

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.05.007

茶多酚对黑色冲调粉抗氧化及淀粉消化特性的影响

Effect of tea polyphenols on antioxidation and starch digestion characteristics of black powder

刘欣^{1,2} 何新益^{1,2,3} 王洪滨⁴

LIU Xin^{1,2} HE Xin-yi^{1,2,3} Wang Hong-bin⁴

黄宗海^{1,2,3} 刘晓东^{1,2,3} 甄润英^{1,2,3}

HUANG Zong-hai^{1,2,3} LIU Xiao-dong^{1,2,3} ZHEN Run-ying^{1,2,3}

(1. 天津农学院食品科学与生物工程学院, 天津 300384; 2. 天津农副产品深加工技术工程中心, 天津 300384; 3. 天津农副产品加工科教兴农集成创新示范基地, 天津 300384; 4. 天津市鸿禄食品有限公司, 天津 300384)

(1. The College of Food science and biotechnology of Tianjin Agriculture University, Tianjin 300384, China; 2. Tianjin Engineering and Technology Research Center of Agricultural Products Processing, Tianjin 300384, China; 3. Tianjin Agricultural Products Processing Science and Education Integrated Innovation Demonstration Base, Tianjin 300384, China; 4. Tianjin Honglu Food Co., Ltd, Tianjin 300384, China)

摘要:通过 DPPH 自由基清除率、总抗氧化、总还原力、淀粉水解曲线探讨茶多酚对黑色冲调粉抗氧化和消化特性的影响及其变化。研究表明:茶多酚的添加使黑色冲调粉的指标发生显著性变化($P < 0.05$),增强了 DPPH 自由基清除能力、总还原力、总抗氧化,降低了淀粉水解率。当茶多酚添加量为 0.040% 时,黑色冲调粉的 DPPH 自由基清除能力、总还原力的吸光度和总抗氧化能力分别增加了 4.6%, 0.58, 8.83 U/g, 黑色冲调粉的淀粉水解率下降了 24.98%。

关键词:茶多酚;黑色冲调粉;抗氧化;淀粉消化特性

Abstract: The effects of different tea polyphenols on the antioxidant and digestive properties of black powder were studied. Taking the DPPH scavenging free radical rate, total reducing power, starch hydrolysis curve as the indicators, discussed the effect of tea polyphenols on the antioxidant and digestive properties of black powder. Research indicates: the addition of tea poly-

基金项目:天津市科技计划项目(编号:17YFNZNC00070);天津市武清区科技发展计划项目(编号:WQKJ201720);天津农学院研究生培养质量提升项目(编号:2017YPY022)。

作者简介:刘欣,女,天津农学院在读硕士研究生。

通信作者:何新益(1974—),男,天津农学院教授,博士。

E-mail: hedevid@163.com。

收稿日期:2019-01-07

phenols significantly changed the index of black powder ($P < 0.05$), enhanced DPPH free radical scavenging ability, total reducing power, total antioxidant, reduced starch hydrolysis rate. When the amount of tea polyphenols added is 0.040%, the DPPH free radical scavenging ability, total reducing power absorbance and total antioxidant ability of black powdered powder increased by 4.6%, 0.58, 8.83 U/g, respectively. The starch hydrolysis rate of black powder was reduced by 24.98%.

Keywords: tea polyphenols; black powder; antioxidant; starch digestion characteristics

黑色食品已成为人们实现“食补”“食疗”的有效手段。黑米集色、香、味、营养保健于一身,民间称之为“神仙米”“药米”“长寿米”,其蛋白质、矿物质、维生素含量均远远高于普通稻米^[1]。黑豆又名乌豆、零乌豆等,其营养价值在豆类中居于首位,蛋白质含量达 35% 以上,氨基酸的组成与动物蛋白相似,利于人体消化吸收^[2]。具有补肾益脾、降低胆固醇、增强铁离子在人体中的吸收等作用。黑芝麻有“补中益气,润养五脏,利大小肠,产后赢困,催生落胞”的功能。黑木耳含蛋白质、脂肪、多糖、维生素和钙、磷、铁等元素,其营养价值可与动物性食物相媲美,有“素中之荤”美誉^[3],黑枣可以促进人体内的白细胞生长,降低血清固醇的含量,提高血清白蛋白,保护人

体的肝脏,对防止骨质疏松具有良好的效果^[4]。

茶多酚(tea polyphenol, TP)又称茶鞣质,是茶叶中多酚类物质的总称,包括黄烷醇、黄酮醇、黄酮、花青素、酚酸等^[5],是茶叶中有药理和保健功能的主要成分之一^[6]。人们从治病到防病观念的转变,使具有一定功能特性食品的需求量增加,功能食品是在一般食品所具有的性质之外,还能够促进人体生理状况得到改善,使人体更加健康的一类食品。翟明惠等^[7]对绿豆贡菊功能性饮料的工艺和配方进行探究,该产品中主要功能成分为黄酮类物质,适合高血脂症、动脉粥样硬化患者食用。随着生活节奏加快后,现兴起一种方便食品—冲调粉,以方便、营养为特点,深受消费者青睐。目前将茶多酚与速溶黑色冲调食品配合进行加工及功效方面的研究还未见报道。本研究拟在黑色冲调粉中复配一定比例的茶多酚,进行产品的抗氧化活性研究,并观察茶多酚的添加对冲调粉中淀粉消化特性的影响。旨在为低血糖指数、高抗氧化活性冲调食品的开发提供新方法、新思路。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

茶多酚:EGCG 60%,天津农学院实验室提供,其中儿茶素含量为 80%;

黑米、黑豆、黑芝麻、黑木耳、黑枣:天津市鸿禄食品有限公司;

T-AOC 试剂盒:南京建成生物工程研究;

其他试剂:分析纯,天津市风船化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

电子天平:HZ-K500C 型,上海佑科仪器仪表有限公司;

紫外可见分光光度计:UV-3100PC 型,上海美谱达仪器有限公司;

摇床:HNY-200D 型,天津市欧诺仪器仪表有限公司;

离心机:H2050R 型,湖南湘仪离心机仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 试验样品制备

(1) 黑色冲调粉的制备:黑米、黑豆、黑芝麻、黑木耳、黑枣分别经前处理,适当烘烤至熟后进行粉碎,按一定比例进行复配混匀后即黑色冲调粉,其中黑米粉占 39%、黑豆粉 18%、黑枣粉 3%、黑木耳粉 3%、黑芝麻粉 37%。

(2) 冲调粉中茶多酚添加量:取 5 份冲调粉,分别按粉重的 0.008%, 0.016%, 0.024%, 0.032%, 0.040% 加入茶多酚,充分混匀,作为 5 个试验组。

1.3.2 冲调粉总抗氧化活力(T-AOC)的测定 采用南京建成生物工程研究所的试剂盒,严格按照说明书操作。

1.3.3 DPPH 自由基清除率的测定 参照廖春燕等^[8]方

法并稍作修改。分别取试验组样品各 10 g,同时取未添加茶多酚的冲调粉 10 g 作为样品对照组,取 0.04 g 茶多酚作为茶多酚对照组。向试验组、样品对照组、茶多酚对照组中各加入 45 mL 乙醇溶液(80%),50 °C 下超声处理 15 min(功率 200 W)后,50 °C 水浴锅中提取 2 h,以 2 000 r/min 离心 15 min。取上清液各 0.5 mL,分别加入 4.5 mL DPPH 溶液(60 μmol/L),混匀后避光条件下静置 30 min,于 517 nm 下测定各溶液的吸光度,以乙醇溶液(80%)调零,同时测定 4.5 mL DPPH 和 0.5 mL 无水乙醇混合液的吸光值。按式(1)计算 DPPH 自由基清除率。

$$A = (1 - \frac{A_2 - A_1}{A_0}) \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

A——DPPH 自由基清除率,%;

A₀——0.5 mL 乙醇溶液+4.5 mL DPPH 的吸光值;

A₁——0.5 mL 上清液+4.5 mL 乙醇溶液的吸光值;

A₂——试验组、样品对照组、茶多酚对照组的吸光值。

1.3.4 总还原力测定 参照马雨洁等^[9]方法并稍作修改;按 1.3.3 处理各组样品,离心后得上清液。分别取 0.5 mL 上清液与 0.2 mol/L 磷酸盐缓冲液 2.5 mL 和 1 mg/mL 铁氰化钾 1 mL 混合,50 °C 水浴保温 20 min,快速冷却,并加入 10 mg/mL 三氯乙酸(TCA)溶液 2.5 mL 终止反应。摇匀后,3 500 r/min 离心 10 min,将 2.5 mL 上清液转移至试管中,分别加入 2.5 mL 双蒸水及 0.45 mL FeCl₃充分混合后静置 10 min,于 700 nm 处测定各管吸光值。吸光值与还原力之间为正比例关系。

1.3.5 体外模拟小肠条件下茶多酚对淀粉消化的观察方法 淀粉含量按照南京建成生物工程研究所提供的说明书进行操作。

体外模拟淀粉消化参照洪雁等^[10]、尹青岗等^[11]的方法,稍作修改。称取试验组、样品对照组冲调粉各 1 g,分别加入 15 mL 磷酸盐缓冲液并均质,煮沸后立即取出,冷却至室温,加入 4 mL 1 200 U α-淀粉酶液后震荡,于加酶后 30, 60, 90, 120, 150, 180 min 分别取 1 mL 消化液,加入 4 mL 无水乙醇混匀,3 000 r/min 离心 20 min。

取 1 mL 上清液,加入 1 mL 3,5-二硝基水杨酸(10 mg/mL),摇匀后于沸水浴中加热 5 min,取出冷却后稀释到 15 mL,于 520 nm 下测定吸光度。按式(2)、(3)分别计算淀粉水解率及抑制率。

$$M = \frac{M_1 \times 0.9}{M_2} \times 100\%, \quad (2)$$

式中:

M——淀粉水解率,%;

M₁——取样时间点消化液中葡萄糖含量,g;

M_2 ——总淀粉含量, g。

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%, \quad (3)$$

式中:

W ——淀粉水解抑制率, %;

W_1 ——加酶后 150 min 样品对照组消化液中还原糖含量, g;

W_2 ——加酶后 150 min 试验组消化液还原糖含量, g。

1.3.6 数据统计分析

所有试验数据采用 EXCEL 进行处理及统计分析;显著性分析采用组间 F 检验, $P < 0.01$ 表示极显著差异, $P < 0.05$ 表示显著差异, $P > 0.05$ 表示差异不显著。

2 结果与分析

2.1 冲调粉的总抗氧化能力(T-AOC)

由图 1 可知, 添加茶多酚后冲调粉的总抗氧化能力均显著高于样品对照组 ($P < 0.05$), 且呈剂量效应关系, 即茶多酚的添加量越高, 冲调粉的总抗氧化能力越高。当茶多酚添加量为 0.040% 时, 其 T-AOC 为 8.83 U/g, 比样品对照组高 1.30 U/g, 比茶多酚对照组高 0.80 U/g。茶多酚添加量为 0.040% 时与茶多酚对照组(二者茶多酚浓度相同)、样品对照组相比差异显著 ($P < 0.05$), 可能与黑色冲调粉本身具有抗氧化物质有关, 茶多酚与黑色冲调粉中的黄酮、多酚类物质发生协同效应, 因此当茶多酚添加量为 0.040% 时总抗氧化能力最强。

2.2 冲调粉的 DPPH 自由基清除能力

由图 2 可知, 当茶多酚添加量为 0.008% 时, 与样品对照组差异不显著 ($P > 0.05$), 茶多酚添加量达到 0.016% 时, 其 DPPH 自由基清除能力显著高于样品对照组 ($P < 0.05$)。茶多酚的添加量越高, 冲调粉的 DPPH 自由基清除能力越高。当茶多酚添加量为 0.040% 时, 其 DPPH 自由基清除能力为 95.86%, 比样品对照组高 4.60%, 比茶多酚对照组高 1.30%。茶多酚添加量为 0.040% 时与茶多酚对照组(二者茶多酚浓度相同)、样品对照组相比差

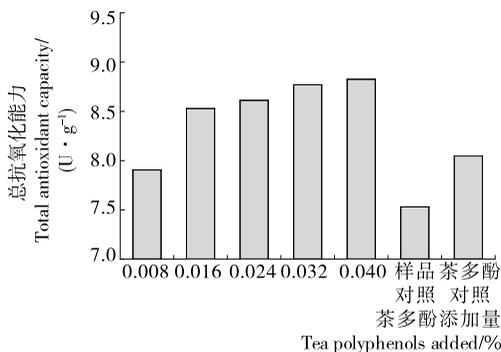


图 1 茶多酚添加量对 T-AOC 的影响

Figure 1 Effect of tea polyphenols addition on T-AOC

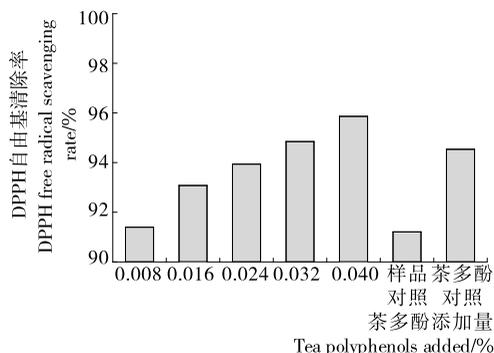


图 2 茶多酚添加量对 DPPH 的影响

Figure 2 Effect of tea polyphenols addition on DPPH

异显著 ($P < 0.05$), 由于茶多酚为天然抗氧化剂。研究表明茶多酚具有较低的氧化还原电位, 可以清除机体内大量的有害自由基, 添加茶多酚可以增加黑色冲调粉中多酚的含量, 从而提高黑色冲调粉中 DPPH 自由基清除能力, 样品对照组也表现出较低的 DPPH 自由基清除能力, 可能是黑色冲调粉中含有少量的抗氧化物质的结果。

2.3 冲调粉的总还原力

由图 3 可知, 添加茶多酚后冲调粉的总还原力均显著高于样品对照组 ($P < 0.05$), 且呈剂量效应关系, 即茶多酚的添加量越高, 冲调粉的总还原力越高。当茶多酚添加量为 0.040% 时, 其吸光度为 0.54, 比样品对照组高 0.04, 比茶多酚对照组高 0.02, 当茶多酚添加量为 0.040% 时与样品对照组、茶多酚对照组(二者茶多酚浓度相同)相比差异显著。茶多酚的还原力与其抗氧化活性之间存在关系, 茶多酚通过自身的还原作用给出电子而清除自由基, 还原力越强, 抗氧化活性越强。因此当茶多酚添加量为 0.040% 时抗氧化能力最强。

综合图 1~3, 在黑色冲调粉中加入茶多酚, 明显增强了产品的总还原力、DPPH 自由基清除率、T-AOC, 说明茶多酚具有抗氧化效果。段云龙等^[12]研究表明, 在面包中加入茶多酚, 使面包总酚含量显著增加 ($P < 0.05$), 增

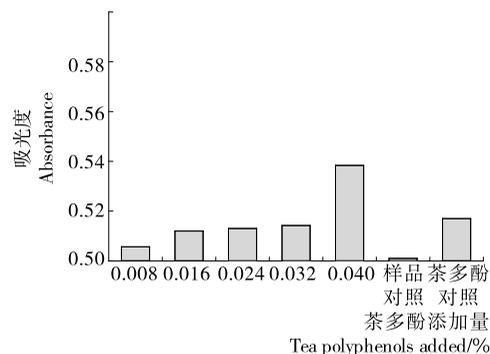


图 3 茶多酚添加量对总还原力的影响

Figure 3 Effect of tea polyphenols addition on total reducing power

强了 ABTS⁺ 自由基清除率和 DPPH 自由基清除率。洪兴华等^[13] 研究表明,添加茶多酚可以提高山羊的抗氧化能力。添加 80 mg/(只·d) 的茶多酚,能够提高波尔山羊血清的抗氧化能力。李变变^[14] 在苹果酒中加入茶多酚,证明茶多酚是一种优于传统抗氧化剂 SO₂ 的一种新型抗氧化剂。

2.4 冲调粉的淀粉消化特性

由图 4 可知,5 个试验组、样品对照组间的差异显著 ($P < 0.05$),添加茶多酚后冲调粉的淀粉水解率均显著低于样品对照组 ($P < 0.05$),且呈剂量效应关系,即茶多酚的添加量越高,冲调粉的淀粉水解率越低。在 0 ~ 30 min,5 个试验组、样品对照组的淀粉水解率增长速度最快,随着时间的增加,淀粉水解率的增长趋于平缓,同一时间,不同的茶多酚添加量与样品对照组差异显著 ($P < 0.05$)。反应时间为 150 min 时,试验 V 组的淀粉水解率为 66.42%,比样品对照组低 24.98%。可能是茶多酚对 α -淀粉酶具有很强的抑制作用,能显著延缓人体的血糖应答,因此随着茶多酚添加量的增加水解率逐渐降低。

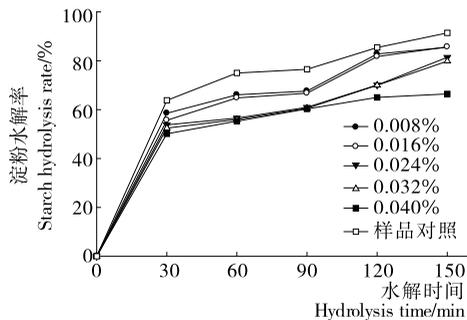


图 4 茶多酚添加量对淀粉水解率的影响

Figure 4 Effect of tea polyphenols addition on starch hydrolysis rate

由图 5 可知,当茶多酚浓度逐渐增加时,对 α -淀粉酶消化反应的抑制率作用越强。当茶多酚添加量由 0.008% 增加到 0.040% 时,淀粉水解抑制率由 9.93% 上升至 29.33%。添加茶多酚后的 5 个试验组间的差异显著 ($P < 0.05$),随着茶多酚添加量越高,冲调粉的淀粉水解抑制率越高。可能是茶多酚抑制 α -淀粉酶的活性,降低淀粉的分解率,达到降低餐后血糖极速升高的目的。

综合图 4~5,在黑色冲调粉中加入茶多酚,明显降低了黑色冲调粉的淀粉水解率,淀粉水解抑制率明显升高,说明茶多酚具有降低淀粉消化特性的效果。阮秒云^[15] 研究表明,茶多酚可以降低餐后血糖反应,从而得出茶多酚对糖尿病及其并发症防治具有积极作用。张致函^[16] 通过淀粉-茶多酚共研磨混合物的消化性试验表明,茶多酚在一定程度上可以影响淀粉的消化性,并且随着茶多酚

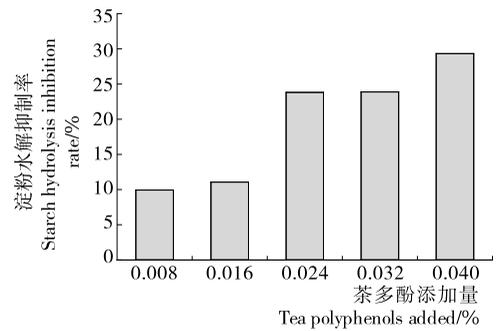


图 5 茶多酚添加量对淀粉水解抑制率的影响

Figure 5 Effect of tea polyphenols addition on inhibition rate of starch hydrolysis

比例的增加,淀粉的抗消化性能提高。全吉淑等^[17] 研究表明,茶多酚能抑制 α -葡萄糖苷酶活性,对 α -淀粉酶亦有一定抑制作用,因此茶多酚具有降糖作用。

3 结论

本试验探究了茶多酚对黑色冲调粉抗氧化特性及消化特性的影响。结果表明,随着茶多酚添加量的增加,黑色冲调粉表现出抗氧化性增强,淀粉水解率下降的趋势。当茶多酚添加量为 0.040% 时,黑色冲调粉的 DPPH 自由基清除能力、总还原力的吸光度和总抗氧化 (T-AOC) 能力分别增加了 4.6%, 0.58, 8.83 U/g, 黑色冲调粉的淀粉水解率下降了 24.98%。研究结果为低血糖指数、高抗氧化活性冲调食品的开发提供新方法、新思路。茶多酚不仅具有良好的抗氧化能力,在消化特性方面也有良好的前景,下一步将探讨其抑制淀粉消化的机理,开发出适合中老年及糖尿病患者食用的产品。

参考文献

- [1] 牛娟娟. 黑米、黑豆花色苷提取工艺、稳定性及其生物活性的研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2011: 1-2.
- [2] 张琳, 李建科, 任彩霞, 等. 挤压膨化技术制备脱脂黑豆冲调粉的研究[J]. 食品与机械, 2015, 31(6): 208-211.
- [3] 李赛男. 黑木耳黑米和黑豆复合饮料的研制[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2015: 1.
- [4] 乔小全, 任广跃, 乔梦, 等. 干燥方式对黑枣粉品质特性的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(8): 189-194, 220.
- [5] 李露, 吕佳倩, 江承佳, 等. 茶多酚对心血管保护作用的研究进展[J]. 食品科学, 2016, 37(19): 283-288.
- [6] 张晓梦, 倪艳, 李先荣. 茶多酚的药理作用研究进展[J]. 药物评价研究, 2013, 36(2): 157-160.
- [7] 滕聪, 么杨, 任贵兴. 绿豆功能活性及应用研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(13): 3 286-3 291.
- [8] 廖春燕, 梁文, 黄瑶. 微波辅助法提取番石榴叶挥发油及抗氧化性研究[J]. 食品工业, 2018, 39(11): 38-41.

(下转第 47 页)

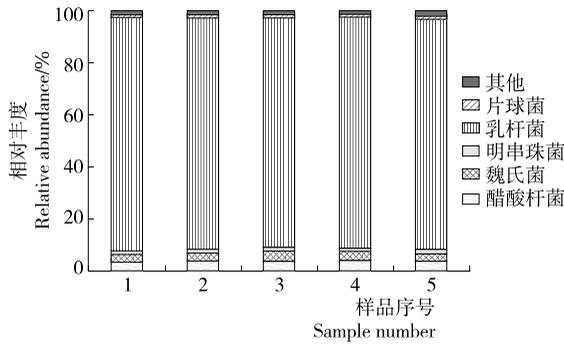


图 2 属水平的物种分布情况

Figure 2 Species distribution at the genus level

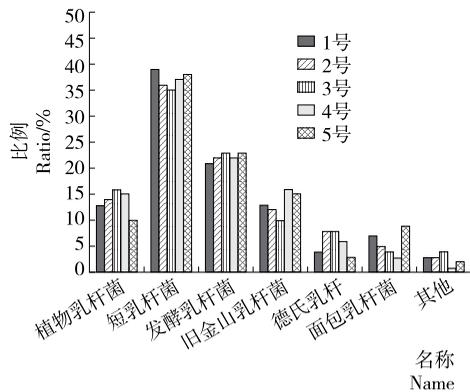


图 3 乳酸菌种水平分布情况

Figure 3 Lactic acid bacteria distribution at species level

3 结论

从试验可以看出,传统发酵全麦面团除酵母菌外还含有较多的乳酸菌,用传统发酵菌剂发酵全麦面团比用商业酵母菌剂在风味物质的总量以及种类方面较优,表明传统发酵菌株对全麦制品的风味更有利。可能是商业酵母菌剂只有酵母菌,使得发酵的全麦面团风味物质种类较少。而传统发酵菌剂含有的乳酸菌,使全麦面团酸化产生多种有机酸,有利于醇、酮、醛和酯等风味物质的生成。随着全社会对人群健康的重视,全麦发酵面团的研制,能够带来一定的健康价值和经济价值,同时还具有广泛的应用价值。后续将对全麦发酵面团的传统发酵菌剂的用量、发酵条件和制作工艺对风味物质的影响进行重点研究,以便更好地为全谷物饮食的开发和利用提供理论基础。

参考文献

[1] 米尔班古丽·阿卜杜如苏力, 玛依古丽·库尔班, 努斯热提古丽·安外尔, 等. 新疆传统饅头发酵面团中酵母菌的多样性分析[J]. 食品科学, 2015, 36(19): 199-203.
 [2] 张守花, 陈银霞, 王显伦. 一次发酵工艺对冷冻面团及饅头品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(11): 90-93.
 [3] 艾志录, 聂文静, 李真, 等. 中国不同地区老饅头对饅头质

构和感官品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(6): 1427-1433.
 [4] 黄堃. 英研究证实全麦食品有助降血压和预防心血管疾病[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(12): 172-173.
 [5] 中国营养学会. 中国居民膳食指南 2016[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2016: 8-12.
 [6] 贾峰, 周晓配, 刘效谦, 等. 紫外分光光度法检测发酵面团中清球蛋白含量[J]. 现代食品, 2017(2): 63-66.
 [7] 柳甜甜, 王金水, 冯景丽, 等. 酸面团发酵过程中蛋白质降解规律研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(1): 220-224.
 [8] 何承云, 林向阳, 李光磊, 等. 饅头面团发酵性能的研究[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(9): 93-96.
 [9] 马榕灿, 李志建, 胡惠影, 等. 酿酒酵母与异常威克汉姆酵母发酵面团特性比较研究[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2017, 38(5): 22-25.
 [10] 刘若诗, 万晶晶, 黄卫宁, 等. 冻干酸面团发酵剂对发酵面团及面包香气的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(7): 11-15.
 [11] 张煌, 杨晓露, 李仁和. 发酵剂对面团及饅头品质的影响[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(4): 72-75.
 [12] 李继锋, 王香玉, 王新伟, 等. 冷藏中种发酵法制作酸面团饅头及工艺参数的优化[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2017, 38(6): 41-47.
 [13] 徐同成, 王文亮, 祝清俊, 等. 全麦食品的营养与保健功能研究进展[J]. 中国食物与营养, 2009(10): 55-58.
 [14] 纪琳媛. 乳酸菌发酵剂在发酵面团中的应用[J]. 现代食品, 2016(7): 11-14.
 [15] 孙银凤, 徐岩, 黄卫宁, 等. 不同发酵基质的酸面对酵母面团体系面包烘焙及老化特性的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(13): 37-42.

(上接第 43 页)

[9] 马雨洁, 刘航, 徐元元, 等. 熟制荞麦面条抗氧化品质及体外淀粉消化特性[J]. 食品科学, 2013, 34(17): 65-69.
 [10] 洪雁, 顾娟, 顾正彪. 体内外实验测定荞麦淀粉消化特性[J]. 食品科学, 2010, 31(5): 293-297.
 [11] 尹青岗, 张倩, 赵国华. 加工方式对红薯淀粉体外消化性的影响[J]. 粮油加工, 2008(2): 115-117.
 [12] 段云龙, 梁毅, 李冰, 等. 茶多酚对面包品质及面包酚类物质抗氧化能力的影响[J]. 食品科技, 2016, 41(8): 137-142.
 [13] 洪兴华, 孟慧, 孙长勉, 等. 日粮中添加茶多酚对山羊抗氧化性能的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2009, 45(21): 29-31.
 [14] 李变变. 茶多酚对苹果酒抗氧化作用的研究[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(25): 296-297.
 [15] 阮妙芸. 茶多酚对淀粉消化的影响研究[D]. 无锡: 江南大学, 2009: 19-26.
 [16] 张智涵. 淀粉与茶多酚共研磨对淀粉理化性质和消化性的影响[D]. 天津: 天津科技大学, 2018: 38-40.
 [17] 全吉淑, 尹学哲, 田中真实. 茶多酚降糖作用机制的研究[J]. 山东医药, 2006, 46(32): 32-33.