

超微茶粉对麦胚固体饮料抗氧化性的影响

Effect of superfine tea powder on antioxidant activity of wheat germ solid beverage

刘悦强 周惠明

LIU Yue-qiang ZHOU Hui-ming

(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:为探讨超微茶粉对麦胚固体饮料抗氧化性的影响,将不同剂量(0%, 3%, 5%, 7%, 10%)的超微茶粉加入到麦胚固体饮料中,以添加 0% 的超微茶粉作为对照组,对其进行加速贮藏试验,测定其过氧化值、脂肪酸组成、丙二醛含量和 V_E 含量,并以多酚含量、DPPH 清除能力和 ABTS 清除能力来表征不同剂量的超微茶粉对麦胚固体饮料体外抗氧化活性的影响。结果表明,超微茶粉的添加可有效提高麦胚固体饮料的抗氧化性并延长其贮藏期,且随着超微茶粉添加量的增加,麦胚固体饮料的抗氧化能力也增强。加速贮藏 56 d 后,添加超微茶粉(3%, 5%, 7%, 10%)的麦胚固体饮料的过氧化值分别为 32.27, 29.46, 26.12, 26.23 meq/kg, 其中添加 7% 和 10% 超微茶粉的显著低于对照组(33.08 meq/kg) ($P < 0.05$); 添加超微茶粉(3%, 5%, 7%, 10%)的麦胚固体饮料的丙二醛含量分别为 0.181, 0.173, 0.162, 0.152 mg/kg, 显著低于对照组的(0.188 mg/kg); 其不饱和和脂肪酸、 V_E 含量以及多酚保留率均高于对照组。

关键词:麦胚; 超微茶粉; 抗氧化; 固体饮料

Abstract: In order to study the effect of superfine tea powder on the antioxidant property of wheat germ solid beverage, the different levels of superfine tea powder (3%, 5%, 7%, 10%) were added in the wheat germ solid beverage. The wheat germ solid beverage without the addition of superfine tea powder was the control sample, the accelerated storage experiment was adopted. The content of peroxide, composition of fatty acid, malondialdehyde content, polyphenol content, DPPH • scavenging ability, ABTS • scavenging ability and content of V_E were detected. The results showed that superfine tea powder could improve the antioxidant properties of wheat germ solid beverage and prolong its shelf life. With the increase of superfine tea powder, the antioxidant capacity of wheat germ solid

beverage was significantly enhanced. After 56 days of accelerated storage, the peroxide values of wheat germ solid beverage with superfine tea powder (3%, 5%, 7%, 10%) were 32.27, 29.46, 26.12 and 26.23 meq/kg, respectively, which was obviously lower than the control group (33.08 meq/kg). The MDA contents of wheat germ solid beverage with addition of superfine tea powder (3%, 5%, 7%, 10%) were 0.181, 0.173, 0.162 and 0.152 mg/kg, respectively, all of which were significantly lower than that of control (0.188 mg/kg) ($P < 0.05$). In addition, the content of unsaturated fatty acid and V_E as well as polyphenols retention rate were higher than that of control group.

Keywords: wheat germ; superfine tea powder; antioxidant; solid beverage

小麦胚芽是小麦生命的根源,虽只占小麦籽粒很小一部分,却富含蛋白质、脂肪、矿物质和维生素,营养价值很高^[1]。中国对小麦胚芽的利用较少,主要混入麸皮作饲料,造成优质食品资源浪费^[2]。因此,加速这一资源研究开发、生产胚芽食品,对丰富中国营养和保健食品种类、提高膳食营养及健康水平具有十分重要意义。近年来,以麦胚为主要原料,添加奶、蔗糖等辅料制备的一种食用方便、营养价值高的麦胚固体饮料受到越来越多消费者的青睐。然而,在贮藏过程中,小麦胚芽内部的酶不断催化饮料内油脂的水解和氧化^[3],致使游离脂肪酸逐渐增加,过氧化物和氢过氧化物大量生成并不断裂解,导致麦胚固体饮料风味恶化。为此,目前有较多的研究集中在对麦胚进行稳定化处理,从而延长麦胚固体饮料的贮藏期,较为常见的稳定化方法包括热风干燥、蒸汽加热与微波处理等。这些方法在一定程度上提高了麦胚的抗氧化能力^[4],然而小麦胚油中含有丰富的不饱和脂肪酸,很容易发生自动氧化,并且麦胚自身有生腥味,这些因素使其产品产生不良的风味。

目前对茶叶的研究^[5-6]主要集中在研究商品茶多酚和茶叶提取物的抗氧化作用。茶多酚虽然作为天然的抗氧化

作者简介:刘悦强,女,江南大学在读硕士研究生。

通信作者:周惠明(1957-),男,江南大学教授,博士。

E-mail: hmzhou@jiangnan.edu.cn

收稿日期:2017-01-30

剂,具有安全、副作用小等优点,但是与食品辅料茶粉相比,茶多酚作为一种食品添加剂其添加量在国标上是有限制的,并且其对茶叶的营养成分利用率较低。将茶粉直接应用到富含油脂的食品当中,不仅能利用茶粉的抗氧化作用延长食品的贮藏期,而且赋予了食品茶特有的香味^[7-9]。超微茶粉是利用现代超微粉碎技术生产的纯天然超细蒸青绿茶粉体,极大程度地保留了茶叶原有的茶多酚类、茶氨酸、维生素类和膳食纤维等营养物质^[10],且较普通茶粉表面积更大,更利于活性成分的消化吸收^[11]。

本研究拟在麦胚固体饮料制作过程中加入一定量的超微茶粉,利用超微茶粉提高麦胚固体饮料的抗氧化性,并改善其生腥口感。通过对添加超微茶粉后的麦胚固体饮料进行加速贮藏试验,并测定贮藏过程中其抗氧化性相关指标(过氧化值、丙二醛、自由基清除能力等)的变化,从而探讨不同剂量的超微茶粉对麦胚固体饮料抗氧化性的影响。

1 材料与方法

1.1 主要材料

新鲜麦胚:江苏淮安新丰面粉厂;

超微茶粉:中华全国供销合作总社杭州茶叶研究院;

十九烷酸、DPPH、ABTS、1,1,3,3-四乙氧基丙烷(97%)、乙腈:色谱纯,美国Sigma公司;

没食子酸、磷酸二氢钾、硫代巴比妥酸、三氯乙酸:分析级,国药集团化学试剂有限公司。

1.2 主要仪器设备

高效液相色谱仪(配有荧光检测器和紫外检测器):e2695型,美国Waters公司;

气相色谱仪:GC-2010型,日本岛津公司;

冷冻离心机:CR21G II型,日本日立公司;

旋转蒸发仪:RE-5A型,上海亚荣生化仪器厂;

酶标仪:EPOCH2T型,美国BioTek公司;

紫外可见分光光度计:TU-1810型,北京普析通用仪器有限责任公司。

1.3 试验方法

1.3.1 麦胚固体饮料的制作工艺 参考王成忠等^[12]的方法修改如下:

新鲜麦胚→过筛→粉碎→按0%,3%,5%,7%,10%的添加超微茶粉,单甘脂1%,豌豆淀粉20%(料液质量比为1:3)→55℃保温1h→胶体磨处理5min→滚筒干燥→粉碎过80目筛→混合物料→麦胚茶固体饮料

1.3.2 麦胚茶固体饮料贮藏试验 在麦胚固体饮料中添加3%,5%,7%,10%的超微茶粉,并将未添加超微茶粉的麦胚固体饮料作为空白对照组。用聚乙烯自封袋包装5种固体饮料置于60℃培养箱中贮藏56d,每天交换5种样品在培养箱中的位置,每周取样测定。

1.3.3 麦胚油脂的提取制备 取固体饮料200g,加入石油醚500mL,避光过夜浸提12h,重复两次。过滤取上清液,并使用旋转蒸发仪进行减压脱溶,最后用氮气吹走多余石油醚,并置于-20℃下保存。

1.3.4 麦胚多酚粗提物制备 用70%甲醇溶液以料液比1:20(g/mL)浸提,置于震荡培养箱中,4h,5000r/min离心10min,重复两次,将上层清液旋转蒸发至没有甲醇,冻干,后将粗提物置于4℃冰箱中保存待用。

1.3.5 过氧化值的测定 按GB/T 5009.227—2016执行。

1.3.6 V_E 含量的测定 按GB/T 26635—2011执行。

1.3.7 脂肪酸组成分析 根据Marinko等^[13]的方法,修改如下:称取0.2mg油脂样品,加入0.5mol/L的氢氧化钾—甲醇溶液4mL,摇匀,70℃水浴10min。气相色谱条件:氢火焰离子化检测器(FID),BPX-70毛细管脂肪酸分析柱(30.0m×320μm×0.50μm),进样口温度230℃,柱温210℃,检测器温度300℃,氮气流速0.5mL/min,氢气流速35mL/min,空气流速400mL/min。以十九烷酸为内标,根据各脂肪酸标准样品的保留时间来确定脂肪酸的组成,同时用归一化方法根据峰面积计算各脂肪酸的相对含量。

1.3.8 丙二醛含量测定 按GB/T 28717—2012执行。

1.3.9 多酚含量测定 按GB/T 8313—2008执行。

1.3.10 DPPH清除能力测定 参照Brandwilliams等^[14]的方法,并做适当修改。准确称取DPPH粉末,用乙醇溶解制备6mmol/L储备液,-4℃保存,临用前用乙醇稀释至180μmol/L。在10mL比色管中加入0.2mg/mL的粗多酚样品溶液(乙醇为参比溶液)和180μmol/L的DPPH乙醇溶液各2mL,振荡摇匀,于室温下避光静置60min后,于517nm处测定吸光值。DPPH自由基清除率按式(1)计算:

$$f = \frac{A_0 - A_s}{A_0} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

f ——自由基清除率,%;

A_s ——样品管的吸光值;

A_0 ——对照管的吸光值。

分别配制不同浓度的 V_E 溶液(0.002,0.004,0.006,0.008,0.010,0.012,0.014,0.016mg/mL),并制得标准曲线方程为 $y=5688.2x-1.8382(R^2=0.9996)$,样品的DPPH自由基清除能力可以按照标准曲线换算成 V_c 当量来反映。根据清除率计算得到抗氧化能力值,计算结果以mg V_c /g表示。

1.3.11 ABTS自由基清除能力的测定 参照Marino B等^[15]的方法,并作适当修改。配制浓度为7mmol/L ABTS和2.45mmol/L过硫酸钾的混合液,室温避光条件下静置过夜,制得ABTS自由基储存液。使用时用水稀释至734nm处吸光度为0.700±0.02的应用液。取2.5mg/mL粗多酚溶液50μL于试管中,加入3mL ABTS应用液充分混合,室温下避光反应30min后测定其在734nm处的吸光度。按式(1)计算ABTS自由基的清除率。以样品对ABTS自由基的清除率来表示粗多酚的抗氧化能力。

2 结果与分析

2.1 贮藏过程中过氧化值的变化

过氧化值反映了油脂初期的氧化情况。油脂一级氧化产物越多,过氧化值越高,油脂的品质越差。图1为加速贮

藏过程中不同添加量的麦胚固体饮料的过氧化值曲线。

由图 1 可知:前 28 d 过氧化值上升缓慢,可能是油脂氧化过程有一诱导期。随后过氧化值急剧增加,在第 35 天对照组过氧化值为 21.58 meq/kg,已超过国家标准的 20 meq/kg (GB 17400—2015),油脂氧化变质,产品品质发生劣变。49 d 后,过氧化值上升变缓,可能是此时部分初级氧化产物分解生成醛酮等物质,从而使过氧化值上升速率降低。在贮藏过程中,添加超微茶粉的麦胚固体饮料的过氧化值增加量低于对照组相应增量,且随着超微茶粉添加量的增加,其过氧化值增加程度也在降低,然而添加 7% 和 10% 超微茶粉的麦胚固体饮料的过氧化值差异不明显,可能是在一定的添加量内,超微茶粉对麦胚固体饮料抗氧化性的影响与其添加量呈正相关,当茶粉添加量超过 7% 时其对油脂氧化不能起到更明显的抑制作用,这与陈玉香等^[16]的试验结论相似。

2.2 贮藏过程中脂肪酸组成的变化

采用气相色谱对麦胚固体饮料进行脂肪酸组成分析,通过标准质谱数据库检索,同时结合特征离子和出峰时间、顺序进行定性分析,对不同添加量茶粉的麦胚固体饮料脂肪酸

组成进行比较,其结果见图 2。对主要不饱和脂肪酸按峰面积积分法进行定量,其结果见表 1。

由图 2 可知,麦胚中的主要脂肪酸是棕榈酸、油酸、亚油酸和亚麻酸,这与张丽娜等^[17]的结论一致。由表 1 可知,麦胚油中亚油酸含量占总脂肪含量的 62%,油酸占到 12%,亚麻酸占到 6%,总不饱和脂肪酸高达 80%。不饱和脂肪酸随着贮藏时间的延长,其含量逐渐降低,其中亚麻酸降低幅度最大,达到了 15%,同时油酸和亚油酸也有一定程度的减小。随着超微茶粉添加量的增加,不饱和脂肪酸降低幅度减小,这也说明超微茶粉的添加在一定程度上有效抑制了不饱和脂肪酸的氧化。从表 1 中还可以发现添加了超微茶粉的各试验组中不饱和脂肪酸在贮藏 10 d 后相对含量基本没有发生很大变化,可能是茶多酚能提供氢质子使其优先与脂肪酸自由基结合,产生活性较弱的各类儿茶素自由基,减弱自由基连锁反应,并终止自由基连锁反应,抑制脂肪酸自动氧化^[18]。因此茶多酚能有效防止麦胚中的不饱和脂肪酸的氧化,对麦胚中亚油酸、亚麻酸等人体必需脂肪酸有很好的保护作用,从而改善麦胚贮藏过程中营养品质降低等问题。

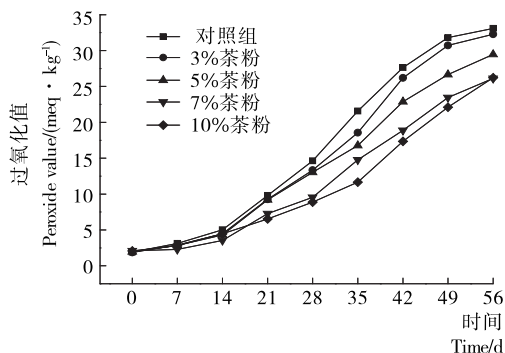


图 1 超微茶粉对麦胚固体饮料过氧化值的影响

Figure 1 Effect of tea powder on the peroxide value of wheat germ during storage

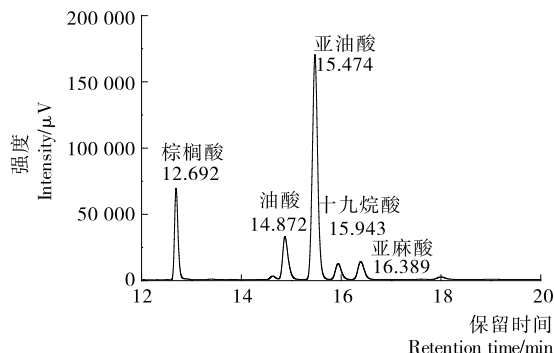


图 2 麦胚固体饮料脂肪酸组成气相色谱图

Figure 2 GC primary fatty acid composition of wheat germ oil

表 1 麦胚固体饮料脂肪酸组成分析

Table 1 Contents of fatty acids in wheat germ oil during storage

脂肪酸	样品	0 d	7 d	14 d	21 d	28 d	35 d	42 d	49 d	56 d	%
油酸	对照组	12.57	12.49	12.43	12.43	12.37	12.37	12.36	12.32	12.30	
	3% 茶粉	12.59	12.53	12.46	12.46	12.41	12.36	12.35	12.33	12.32	
	5% 茶粉	12.61	12.59	12.59	12.57	12.56	12.57	12.52	12.50	12.45	
	7% 茶粉	12.57	12.55	12.53	12.52	12.46	12.48	12.45	12.43	12.41	
	10% 茶粉	12.54	12.49	12.46	12.47	12.46	12.49	12.42	12.39	12.32	
亚油酸	对照组	62.67	62.04	61.93	61.84	61.62	61.32	61.06	60.52	60.12	
	3% 茶粉	62.50	62.25	62.48	62.01	61.84	61.57	61.35	60.67	60.32	
	5% 茶粉	62.72	62.50	62.47	62.36	62.20	61.71	61.51	61.00	60.79	
	7% 茶粉	62.79	62.73	62.61	62.50	62.39	62.00	61.86	61.25	60.81	
	10% 茶粉	62.43	62.41	62.41	62.22	62.15	61.78	61.31	60.89	60.55	
亚麻酸	对照组	6.04	5.98	5.81	5.61	5.48	5.43	5.26	5.23	5.13	
	3% 茶粉	6.02	5.93	5.94	5.65	5.56	5.50	5.38	5.34	5.25	
	5% 茶粉	6.00	5.91	5.89	5.77	5.69	5.65	5.61	5.51	5.42	
	7% 茶粉	6.03	5.94	5.93	5.87	5.84	5.81	5.76	5.66	5.51	
	10% 茶粉	6.00	6.01	5.94	5.89	5.86	5.81	5.76	5.68	5.59	

2.3 贮藏过程中 V_E 含量的变化

α -生育酚具有1个苯环,1个类异戊二烯侧链,能与与脂肪酸的过氧化基团 $ROO\cdot$ 反应,生成化合物 $ROOH$ 及不引起链传播的游离基 $I\cdot$,从而阻止链反应的进行($ROO\cdot + IH \rightarrow ROOH + I\cdot$)。这表明小麦胚芽在氧化过程中 α -生育酚的损失与其游离脂肪酸浓度密不可分,高浓度的游离脂肪酸会导致 α -生育酚的损耗增大^[19]。而小麦胚芽在贮藏过程中会发生氧化酸败,其中很多酯类化合物分解为脂肪酸,随着贮藏时间延长,脂肪酸的积累不断增加,最终会影响到 α -生育酚的含量,这也间接表征了麦胚油的劣变。

由表2可知,麦胚油中 V_E 含量高达 265 mg/100 g,在贮

藏期结束时,对照组中 V_E 含量降低到 183 mg/100 g,而添加超微茶粉的麦胚固体饮料 V_E 含量显著高于对照组的($P < 0.05$)。可能是一方面,茶叶中的多酚物质与 V_E 起到了协同抗氧化作用,两者相互影响,延缓了油脂氧化的过程^[20-21];另一方面,茶多酚更容易提供 $H\cdot$,从而使添加了超微茶粉后的麦胚固体饮料中 V_E 含量降解缓慢;茶多酚阻止油脂氧化防止其产生更多的游离脂肪酸,从而起到了保护 V_E 的作用。另外,茶多酚与 V_E 共同作用时, V_E 可以对茶多酚清除自由基的能力起到保护作用,使其清除自由基的能力加强,这可能是 V_E 可使氢过氧化物的生成受到抑制,减少了茶多酚要清除自由基的量^[22]。

表2 茶粉添加量对麦胚油 α -生育酚含量的影响[†]

Table 2 The effect of tea powder on the V_E of wheat germ oil mg/100 g

时间/d	对照组	3%茶粉	5%茶粉	7%茶粉	10%茶粉
0	265.198±1.919 ^{c,d}	271.062±2.940 ^a	259.23±4.284 ^d	262.673±2.414 ^{c,d}	269.904±3.215 ^{a,b}
7	246.354±2.003 ^b	261.093±0.963 ^a	257.389±4.175 ^a	259.093±3.785 ^a	258.093±0.878 ^a
14	236.747±3.745 ^c	246.171±1.429 ^b	254.031±4.627 ^a	255.723±1.575 ^a	255.904±1.496 ^a
21	231.884±3.745 ^c	236.973±7.023 ^{b,c}	243.585±2.331 ^{a,b}	250.802±4.113 ^a	251.009±4.616 ^a
28	220.092±2.159 ^d	228.173±0.960 ^c	236.695±1.830 ^b	242.403±1.278 ^b	234.777±1.939 ^a
35	220.186±2.008 ^b	224.567±4.585 ^b	234.980±10.524 ^{a,b}	239.074±2.774 ^a	229.258±2.078 ^a
42	203.416±2.996 ^b	223.461±25.696 ^{a,b}	219.789±12.111 ^{a,b}	231.002±8.227 ^a	224.704±6.496 ^a
49	189.452±2.051 ^c	207.802±7.639 ^b	218.137±2.590 ^{a,b}	229.991±11.478 ^a	228.173±2.942 ^a
56	183.033±1.144 ^c	201.603±15.507 ^b	211.029±1.693 ^{a,b}	218.909±1.886 ^a	215.903±5.651 ^a

† 同行中不同字母表示有显著性差异($P < 0.05$)。

2.4 贮藏过程中丙二醛含量变化

不饱和脂质过氧化反应的最终产物有丙二醛(Malondialdehyde, MDA),是刺激性气味的主要来源,它的性质比较稳定,便于检测,测定MDA的含量,在一定程度上可以反映脂质过氧化损伤的程度,是目前公认的反映脂质氧化的指标之一。它能与硫代巴比妥酸(TBA)反应生成粉红色化合物,从而间接反映出油脂氧化程度^[23]。由图3可知,在贮藏过程中不同超微茶粉添加量的麦胚固体饮料的丙二醛含量变化趋势相同,均随着时间的增加而增大。在储藏0~35 d时,各组丙二醛浓度变化幅度较小,可能是麦胚固体饮料的油脂处于氧化诱导期,初级氧化产物较少。在第35天后丙二醛含量急剧增加,结合图1分析推测,可能是此时初级氧化产物含量增多,积累到一定程度后开始分解从而导致二级氧化产物丙二醛含量的急剧增多。从图3还可知,加入超微茶粉后,其贮存过程中油脂氧化产生的丙二醛含量减少,且随着超微茶粉添加量的增加,其对初级氧化产物的分解作用具有更明显的抑制效果。至贮藏期结束对照组的丙二醛含量已达到 0.189 mg/kg,添加3%超微茶粉的麦胚固体饮料的丙二醛含量为 0.181 mg/kg,而添加5%,7%,10%超微茶粉的麦胚固体饮料的丙二醛含量显著低于对照组,分别为0.172,0.162,0.152 mg/kg。结合图1分析推测,可能是添加5%以上的超微茶粉的麦胚固体饮料产生的一级氧化产物少,从而导致二级氧化产物醛酮类等物质较少。

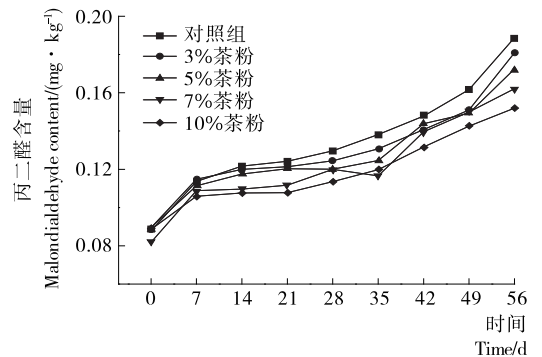


图3 贮藏过程中丙二醛含量的变化

Figure 3 Effect of tea powder on the malondialdehyde content of wheat germ during storage

2.5 贮藏过程中多酚含量的变化

多酚是在植物性食物中发现的、具有潜在促进健康作用的化合物。麦胚固体饮料中的多酚不仅能提高其抗氧化稳定性,而且有着较高的体外抗氧化活性,有利于人体健康。

由图4可知,随着贮藏时间的增加,多酚含量呈现下降的趋势,且相同条件下多酚含量随着茶粉添加量的增加而增加。间接证明了随着超微茶粉添加量的增加,麦胚抗氧化能力在逐渐增强。

2.6 贮藏过程中清除 ABTS 自由基能力变化

由表3可知,在贮藏初始,5种麦胚固体饮料(0%,3%,5%,7%,10%)清除 ABTS 自由基能力分别为 12.38%,30.64%,

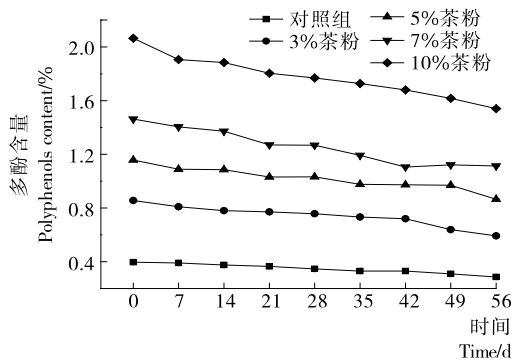


图 4 贮藏过程中多酚含量的变化

Figure 4 The change of polyphenols content in the storage process

40.58%, 56.54%, 66.97%, 说明添加少量的超微茶粉便可极大地提高 ABTS 自由基清除能力, 且在该试验条件下超微茶粉添加量越多该能力越强。这可能是超微茶粉中富含茶多酚等物质造成麦胚固体饮料中多酚含量的增加, 从而导致其清除 ABTS 自由基能力的上升。随着贮藏时间延长, 5 组样品清除 ABTS 自由基的能力均呈现逐渐降低的趋势, 至贮藏期结束, 对照组 ABTS 自由基清除能力为 9.45%, 较储藏初期下降了 23.70%, 添加超微茶粉(3%, 5%, 7%, 10%)后麦

胚固体饮料 ABTS 自由基清除能力分别为 25.00%, 32.90%, 46.01%, 57.69%, 显著高于对照组($P < 0.05$)。其中添加 10% 超微茶粉的麦胚固体饮料 ABTS 自由基清除能力降低了 13.80%, 表明添加超微茶粉的麦胚固体饮料的 ABTS 自由基清除能力下降得更为缓慢。这可能是在较高温度和较长时间的共同作用下样品中的多酚发生了降解, 而超微茶粉的加入可以使其多酚保留率更高, 从而使样品体系保留了较高的抗氧化活性。

2.7 贮藏过程中清除 DPPH 自由基能力的变化

DPPH 是一种稳定的自由基, 其分子中有一孤对电子, 其乙醇溶液为深紫色, 在 517 nm 附近有强吸收峰。当向 DPPH· 溶液中加入自由基清除剂时, 其中的孤电子被配对, 溶液颜色由深变浅, 反应体系在 517 nm 处的吸光度值将变小, 吸光度值变小的程度呈自由基被清除程度成定量关系。

由表 4 可知, 在贮藏初始, 5 种麦胚固体饮料(0%, 3%, 5%, 7%, 10%)清除 DPPH 自由基能力分别为 18.67, 46.84, 62.28, 83.27, 116.2 mg Vc/g, 说明添加少量的超微茶粉便可极大地提高 DPPH 自由基清除能力, 且在该试验条件下超微茶粉添加量越多该能力越强($P < 0.05$)。这与 ABTS 自由基清除能力变化趋势相似。随着贮藏时间延长, 5 种麦胚固体

表 3 贮藏过程中清除 ABTS 自由基能力变化[†]

Table 3 Antioxidant activity of crude polyphenol against ABTS· during storage %

时间/d	对照组	3%茶粉	5%茶粉	7%茶粉	10%茶粉
0	12.38±0.35 ^e	30.64±0.27 ^d	40.58±0.15 ^c	56.54±0.33 ^b	66.97±0.21 ^a
7	11.33±0.27 ^e	29.66±0.42 ^d	39.71±0.20 ^c	54.81±0.54 ^b	65.21±0.29 ^a
14	10.94±0.13 ^e	28.36±0.35 ^d	38.36±0.27 ^c	50.22±0.79 ^b	62.47±0.21 ^a
21	10.70±0.20 ^e	28.04±0.27 ^d	37.41±0.27 ^c	50.14±0.75 ^b	62.31±0.31 ^a
28	10.51±0.20 ^e	28.08±0.75 ^d	36.70±0.24 ^c	49.31±0.58 ^b	62.84±0.52 ^a
35	10.08±0.41 ^e	27.13±0.58 ^d	35.31±0.20 ^c	47.39±1.08 ^b	60.67±0.27 ^a
42	10.70±0.20 ^e	27.88±0.61 ^d	35.95±0.09 ^c	46.44±0.79 ^b	60.87±0.43 ^a
49	10.17±0.34 ^e	26.42±0.29 ^d	33.17±0.13 ^c	46.76±0.80 ^b	59.42±0.21 ^a
56	9.45±0.20 ^e	25.00±0.22 ^d	32.90±0.30 ^c	46.01±0.42 ^b	57.69±0.92 ^a

[†] 同行中不同字母表示有显著性差异($P < 0.05$)。

表 4 贮藏过程中清除 DPPH 自由基能力的变化[†]

Table 4 Antioxidant activity against DPPH· during storage mg Vc/g

时间/d	对照组	3%茶粉	5%茶粉	7%茶粉	10%茶粉
0	18.67±0.37 ^e	46.84±0.11 ^d	62.28±0.14 ^c	83.27±0.41 ^b	116.20±0.09 ^a
7	16.10±0.05 ^e	45.97±0.42 ^d	60.58±0.14 ^c	83.21±0.45 ^b	115.13±0.19 ^a
14	16.16±0.08 ^e	42.73±0.66 ^d	57.72±0.17 ^c	77.18±0.12 ^b	103.81±0.09 ^a
21	14.80±0.31 ^e	39.17±0.14 ^d	56.11±0.09 ^c	70.82±0.33 ^b	96.37±1.66 ^a
28	14.06±0.06 ^e	38.64±0.61 ^d	54.41±0.05 ^c	71.68±0.05 ^b	92.28±0.19 ^a
35	13.76±0.09 ^e	38.30±0.67 ^d	52.44±0.47 ^c	69.12±0.09 ^b	90.88±1.44 ^a
42	13.47±0.39 ^e	38.00±0.07 ^d	54.49±0.05 ^c	68.69±0.73 ^b	90.55±1.45 ^a
49	13.30±0.07 ^e	37.98±0.19 ^d	52.34±0.35 ^c	65.65±0.20 ^b	90.82±0.19 ^a
56	12.51±0.13 ^e	37.01±0.17 ^d	50.32±0.35 ^c	67.18±0.20 ^b	87.05±0.32 ^a

[†] 同行中不同字母表示有显著性差异($P < 0.05$)。

饮料的 DPPH 清除能力都在逐渐降低,至贮藏期结束,对照组清除 DPPH 自由基能力为 12.51 mg V_C/g,较储藏初期下降了 33%,添加超微茶粉(3%,5%,7%,10%)后的麦胚固体饮料清除 DPPH 自由基能力分别为 37.01, 50.32, 67.18, 87.05 mg V_C/g,其中添加 5%和 7%超微茶粉的麦胚固体饮料 DPPH 自由基清除能力约降低了 19%,表明添加超微茶粉的麦胚固体饮料的 DPPH 自由基清除能力下降得更为缓慢。结合图 4 分析推测,可能是添加了超微茶粉的麦胚固体饮料多酚保留率更高,所以使样品有更强的 DPPH 清除能力。

3 结论

本试验通过将不同剂量(0%,3%,5%,7%,10%)的超微茶粉应用到麦胚固体饮料中,通过测定其过氧化值、脂肪酸组成、丙二醛含量和 V_E 含量发现,超微茶粉的添加可在一定程度上减缓其过氧化值和丙二醛含量的增长趋势,并能抑制不饱和脂肪酸和 V_E 的降解。同时,对麦胚固体饮料多酚含量、DPPH 清除能力和 ABTS 清除能力进行测定发现,超微茶粉亦能有效提高麦胚固体饮料的体外抗氧化活性,提高多酚保留率,并能提高清除 ABTS 自由基和 DPPH 自由基的能力,说明本试验添加量范围内的超微茶粉对于麦胚固体饮料抗氧化性的提高具有明显的效果。本试验研究结果为茶粉应用到富含油脂食品中提供一定的理论支持,并且为稳定化麦胚并制作麦胚新产品提供了一定的方向。而针对超微茶粉对麦胚茶固体饮料的营养特性只从体外抗氧化活性进行了探讨,所以后期可以考虑用动物试验进一步探究超微茶粉的添加对麦胚茶固体饮料的营养特性的影响。

参考文献

- [1] KIRK R S, SAWYER R. Pearson's Composition and Analysis of Foods[M]. 9th ed. [S.l.]: Longman Scientific and Technical Wiley Essex, UK, 1991: 640-641.
- [2] 程云辉,王璋,许时婴. 麦胚蛋白的研究进展[J]. 食品与机械, 2006, 22(2): 105-108.
- [3] RAO H P, KUMAR G V, RANGAR G. Studies on the stabilization of wheat germ[J]. LWT-Food Science and Technology, 1980, 13: 302-307.
- [4] VETRIMANI R, JYOTHIRMAYI N, HARIDAS R P. Inactivation of lipase and lipoxygenase in cereal bran, germ and soybean by microwave treatment[J]. LWT-Food Science and Technology, 1992, 25(6): 532-535.
- [5] 邓开野,罗彩文. 茶风味乳酸发酵香肠的工艺研究[J]. 食品与机械, 2009, 25(3): 109-111.
- [6] 谢贞建,赵超群,邹联柱,等. 普洱茶多酚的提取及抗氧化作用研究[J]. 食品与机械, 2009, 25(1): 64-67.
- [7] 董海洲,刘传富,侯汉学. 绿茶月饼加工工艺参数及其理化特性[J]. 食品与发酵工业, 2003(8): 88-91.
- [8] ALI Zaiter, LOIC Becker, MARIE Celeste Karam, et al. Effect of particle size on antioxidant activity and catechin content of green tea powder[J]. J Food Sci Technol, 2016, 53(4): 2 025-2 032.
- [9] NAM Ki Chang, KIM Hyun Cheul, CHA Jusu, et al. The quality characteristics and antioxidant properties of sun-dried venison jerky with green tea powder during storage[J]. Korean J Food Sci An, 2016, 36(5): 626-634.
- [10] 王镇. 超微绿茶粉及在食品工业中的应用[J]. 食品科技, 2007(12): 73-75.
- [11] 魏逢环,田景振,牛波. 超微粉碎技术[J]. 山东中医杂志, 1999, 18(12): 55-56.
- [12] 王成忠,邵秀芝,于功明. 麦胚固体饮料的研制[J]. 粮食加工与食品机械, 2004(12): 65-66.
- [13] MARINKO P, NATAŠA K, VESNA B. Optimization of the GC method for routine analysis of the fatty acid profile in several food samples[J]. Food Chemistry, 2010, 122(1): 285-291.
- [14] BRANDWILIAMS W, CUVELIER M E, SERSET C. Use of a free-radical method to evaluate Antioxidant activity[J]. Food Science and Technology Lebensmittel Wssenschaft & Technology, 1995, 28(1): 25-30.
- [15] MARINO B Arnao, ANTONIO Cano, MANUEL Acosta. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity[J]. Food Chemistry, 2001, 73(2): 239-244.
- [16] 陈玉香,刘阳,周道玮. 茶多酚对豆油及猪油的抗氧化作用[J]. 食品科学, 2011, 22(11): 27-29.
- [17] 张丽娜,谢岩黎,赵文红. 小麦麸皮石油醚提取物与小麦胚芽油脂脂肪酸组成对比研究[J]. 食品科技, 2014, 39(10): 174-177.
- [18] 朱建丽. 方便米饭在贮藏过程中脂肪酸变化研究[J]. 粮食与油脂, 2002(9): 6-7.
- [19] 张桂英,李琳,郭祀远. 微波辐射下植物油中维生素 E 抗氧化性能的变化[J]. 中国油脂, 1998, 23(4): 58-59.
- [20] 王莹. 茶多酚的抗氧化和抑菌活性及其增效剂[J]. 生物学杂志, 2007, 24(5): 54-56.
- [21] 陈玉香,刘阳,周道玮. 茶多酚对豆油及猪油的抗氧化作用[J]. 食品科学, 2001, 22(11): 27-29.
- [22] JIA Zhi-sheng, ZHOU Bo, LI Yang, et al. Antioxidation synergism of tea polyphenols and α -tocopherol against free Radical induced peroxidation of linoleic acid in solution[J]. J Chem Soc, 1998, 2(4): 911-915.
- [23] 梁达文,张浩谋,黄志毅. 饲用油脂的丙二醛检测方法探讨[J]. 广东饲料, 2011, 20(4): 36-37.