol/L 水杨酸-乙醇溶液和 0.5 mL 0.1% 过氧化氢溶液于试管 1 中, 同时吸取 2 mL 水提液、0.5 mL 6 mmol/L FeSO<sub>4</sub>、2 mL 1.5 mmol/L 水杨酸-乙醇溶液和 0.5 mL 蒸馏水于试管 2 中, 吸取 0.5 mL 6 mmol/L FeSO<sub>4</sub>、2 mL 1.5 mmol/L 水杨酸-乙醇溶液、0.5 mL 0.1% 过氧化氢溶液于试管 3 中, 各自混匀后在 37 °C 条件下避光反应 15 min, 在 510 nm 测定光密度。计算得出羟自由基清除率。

### 1.3.6 超氧阴离子自由基清除率测定

参考任顺成等测量方法<sup>[21]</sup>。每个样品安排 3 支试管, 分别加入 4.5 mL pH=8.2 的 0.05 mol/L Tris-HCl 缓冲液, 其中试管 1 加入 4.5 mL 蒸馏水, 作为参比溶液; 试管 2 加入 4.2 mL 蒸馏水; 试管 3 加入 3.7 mL 水提液。将试管 2 和 3 置于 25 °C 水浴保温 20 min 后, 分别加入 0.3 mL 3 mmol/L 邻苯三酚溶液(25 °C 保温), 快速摇匀, 在 325 nm 下进行比色, 每隔 30 s 记录光密度, 连续测定 10 次。计算得出超氧阴离子自由基清除率。

### 1.3.7 还原力测定

参考任顺成等测量方法<sup>[21]</sup>。分别吸取 1 mL 水提取液、2.5 mL 0.2 mol/L H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (pH=6.6) 和浓度 1% 的 K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> 溶液于 10 mL 离心管中混匀, 置于 50 °C 水浴锅中加热 20 min, 流水冷却, 加入 2.5 mL 浓度为 10% 的 CCl<sub>3</sub>COOH 溶液, 混匀后, 以 3 000 r/min 离心 10 min, 分别取 2.5 mL 上清液、蒸馏水及 0.5 mL 浓度为 0.1% 的 FeCl<sub>3</sub>。静置 10 min 后在 700 nm 下进行比色, 测定的光密度(不用避光)大小即表示还原力的强弱。

## 1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2016 对数据进行初步整理, 采用 SPSS 25.0 进行方差分析、多重比较和相关分析, 其中多重比较采用 Duncan 检验法。采用 Origin 2021 进行绘图。采用隶属函数法<sup>[22]</sup>, 根据公式(1)和(2)计算不同处理下水提液各指标的隶属度值, 将各指标隶属度值求均值进行排序, 综合评价水提液生物活性和抗氧化能力。

$$X_{(u)} = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (1)$$

$$X_{(u)} = 1 - (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (2)$$

式中,  $X_{(u)}$  为各处理下某指标的隶属度值,  $U_{(u)} \in [0, 1]$ ,  $X$  为各处理下某一指标的测定值,  $X_{\min}$  和  $X_{\max}$  分别为某指标不同处理下的最小值和最大值。公式(1)为正相关指标隶属函数值的计算公式, 公式(2)为负相关指标隶属函数值的计算公式。

## 2 结果与分析

### 2.1 水提液生物活性成分

随着辅料质量的减少, 袋泡茶水提液中总皂苷、总黄酮和总多糖含量呈逐渐增加的趋势(除搭配蒲公英和山楂外), 均表现为质量比 1:2 < 1:1 < 2:1 (图 2)。与质量比 1:2 和 1:1 条件下相比, 黑玉米须与其他辅料(除搭配蒲公英外)在质量比 2:1 条件下的水提液总皂苷含量分别显著提高了 106.3%~305.1% 和 28.0%~175.0% (图 2A), 总黄酮含量分别显著提高了 96.3%~273.8% 和 35.6%~144.1% (图 2B); 此外, 除搭配桑叶外, 质量比 2:1 较 1:1 条件下黑玉米须与其他辅料水提液中总皂苷和总黄酮含量显著提高了 60.8%~144.5% 和 44.8%~134.4%。除搭配山楂、栀子、蒲公英和陈皮外, 黑玉米须与其他辅料在质量比 2:1 条件下, 水提液中总多糖含量显著高于其他质量比, 其中黑玉米须与葛根 2:1 搭配下的总多糖含量最高, 较其他处理显著提高了 29.3%~737.8% (图 2C)。总体来看, 黑玉米须搭配桑叶等大多数辅料在 2:1 质量比条件下水提液中总黄酮、总皂苷和总多糖含量等生物活性成分较高。

### 2.2 水提液抗氧化能力

总体上看, 黑玉米须搭配荷叶的水提液中羟自由基清除率和超氧阴离子自由基清除率远低于搭配其他辅料, 搭配桑叶的水提液中 DPPH 自由基清除率和还原力较低。在质量比 2:1 条件下, 黑玉米须搭配葛根、荷叶和苦荞的水提液中羟自由基清除率较质量比 1:2 显著提高, 搭配桑叶、山楂、蒲公英和陈皮则较质量比 1:2 显著降低了 43.24%~59.46% (图 3A)。黑玉米须与桑叶、山楂、葛根、菊花和陈皮在质量比 2:1 条件下, 水

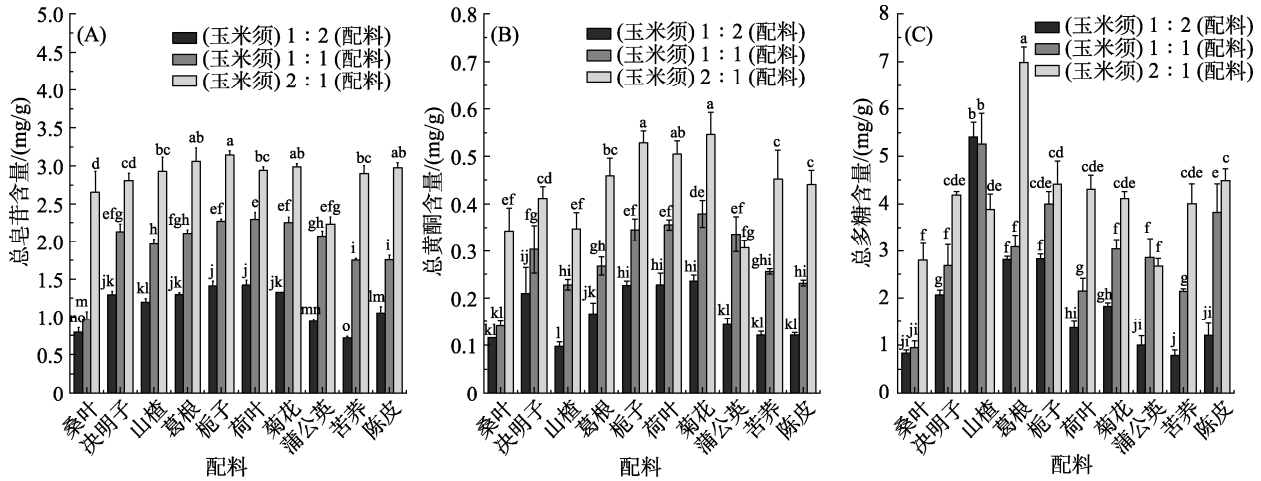


图 2 玉米须与不同质量比辅料搭配的水提液生物活性成分

Fig. 2 Bioactive Substances of water-extraction from corn silk of black waxy corn with different ingredients

提液 DPPH 自由基清除率较质量比 1 : 2 分别显著提高了 3.05%~8.62% (图 3B)。在质量比 2 : 1 条件下, 黑玉米须搭配桑叶、葛根、苦荞的水提液中超氧阴离子自由基清除率较质量比 1 : 1 显著提高了 42.38%~57.89%, 但搭配菊花和蒲公英则较质量比 1 : 1 显著降低了 23.81%~25.89% (图 3C)。在质量比 2 : 1 条件下, 黑玉米须搭配桑叶、决明

子、葛根、栀子、苦荞和陈皮的水提液还原力较质量比 1 : 2 分别显著提高了 17.21%~100.04%, 而搭配菊花和蒲公英则较质量比 1 : 1 分别显著降低了 18.70%~28.27% (图 3D)。

从以上结果可以看出, 黑玉米须搭配不同质量比辅料的水提液中羟自由基清除率、DPPH 自由基清除率、超氧阴离子自由基清除率和还原力

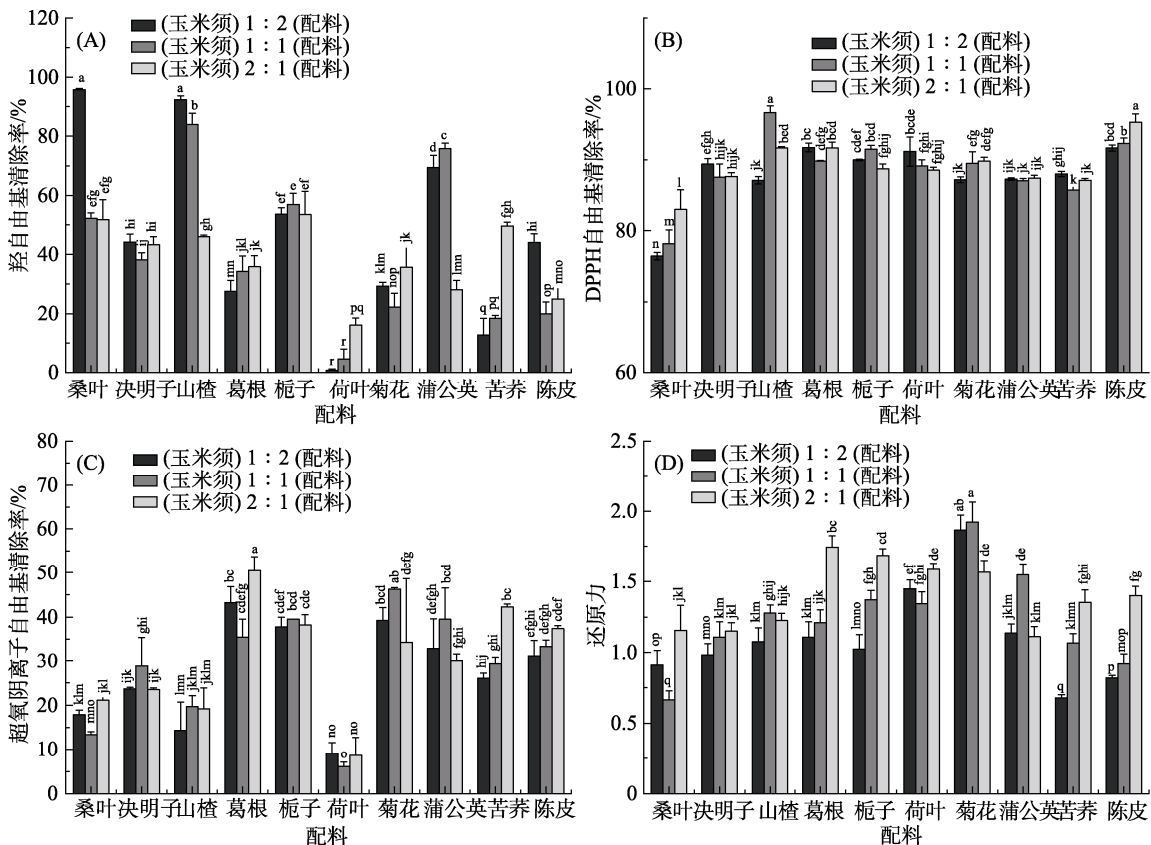


图 3 玉米须与不同质量比辅料搭配的袋泡茶水提液抗氧化能力

Fig. 3 Antioxidant capacities of water-extraction from corn silk of black waxy corn with different ingredients

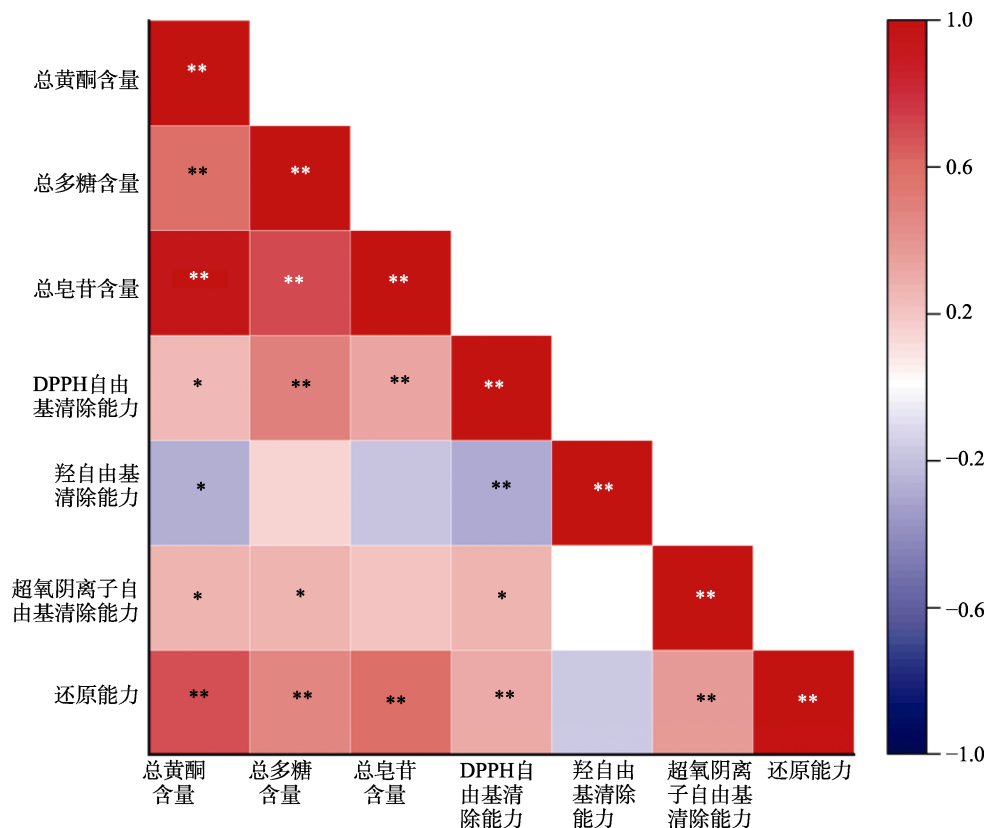
差异较大(图 3),这可能由于不同辅料水提液中自身的抗氧化能力有所差异,下一步我们将分别设置单独黑玉米须或辅料的水提液,与搭配水提液的抗氧化能力进行比较。本研究中随着部分辅料质量的增加,水提液中抗氧化指标有所降低,这可能由于部分辅料中的某些成分对黑玉米须水提液的抗氧化物质成分有一定的抑制或分解作用。

目前,关于玉米须与辅料搭配的研究较多,但关于两者质量的配比研究鲜有报道。为了初步明确黑玉米须与辅料搭配的质量比,本研究黑玉米须与辅料的质量比设置了 1:2、1:1 和 2:1 三个水平,以初步评价不同质量比下水提液的生物活性成分和抗氧化能力,本研究结果能够为进一步优化质量比提供参考。然而本研究并未对其他质量比下水提液生物活性成分和抗氧化能力进行研究,也未与单一黑玉米须或辅料进行比较。在以后的研究中,我们将首先研究单一黑玉米须和单一辅料水提液中生物活性成分和抗氧化能

力,在此基础上,筛选效果好的辅料再进一步增加玉米须与不同辅料的质量比,评价黑玉米须茶饮的生物活性成分和抗氧化能力指标的变化。此外,当前研究仅分析了玉米须与其他辅料进行单一搭配,而当前调研的玉米须茶饮产品中,几乎都是多种物质的复合搭配产品,在未来的研究中,将进一步分析黑玉米须与多种辅料搭配下的生物活性成分和抗氧化能力。本研究中玉米须采收于黑糯玉米,其水提液中的生物活性成分和抗氧化能力与其他类型玉米须可能有较大差异,在以后研究中也将对对此进行深入分析,为玉米须茶饮产品的深度开发和推进健康中国建设提供一定的参考。

### 2.3 玉米须袋泡茶水提液综合评价

相关分析得出(图 4),玉米须袋泡茶水提液总黄酮含量与总多糖含量、总皂苷含量和还原力呈极显著正相关,与 DPPH 自由基清除率和超氧阴离子自由基清除率呈显著正相关,与羟自由基清除率呈显著负相关。水提液总多糖含量与总皂苷含量、DPPH 自由基清除率和还原力呈极显著



注: \*表示相关性在  $P < 0.05$  水平, \*\*表示相关性在  $P < 0.01$  水平。

Note: \* indicate the correlation at  $P < 0.05$  level, \*\* indicate the correlation at  $P < 0.01$  level.

图 4 玉米须袋泡茶生物活性成分与抗氧化能力相关性分析

Fig. 4 Correlation analysis between bioactive Substances and antioxidant capacities of water-extraction from corn silk of black waxy corn with different ingredients

正相关, 与超氧阴离子自由基清除率呈显著正相关。水提液总皂苷含量与 DPPH 自由基清除率和还原力呈极显著正相关。水提液 DPPH 自由基清除率与超氧阴离子自由基清除率呈显著正相关, 与羟自由基清除率呈极显著负相关。

通过对黑玉米须与不同质量比辅料搭配下袋

泡茶水提液生物活性成分和抗氧化能力各指标进行隶属度分析得出(表 1), 玉米须与葛根在质量比 2 : 1 条件下隶属度值最高, 为 0.826; 与栀子、菊花、陈皮、苦荞搭配在质量比 2 : 1 条件下次之, 隶属度值在 0.650~0.750 之间。因此 1.5 g 玉米须搭配 0.75 g 以上辅料可发挥出较好的功能效果。

表 1 不同配比及辅料下玉米须袋泡茶水提液生物活性成分、抗氧化能力及综合分析的隶属函数值  
 Table 1 The bioactive ingredients, antioxidant capacity and comprehensive analysis of the bioactive ingredients, antioxidant capacity and comprehensive analysis of corn silk bags under different ratios and ingredients

处理		生物活性成分隶属度值			抗氧化能力隶属度值				综合分析	
辅料	质量比	总黄酮	总多糖	总皂苷	DPPH 自由基清除率	羟自由基清除率	超氧阴离子自由基清除率	还原力	隶属度值	排序
桑叶	1 : 2	0.039	0.009	0.033	0.000	1.000	0.265	0.194	0.220	28
	1 : 1	0.095	0.026	0.103	0.086	0.541	0.164	0.000	0.145	30
	2 : 1	0.546	0.325	0.800	0.325	0.536	0.339	0.391	0.466	14
绝明子	1 : 2	0.249	0.206	0.237	0.638	0.457	0.397	0.254	0.348	25
	1 : 1	0.458	0.306	0.585	0.548	0.393	0.513	0.353	0.451	16
	2 : 1	0.727	0.548	0.862	0.553	0.447	0.392	0.387	0.560	12
山楂	1 : 2	0.000	0.746	0.197	0.527	0.964	0.185	0.328	0.421	21
	1 : 1	0.290	0.722	0.516	1.000	0.876	0.307	0.488	0.600	8
	2 : 1	0.557	0.500	0.912	0.751	0.477	0.296	0.447	0.563	10
葛根	1 : 2	0.153	0.328	0.240	0.756	0.281	0.836	0.354	0.421	20
	1 : 1	0.379	0.372	0.576	0.660	0.352	0.661	0.433	0.490	13
	2 : 1	0.839	1.000	0.965	0.750	0.369	1.000	0.858	0.826	1
玉米须	1 : 2	0.288	0.330	0.287	0.668	0.557	0.714	0.288	0.447	17
	1 : 1	0.552	0.518	0.641	0.742	0.591	0.751	0.562	0.622	7
	2 : 1	0.962	0.586	1.000	0.608	0.555	0.725	0.811	0.749	2
荷叶	1 : 2	0.289	0.094	0.292	0.727	0.000	0.069	0.624	0.299	27
	1 : 1	0.574	0.221	0.651	0.628	0.040	0.000	0.539	0.379	22
	2 : 1	0.907	0.568	0.916	0.597	0.161	0.058	0.731	0.563	11
菊花	1 : 2	0.308	0.168	0.252	0.530	0.300	0.746	0.954	0.465	15
	1 : 1	0.628	0.364	0.634	0.646	0.226	0.905	1.000	0.629	6
	2 : 1	1.000	0.537	0.937	0.661	0.368	0.635	0.715	0.693	3
蒲公英	1 : 2	0.101	0.036	0.092	0.537	0.722	0.603	0.377	0.353	24
	1 : 1	0.531	0.335	0.561	0.523	0.790	0.751	0.701	0.599	9
	2 : 1	0.466	0.305	0.626	0.541	0.288	0.540	0.355	0.446	18
苦荞	1 : 2	0.052	0.000	0.000	0.572	0.126	0.450	0.012	0.173	29
	1 : 1	0.353	0.219	0.426	0.460	0.186	0.524	0.320	0.355	23
	2 : 1	0.791	0.519	0.899	0.526	0.514	0.815	0.548	0.659	5
陈皮	1 : 2	0.053	0.068	0.139	0.750	0.456	0.566	0.124	0.308	26
	1 : 1	0.298	0.489	0.430	0.783	0.203	0.614	0.202	0.431	19
	2 : 1	0.766	0.598	0.933	0.930	0.255	0.704	0.585	0.682	4

### 3 结论

通过搜集当前主流购物 APP 中玉米须产品的原料信息, 梳理出桑叶、决明子、山楂等 13 种辅

料。基于此, 以黑玉米须为主, 搭配梳理得出的辅料, 并研究不同质量比下水提液的生物活性成分和抗氧化能力, 经隶属度分析得出, 1.5 g 玉米须搭配 0.75 g 葛根、栀子、菊花、陈皮、苦荞下

的水提液生物活性成分和抗氧化能力综合效应最佳,可作为玉米须袋泡茶产品的配方。

### 参考文献:

- [1] 严仲恺, 丁立起. 《中华食疗本草》[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2018: 144.  
YANG Z K, DING L Q. Chinese Diet Herb[M]. Beijing: China Press of Traditional Chinese Medicine, 2018: 114.
- [2] GUO J, LIU T, HAN L, et al. The effects of corn silk on glycaemic metabolism[J]. Nutrition and Metabolism, 2009, 6(1): 1-6.
- [3] NEUCERE, JOSEPH N. Inhibition of aspergillus flavus growth by silk extracts of resistant and susceptible corn[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1996, 44(8): 1982-1983.
- [4] HIDAYAH N, NISAK R. The effect of corn silk tea on blood glucose level in patients with type 2 diabetes mellitus[C]. The 4th International Conference on Public Health, 2018.
- [5] CHOI D J, KIM S L, CHOI J W, et al. Neuroprotective effects of corn silk maysin via inhibition of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced apoptotic cell death in SK-N-MC cells[J]. Life Sciences, 2014, 109(1): 57-64.
- [6] OYABAMBI A O, AREOLA E D, OLATUNJI L A, et al. Uric acid is a key player in salt-induced endothelial dysfunction: the therapeutic role of *Stigma maydis* (corn silk) extract[J]. Applied Physiology Nutrition and Metabolism, 2019, 45(1): 67-71.
- [7] 姚连谋, 张怡, 乔勇进. 玉米须采收处理技术及产品开发前景[J]. 保鲜与加工, 2021, 21(3): 146-150.  
YAO L M, ZHANG Y, QIAO Y J. Post-harvest treatment technology and product development prospect of corn silk[J]. Storage and Process, 2021, 21(3): 146-150.
- [8] 芮怀瑾, 刘郁, 白云, 等. 玉米须牛蒡复合饮料的工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(21): 129-136.  
RUI H J, LIU Y, BAI Y, et al. Process research of corn silk and burdock compound beverage[J]. Food Research And Development, 2020, 41(21): 129-136.
- [9] 王勇, 李层, 韩益, 等. 桂花玉米须木糖醇复合保健饮料的研究[J]. 中州大学学报, 2022, 39(5): 119-123.  
WANG Y, LI C, HAN Y, et al. Study on xylitol compound health care beverage of sweet-scented osmanthus corn stigma[J]. Journal of Zhongzhou University, 2022, 39(5): 119-123.
- [10] 常惟智, 仇明月, 吴鑫宇, 等. 山楂玉米须复合保健饮料的研制[J]. 中国中医药现代远程教育, 2021, 19(1): 160-163.  
CHANG W Z, CHOU M Y, WU X Y, et al. Development of compound health drink with haw thorn and corn silk[J]. Chinese Medicine Modern Distance Education of China, 2021, 19(1): 160-163.
- [11] 段晋娇, 黄琼. 玉米须苹果复合保健饮料配方的研制[J]. 粮食与食品工业, 2022, 29(6): 20-23.  
DUAN L X, HUANG Q. Study on the formula of corn silk and apple compound health drink[J]. Cereal and Food Industry, 2022, 29(6): 20-23.
- [12] 田海苹, 周鸿立, 李兵. 玉米须口服液的研制及其抗疲劳功能评价[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(5): 106-110.  
TIAN H P, ZHOU H L, LI B. Preparation and evaluation of anti-fatigue function of oral liquid from corn silk[J]. Food Research And Development, 2019, 40(5): 106-110.
- [13] KAUR P, SINGH J, KAUR M, et al. Corn silk as an agricultural waste: a comprehensive review on its nutritional composition and bioactive potential[J]. Waste Biomass Valor, 2022, 1-20.
- [14] 刘玮, 苑国婵, 李佳梅, 等. 玉米须大麦茶的研制[J]. 粮食与食品工业, 2013, 20(3): 45-48.  
LIU W, YUAN G C, LI J M, et al. Development of corn silk barley tea[J]. Cereal and Food Industry, 2013, 20(3): 45-48.
- [15] 瞿颖, 蒋立勤, 李喜, 等. 玉米须保健袋泡茶的研制[J]. 现代食品科技, 2011, 27(7): 831-834.  
QU Y, JIANG L Q, LI X, et al. Development of a stigma maydis sanitarian tea bag[J]. Modern Food Science and Technology, 2011, 27(7): 831-834.
- [16] 郭彩霞, 刘晓飞, 罗岭慧. 玉米须荷叶花茶降血脂血糖饮品的研制[J]. 食品安全导刊, 2019(27): 104-105+111.  
GUO C X, LIU X F, LUO L H. Development of reducing blood lipid and blood glucose drink with corn whisker and lotus leaf flower tea[J]. China Food Safety Magazine, 2019(27): 104-105+111.
- [17] 陈雅妮, 任顺成. 玉米须降血糖有效成分的筛选[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2018, 39(4): 53-58.  
CHEN Y N, REN S C. Screening of effective ingredients for lowering blood glucose in corn whisker[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2018, 39(4): 53-58.
- [18] 高娅, 苏力坦·阿巴白克力, 古兰班·阿布都米吉提. 玉米须总皂苷的提取工艺研究[J]. 新疆大学学报(自然科学版), 2011, 28(4): 482-486.  
GAO Y, SULTAN A, GULANBANER A. Study on extraction process of total saponins from cornsilk[J]. Journal of Xinjiang University(Natural Science Edition), 2011, 28(4): 482-486.
- [19] 刘娟, 张晶. 超声波法提取玉米须多糖的工艺研究[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版), 2007, 25(5): 707-709.  
LIU J, ZHANG J. Study on ultrasonic extraction process of polysaccharide in corn silk[J]. Journal of Jiamusi University (Natural Science Edition), 2007, 25(5): 707-709.
- [20] 方敏, 官智勇, 王耀峰. 玉米须乙醇提取物体外抗氧化活性研究[J]. 中国食物与营养, 2008(4): 45-47.  
FANG M, GONG Z Y, WANG Y F. Study on antioxidant activity of ethanol extract from corn whisker in vitro[J]. Food and Nutrition in China, 2008(4): 45-47.
- [21] 任顺成, 陈雅妮. 玉米须黄酮分级萃取及其抗氧化活性研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2014, 35(2): 16-20.  
REN S C, CHEN Y N. Fractional extraction and antioxidant activities of flavonoids from corn silk[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2014, 35(2): 16-20.
- [22] 陈德明, 俞仁培, 杨劲松. 盐渍条件下小麦抗盐性的隶属函数法评价[J]. 土壤学报, 2002(3): 368-374.  
CHEN D M, YU R P, YANG J S. Evaluation of salt resistance of wheat with subordinate function value method[J]. Acta Pedologica Sinica, 2002(3): 368-374. ☉