

不同油脂及抗氧化剂对韧性饼干氧化变质的影响

刘荣, 王慧

(东北林业大学林学院, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要: 本文研究了不同油脂及抗氧化剂对于韧性饼干在 65 °C 下氧化变质的影响。通过测定该饼干在 65 °C 保存下酸价、过氧化值、水分含量以及感官评分四项指标的变化, 确定饼干氧化变质的速度。试验发现饼干中添加黄油时四项指标变化最为缓慢, 65 °C 下可保存 54 d; 添加豆油时四项指标变化相对较快, 65 °C 下可保存 48 d。看来饱和脂肪酸含量高的油脂的氧化速度较慢, 制作出的饼干变质慢, 保质期长; 不饱和脂肪酸含量高的油脂的氧化速度较快, 制作出的饼干变质快, 保质期短。所有抗氧化剂都具有抗氧化效果: 合成抗氧化剂中 TBHQ 的效果最好, 天然抗氧化剂中茶多酚的效果最好; 当 0.010% TBHQ 结合 0.020% 茶多酚复配使用时, 抗氧化效果最明显, 氧化变质最慢, 饼干在 65 °C 的储藏下可保存 60 d。因此, 不同油脂及抗氧化剂对饼干的氧化变质都有影响。该研究为延长饼干的保质期提供参考。

关键词: 饼干; 油脂; 抗氧化剂; 氧化; 保质期

文章编号: 1673-9078(2018)08-90-98

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.8.014

Effects of Different Oils and Antioxidants on Oxidative Deterioration of Toughened Biscuits

LIU Rong, WANG Hui

(College of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: In this paper, the effects of different oils and antioxidants on the oxidative deterioration at 65 °C of toughened biscuits were studied. The rate of oxidative deterioration of the biscuits was determined through analyzing the changes in acid value, peroxide value, water content and sensory scores of biscuits at 65 °C. It was found that when the butter was added to biscuits, the changes in the four indices were slower with a shelf life of 54 days at 65 °C, whereas, the changes in the four indices were faster upon the addition of soybean oil with a shelf life of 48 days at 65 °C. It seemed that addition of oil with a high saturated fatty acid content led to a lower oxidation rate, slower oxidation in biscuit and thus a longer shelf life; adding oil with a high unsaturated fatty acid content caused a higher oxidation rate, faster oxidation in biscuit and consequently shorter shelf life. All the tested antioxidants exhibited anti-oxidant effects: TBHQ was the best antioxidant among the synthetic antioxidants, whilst tea polyphenols were most powerful among the natural antioxidants. The combined use of 0.010% TBHQ and 0.020% tea polyphenols in biscuit making led to the greatest antioxidative effect with the slowest oxidation in biscuits and a shelf life of 60 days at 65 °C. Therefore, different oils and antioxidants exerted impacts on the oxidative deterioration of biscuits. This study provides indicative information for extending the shelf life of biscuits.

Key words: Biscuits; Oils; Antioxidants; Oxidation; Shelf life

食品保质期由食品变质的快慢来确定。食品轻微变质一般指食品的颜色、风味、质构发生劣变, 消费者不可接受; 严重变质时会引起食品安全问题^[1]。食品变质一般分为物理变质、化学变质和微生物变质。这三种变质相互之间重叠, 且可能存在促进作用^[2]。饼干在贮藏过程中影响其氧化变质的不仅有理化指标, 感官可接受性也是关键性指标。其酸败变质过程与其油脂的氧化相关。除选择适合的油脂外, 添加适

收稿日期: 2018-02-04

作者简介: 刘荣 (1971-), 女, 博士, 副研究员, 研究方向: 食品营养与安全

当的抗氧化剂是延长饼干保质期简单、经济的方法^[3]。一般韧性饼干中常用的油脂包括豆油、橄榄油、棕榈油和黄油等。常用的合成抗氧化剂有丁基羟基茴香醚 (BHA)、二丁基羟基甲苯 (BHT)、叔丁基对苯二酚 (TBHQ) 等, 天然抗氧化剂有茶多酚、磷脂、维生素 C 和维生素 E 等。TBHQ 对油脂的抗氧化作用较强, 优于 BHT 和 BHA。天然抗氧化剂的安全性高, 茶多酚的抗氧化能力优于维生素 C 和维生素 E, 并且能适用于较高的温度中, 因此可用于饼干防腐中。此外, 茶多酚具有抗癌、抗辐射、预防治疗心脑血管疾病以及减肥等功效。国内外有关抗氧化剂对食用油脂的研究

表明, 抗氧化剂单独作用时能在一定程度上抑制食品油脂的酸败, 但延迟时间不够长^[4]。另有研究表明, 抗氧化剂复配使用时其抗氧化效果更佳, 氧化速度相对较慢^[5]。所谓的复配抗氧化剂就是将 2 种或者 2 种以上的抗氧化剂混合在一起, 表现为具有更强抗氧化性的复合物。

在饼干保质期模型建立的过程中, 由于受实验时间的影响, 一般选择在较高温条件下, 通过加速实验的方法来测定^[2]。程晓凤等^[6]人的研究中得出: 在 65 °C、75 °C 和 85 °C 下, 检测时间间隔分别为 6 d、3 d 和 1.5 d, 对预测结果更为精确。因此, 本实验中选用 65 °C 下每 6 d 进行测量, 方便检测并且可保证实验结果的正确。

1 材料与方法

1.1 原料与设备

1.1.1 原料

小麦粉、黑木耳粉、大豆蛋白粉、燕麦粉、胡萝卜粉、白砂糖、黄油、棕榈油、橄榄油、豆油、小苏打、食盐、饮用水 (以上均为食用级, 市售), BHA、BHT、TBHQ、茶多酚、磷脂 (以上均为食品添加剂, 市售)。酚酞 (指示剂)、乙醚、乙醇、氢氧化钾、异丙醇、碘化钾、无水硫酸钠、异辛烷、冰乙酸、石油醚、硫代硫酸钠、重铬酸钾、可溶性淀粉 (以上均为分析纯)、蒸馏水。

1.1.2 主要仪器设备

远红外线食品烘炉 DFL-24 型, 广州市白云区宝源厨房设备厂; 电热恒温鼓风干燥箱 DHG-9030A, 巩义市予华仪器有限责任公司; 旋转蒸发器 RE-2000A, 巩义市予华仪器有限责任公司。

1.2 方法

1.2.1 饼干的制备

将小麦粉 100 份, 黑木耳粉 30 份、大豆蛋白粉 25 份、燕麦粉 20 份、胡萝卜粉 15 份、白砂糖 35 份、油脂 30 份、小苏打 2 份、食盐 1 份、按顺序混匀 (其中, 油脂需预先溶入抗氧化剂, 乳化后再与其它原料混合), 再加水 70 份搅拌混匀, 调制成面团后用相同规格模具对面团进行辊压成型, 然后设置焙烤温度 150~170 °C, 焙烤时间 12~15 min, 得到饼干成品后按每袋 100 g 装入铝箔袋, 封口备用。

1.2.2 不同油脂对饼干氧化变质的影响

以小麦粉 100 份为基准, 分别准备 30 份的棕榈油、橄榄油、大豆油、黄油, 油脂中不添加抗氧化剂, 与

其他原料混合后制作饼干, 通过饼干在 65 °C 储存下四项指标的变化, 比较不同油脂的抗氧化效果。

1.2.3 不同抗氧化剂对饼干氧化变质的影响

据 GB 2760-2014 规定, BHA 在饼干中的最大使用量为 0.2 g/kg (以油脂中的含量计), BHT 在饼干中的最大使用量为 0.2 g/kg (以油脂中的含量计), TBHQ 在饼干中的最大使用量为 0.2 g/kg (以油脂中的含量计), 茶多酚在焙烤食品中的最大使用量为 0.4 g/kg (以油脂中的含量计), 磷脂在油脂中无最大使用量, 可按生产需要适量使用。以黄油的添加量计, 分别准备质量分数为 0.020% 的 BHA、BHT、TBHQ、茶多酚、磷脂, 与黄油混合后制作饼干, 通过饼干在 65 °C 储存下四项指标的变化, 比较不同抗氧化剂的抗氧化效果。

1.2.4 抗氧化剂不同复配方式对饼干氧化变质的影响

据 GB 2760-2014 规定, TBHQ 在饼干中的最大使用量为 0.2 g/kg (以油脂中的含量计), 茶多酚在焙烤食品中的最大使用量为 0.4 g/kg (以油脂中的含量计), 并且同一功能的食品添加剂 (相同色泽着色剂、防腐剂、抗氧化剂) 在混合使用时, 各自用量占其最大使用量的比例之和不应超过 1。因此在试验设计时, TBHQ 与茶多酚各自的用量占其最大使用量的比例之和都为 1, 使抗氧化剂的抗氧化效果达到最大。

以黄油的添加量计, 分别准备不同复配方式的抗氧化剂 (抗氧化剂复配方式见表 1), 与黄油混合后制作饼干, 通过饼干在 65 °C 储存下四项指标的变化, 比较抗氧化剂不同复配方式的抗氧化效果。

表 1 抗氧化剂复配方式

Table 1 Compounding methods of Antioxidants

序号	TBHQ 添加量/%	茶多酚添加量/%
1	0.020	0.000
2	0.015	0.010
3	0.010	0.020
4	0.005	0.030
5	0.000	0.040

1.2.5 饼干氧化变质的评价指标

饼干的氧化变质主要是由其中的油脂与空气中的氧气、水蒸气接触而引起的。因此选用判定油脂合格与否的酸价和过氧化值为指标; 选用水分含量和感官评分对口感进行判定。因此, 若四项指标中一项指标不合格时, 判定饼干氧化变质, 不能食用。具体要求如下:

1.2.5.1 酸价

酸价的测定按照 GB 5009.229-2016 进行, 参照 GB 7100-2015 得: 酸价不低于 5 mg/g 时判定为合格。

1.2.5.2 过氧化值

过氧化值的测定按照 GB 5009.227-2016 进行, 参照 GB 7100-2015 得: 过氧化值不低于 0.025 g/100 g 时判定为合格。

1.2.5.3 水分含量

水分含量的测定依据 GB 5009.3-2016 进行, 参照 GB 1433.4-2005 得: 水分含量不高于 6.0% 时判定为合格。

格。

1.2.5.4 感官评分

感官评价标准见表 2, 感官评分不低于 60 时判定为合格。

1.2.6 数据统计分析

本文所有研究均采用 SPSS 18.0 进行分析, 试验平行三次, 数据表示为: 结果±标准差。

表 2 感官评价标准

Table 2 Sensory evaluation criteria

项目	描述	评分
口感 (0~40)	口感不酥脆, 粘牙, 过甜或过咸, 没有产品应有的味道	0~10
	口感不太酥脆, 有点黏牙, 微咸或微甜, 产品自身味道浅	11~20
	口感较酥脆, 不粘牙, 甜咸度可接受, 产品具有应有味道但不浓厚	21~30
	口感酥脆, 不粘牙, 甜咸适度, 产品具有应有味道且味道浓	31~40
组织形态 (0~30)	外形不完整, 收缩和变形非常多, 断面结构无孔状	0~10
	外形不太完整, 收缩和变形多, 断面结构有大的孔洞	11~20
	外形较完整, 收缩和变形少, 断面结构呈多孔状, 有小孔洞	21~25
	外形很完整, 无收缩变形, 断面结构呈多孔状, 细密, 无孔洞	26~30
气味 (0~20)	香味很弱, 有很大异味	0~5
	香味弱, 但持续时间短, 有异味	6~10
	香味较强, 有轻微异味	11~15
	香味强, 且持续时间长, 无异味	16~20
色泽 (0~10)	与产品应有色泽不符, 色泽不均匀, 光泽感很差	0~3
	产品应有色泽不明显, 色泽不太均匀, 光泽感差	4~6
	产品应有色泽较明显, 色泽基本均匀, 光泽不明显	7~8
	具有产品应有的色泽, 色泽非常均匀, 有光泽	9~10

2 结果与讨论

2.1 不同油脂对饼干保质期的影响

不同油脂在相同添加量时, 对饼干保质期的影响见表 3~6, 其中酸价以及过氧化值随储藏时间的变化比较显著, 感官评分稍差, 水分含量基本上没有太大的差异。

表 3 不同油脂对饼干酸价的影响

Table 3 Effect of different oils on acid value of biscuits

时间	大豆油	橄榄油	棕榈油	黄油
0	0.64±0.09 ^{kA}	0.65±0.04 ^{kA}	0.63±0.02 ^{kA}	0.64±0.06 ^{kA}
6	1.11±0.07 ^{JA}	1.10±0.06 ^{JA}	1.18±0.02 ^{JA}	1.08±0.06 ^{JA}
12	1.61±0.04 ^{IA}	1.46±0.03 ^{IB}	1.38±0.03 ^{IBC}	1.33±0.04 ^{IC}
18	2.03±0.10 ^{HA}	1.89±0.01 ^{HAB}	1.98±0.09 ^{HA}	1.79±0.03 ^{HB}
24	2.54±0.07 ^{GA}	2.54±0.05 ^{GA}	2.49±0.08 ^{GA}	2.28±0.03 ^{GB}
30	3.09±0.03 ^{FA}	2.98±0.06 ^{FB}	2.97±0.04 ^{FB}	2.74±0.02 ^{FC}
36	3.86±0.05 ^{EA}	3.62±0.07 ^{EB}	3.48±0.03 ^{EB}	3.08±0.09 ^{EC}
42	4.32±0.03 ^{DA}	4.05±0.10 ^{DB}	3.96±0.07 ^{DB}	3.68±0.06 ^{DC}
48	5.07±0.02 ^{CA}	4.67±0.12 ^{CB}	4.29±0.03 ^{CC}	4.05±0.05 ^{CD}
54	5.96±0.02 ^{BA}	5.75±0.07 ^{BB}	4.92±0.08 ^{BC}	4.53±0.06 ^{BD}
60	7.32±0.03 ^{AA}	6.54±0.04 ^{AB}	5.67±0.04 ^{AC}	5.06±0.03 ^{AD}

注: 显著性 $p < 0.05$, a,b,c...表示纵向显著性分析, A,B,C...表示横向显著性分析。

从表 3~6 中可以看出四项指标中酸价和过氧化值对饼干保质期影响比较显著,水分含量影响比较小。并且四种油脂自身的抗氧化效果具有一定差异,其中豆油的抗氧化效果最差,在 60 d 的储藏时间内酸价由 0.64 mg/g 变化为 7.32 mg/g,饼干在 48 d 时酸价不合格(表 3)。黄油的抗氧化效果最好,在 60 d 的储藏时间内酸价由 0.64 mg/g 变化为 5.06 mg/g,60 d 时酸价不合格(表 3);过氧化值由 0.066 g/100 g 变化为 0.297 g/100 g,54 d 时过氧化值接近不合格(表 4)。不同油

脂的添加对于饼干抗氧化效果的差异,主要与这些油脂本身不饱和脂肪酸的含量有关。其中,豆油中不饱和脂肪酸总量为 84.57%,饱和脂肪酸总量为 14.94%^[7]。橄榄油中不饱和脂肪酸总量在 80% 左右^[8]。棕榈油中不饱和脂肪酸总量为 49.53%,饱和脂肪酸总量为 48.77%^[9]。黄油的不饱和脂肪酸总量为 44.33%,饱和脂肪酸总量为 55.67%^[10]。因此,可以得出:不饱和脂肪酸含量越多,油脂的氧化速度越快,饼干的保质期相对也就越短。

表 4 不同油脂对饼干过氧化值的影响

Table 4 Effect of different oils on peroxide value of biscuits

时间	大豆油	橄榄油	棕榈油	黄油
0	0.065±0.004 ^{kA}	0.067±0.010 ^{jA}	0.066±0.011 ^{iA}	0.066±0.002 ^{iA}
6	0.073±0.004 ^{ijA}	0.072±0.004 ^{ijA}	0.070±0.001 ^{ijA}	0.069±0.003 ^{hiA}
12	0.084±0.002 ^{iA}	0.081±0.002 ^{hiA}	0.080±0.001 ^{hiA}	0.075±0.003 ^{hiB}
18	0.101±0.002 ^{hA}	0.091±0.009 ^{ghAB}	0.089±0.005 ^{ghB}	0.081±0.001 ^{ghB}
24	0.112±0.001 ^{gA}	0.101±0.001 ^{gB}	0.094±0.008 ^{gBC}	0.090±0.001 ^{gC}
30	0.128±0.005 ^{fA}	0.126±0.006 ^{fA}	0.114±0.007 ^{fAB}	0.108±0.009 ^{fB}
36	0.150±0.006 ^{eA}	0.147±0.003 ^{eA}	0.128±0.001 ^{eB}	0.126±0.003 ^{eB}
42	0.179±0.001 ^{dA}	0.175±0.004 ^{dAB}	0.165±0.002 ^{dB}	0.167±0.010 ^{dAB}
48	0.246±0.002 ^{cA}	0.245±0.005 ^{cA}	0.224±0.004 ^{eB}	0.228±0.010 ^{eB}
54	0.278±0.001 ^{bA}	0.269±0.006 ^{bAB}	0.257±0.005 ^{bBC}	0.249±0.008 ^{bC}
60	0.332±0.004 ^{aA}	0.320±0.002 ^{aB}	0.306±0.003 ^{aC}	0.297±0.007 ^{aC}

注:显著性 $p < 0.05$, a,b,c...表示纵向显著性分析, A,B,C...表示横向显著性分析。

表 5 不同油脂对饼干水分含量的影响

Table 5 Effect of different oils on water content of biscuits

时间	大豆油	橄榄油	棕榈油	黄油
0	3.80±0.09 ^{fA}	3.87±0.04 ^{eA}	3.85±0.07 ^{dA}	3.84±0.06 ^{gA}
6	3.82±0.07 ^{fA}	3.85±0.06 ^{eA}	3.89±0.02 ^{dA}	3.86±0.06 ^{gA}
12	3.87±0.01 ^{fA}	3.83±0.03 ^{eA}	3.86±0.03 ^{cA}	3.89±0.04 ^{gA}
18	4.03±0.10 ^{eA}	3.94±0.01 ^{eA}	4.03±0.09 ^{cA}	4.12±0.08 ^{fA}
24	4.34±0.07 ^{dB}	4.08±0.05 ^{dC}	4.53±0.08 ^{bA}	4.29±0.03 ^{eB}
30	4.52±0.03 ^{cB}	4.28±0.06 ^{CD}	4.87±0.04 ^{aA}	4.39±0.02 ^{eC}
36	4.67±0.05 ^{bAB}	4.49±0.07 ^{bC}	4.78±0.03 ^{aA}	4.57±0.09 ^{dB}
42	4.79±0.03 ^{abA}	4.65±0.10 ^{bB}	4.84±0.07 ^{aA}	4.79±0.06 ^{bcA}
48	4.85±0.12 ^{aA}	4.85±0.12 ^{aA}	4.76±0.13 ^{aA}	4.68±0.05 ^{cdA}
54	4.83±0.02 ^{aAB}	4.80±0.07 ^{aB}	4.83±0.08 ^{aAB}	4.97±0.06 ^{aA}
60	4.75±0.03 ^{aB}	4.86±0.04 ^{aA}	4.79±0.04 ^{aAB}	4.82±0.03 ^{bAB}

注:显著性 $p < 0.05$, a,b,c...表示纵向显著性分析, A,B,C...表示横向显著性分析。

2.2 不同抗氧化剂对饼干保质期的影响

不同抗氧化剂在相同添加量时,对饼干保质期的影响见表 7~10,其中酸价以及过氧化值随储藏时间的变化比较显著,感官评分稍差,水分含量基本没有差异。从表 7~10 中可以看出五种抗氧化剂都有一定的

抗氧化效果,其中以 TBHQ 效果最为明显,饼干保质期相较其他延长了 6~18 d(表 7),天然抗氧化剂在饼干保存前期抗氧化效果较好,保存后期抗氧化效果变弱(表 7、8),相对而言,茶多酚的抗氧化效果要优于磷脂(表 8)。

不同抗氧化剂对于饼干抗氧化效果的差异,主要

是因为这些抗氧化剂本身的结构，溶解性以及它和饼干原料自身的抗氧化性交互作用的结果^[11]。从本试验来看，添加磷脂后的饼干在储藏初期和同为天然抗氧化剂的茶多酚比较四项指标变化不大，但后期（42 d 之后）添加磷脂的饼干过氧化值变化尤其快，这是因

为磷脂自身的脂类结构导致的。不同抗氧化剂在油脂中的溶解性是不同的，这也间接导致抗氧化剂对保质期的影响，如 BHA、BHT 与 TBHQ 比较，因 TBHQ 溶解性较好，抗氧化能力较好，酸价等的变化相对缓慢。

表 6 不同油脂对饼干感官评分的影响

Table 6 Effect of different oils on sensory evaluation of biscuits

时间	大豆油	橄榄油	棕榈油	黄油
0	88.4±0.8 ^{aA}	89.4±0.2 ^{aA}	89.3±1.0 ^{aA}	89.7±0.1 ^{aA}
6	88.0±1.2 ^{aA}	87.3±0.9 ^{bA}	87.8±0.3 ^{bA}	88.5±0.5 ^{bA}
12	87.7±1.1 ^{abA}	87.7±0.7 ^{bA}	87.7±0.3 ^{bA}	88.2±0.3 ^{bA}
18	86.4±0.9 ^{bcB}	87.4±0.6 ^{bcB}	87.6±0.3 ^{bcB}	87.9±0.2 ^{bA}
24	86.1±0.2 ^{cC}	86.8±0.2 ^{bB}	87.2±0.4 ^{bb}	87.9±0.3 ^{bA}
30	83.9±0.8 ^{dB}	84.8±0.9 ^{cAB}	85.3±0.8 ^{cAB}	86.3±0.4 ^{cA}
36	81.4±0.4 ^{ec}	82.7±1.0 ^{dB}	83.6±0.8 ^{dAB}	85.3±0.9 ^{cdA}
42	80.3±0.9 ^{dB}	81.5±0.6 ^{deB}	83.7±0.4 ^{dA}	84.2±0.7 ^{dA}
48	82.5±0.2 ^{deB}	82.1±0.6 ^{dB}	84.8±0.5 ^{cdA}	85.0±0.4 ^{dA}
54	80.7±0.4 ^{dB}	80.5±0.5 ^{dB}	82.3±0.4 ^{eA}	83.0±0.7 ^{eA}
60	76.7±0.3 ^{gC}	78.8±0.3 ^{dB}	81.8±0.7 ^{eA}	81.5±0.8 ^{fA}

注：显著性 $p < 0.05$ ，a,b,c...表示纵向显著性分析，A,B,C...表示横向显著性分析。

表 7 不同抗氧化剂对饼干酸价的影响

Table 7 Effect of different antioxidants on acid value of biscuits

时间	无	BHA	BHT	TBHQ	茶多酚	磷脂
0	0.66±0.04 ^{IA}	0.66±0.04 ^{IA}	0.63±0.02 ^{IA}	0.65±0.07 ^{kA}	0.68±0.03 ^{kA}	0.61±0.03 ^{IA}
6	0.98±0.07 ^{kA}	0.89±0.04 ^{kAB}	0.82±0.01 ^{kBC}	0.75±0.01 ^{kC}	0.73±0.09 ^{kC}	0.87±0.04 ^{kAB}
12	1.36±0.04 ^{iA}	1.21±0.07 ^{jBC}	1.16±0.11 ^{jC}	0.99±0.05 ^{iD}	1.01±0.05 ^{iD}	1.32±0.01 ^{jAB}
18	1.62±0.06 ^{iA}	1.53±0.10 ^{iAB}	1.40±0.09 ^{iAB}	1.35±0.12 ^{iB}	1.37±0.12 ^{iB}	1.48±0.02 ^{iAB}
24	1.85±0.08 ^{hA}	1.81±0.07 ^{hA}	1.73±0.06 ^{hAB}	1.63±0.12 ^{hB}	1.75±0.05 ^{hAB}	1.82±0.04 ^{hA}
30	2.31±0.07 ^{gA}	2.05±0.12 ^{gBC}	1.93±0.10 ^{gBC}	1.88±0.10 ^{gC}	2.08±0.11 ^{gBC}	2.14±0.08 ^{gAB}
36	2.67±0.08 ^{fAB}	2.44±0.04 ^{fC}	2.39±0.08 ^{fC}	2.52±0.03 ^{fBC}	2.44±0.05 ^{fC}	2.73±0.10 ^{fA}
42	3.20±0.07 ^{eB}	3.12±0.04 ^{eB}	2.83±0.03 ^{eC}	2.73±0.04 ^{eC}	2.80±0.08 ^{eC}	3.46±0.01 ^{eA}
48	3.91±0.03 ^{dB}	3.84±0.09 ^{dB}	3.53±0.05 ^{dC}	3.26±0.03 ^{dD}	3.56±0.04 ^{dC}	4.04±0.06 ^{dA}
54	4.59±0.10 ^{cB}	4.42±0.07 ^{cC}	4.23±0.07 ^{cD}	3.98±0.04 ^{cE}	4.29±0.07 ^{cCD}	4.97±0.08 ^{cA}
60	5.36±0.04 ^{bb}	5.12±0.09 ^{bc}	5.06±0.03 ^{bc}	4.35±0.07 ^{bd}	5.35±0.04 ^{bb}	5.54±0.05 ^{ba}
66	6.23±0.08 ^{ac}	5.98±0.08 ^{ad}	5.74±0.04 ^{ae}	5.02±0.05 ^{af}	6.72±0.06 ^{ab}	6.94±0.08 ^{aa}

注：显著性 $p < 0.05$ ，a,b,c...表示纵向显著性分析，A,B,C...表示横向显著性分析。

表 8 不同抗氧化剂对饼干过氧化值的影响

Table 8 Effect of different antioxidants on peroxide value of biscuits

时间	无	BHA	BHT	TBHQ	茶多酚	磷脂
0	0.066±0.005 ^{iA}	0.066±0.005 ^{iA}	0.065±0.004 ^{iA}	0.066±0.006 ^{iA}	0.066±0.004 ^{iA}	0.065±0.003 ^{iA}
6	0.070±0.003 ^{iA}	0.066±0.004 ^{iA}	0.067±0.004 ^{iA}	0.072±0.005 ^{hiA}	0.067±0.001 ^{iA}	0.069±0.004 ^{iiA}
12	0.083±0.003 ^{hA}	0.078±0.001 ^{hiAB}	0.079±0.004 ^{iAB}	0.073±0.002 ^{hiB}	0.071±0.004 ^{hiB}	0.076±0.004 ^{hiAB}
18	0.088±0.006 ^{hA}	0.081±0.002 ^{hA}	0.079±0.005 ^{hA}	0.077±0.005 ^{ghA}	0.079±0.007 ^{ghA}	0.084±0.006 ^{ghA}
24	0.091±0.006 ^{ghA}	0.089±0.008 ^{ghA}	0.082±0.002 ^{hA}	0.080±0.005 ^{ghA}	0.081±0.007 ^{ghA}	0.087±0.008 ^{gA}

转下页

接上页

30	0.103±0.004 ^{gA}	0.097±0.011 ^{fgAB}	0.096±0.004 ^{gAB}	0.083±0.006 ^{fgB}	0.088±0.003 ^{gB}	0.093±0.004 ^{gAB}
36	0.126±0.003 ^{fA}	0.11±0.006 ^{fB}	0.107±0.006 ^{fB}	0.091±0.004 ^{fC}	0.108±0.004 ^{fB}	0.105±0.007 ^{fB}
42	0.168±0.001 ^{eB}	0.153±0.008 ^{eC}	0.136±0.004 ^{eD}	0.123±0.002 ^{eE}	0.164±0.002 ^{eB}	0.197±0.003 ^{eA}
48	0.210±0.010 ^{dB}	0.197±0.005 ^{dB}	0.197±0.005 ^{dB}	0.174±0.002 ^{dC}	0.200±0.003 ^{dB}	0.233±0.005 ^{dA}
54	0.232±0.009 ^{cB}	0.243±0.005 ^{cC}	0.235±0.005 ^{cBC}	0.211±0.002 ^{cD}	0.226±0.001 ^{cBC}	0.279±0.001 ^{cA}
60	0.287±0.007 ^{bB}	0.276±0.010 ^{bBC}	0.261±0.006 ^{bCD}	0.249±0.007 ^{bD}	0.265±0.008 ^{bC}	0.303±0.002 ^{bA}
66	0.332±0.005 ^{aB}	0.304±0.006 ^{aC}	0.299±0.006 ^{aC}	0.259±0.004 ^{aD}	0.307±0.001 ^{aC}	0.372±0.002 ^{aA}

注: 显著性 $p < 0.05$, a,b,c...表示纵向显著性分析, A,B,C...表示横向显著性分析。

表9 不同抗氧化剂对饼干水分含量的影响

Table 9 Effect of different antioxidants on water content of biscuits

时间	无	BHA	BHT	TBHQ	茶多酚	磷脂
0	3.86±0.14 ^{gA}	3.89±0.04 ^{eA}	3.95±0.07 ^{eA}	3.87±0.07 ^{gA}	3.87±0.03 ^{gA}	3.79±0.07 ^{gA}
6	3.89±0.07 ^{fgAB}	3.95±0.04 ^{eAB}	3.84±0.01 ^{eAB}	3.87±0.08 ^{gAB}	3.98±0.08 ^{gA}	3.83±0.04 ^{gB}
12	3.97±0.04 ^{efgB}	4.12±0.07 ^{dA}	3.90±0.11 ^{deB}	3.90±0.05 ^{fgB}	3.86±0.05 ^{gB}	3.86±0.01 ^{gB}
18	4.05±0.06 ^{defA}	4.23±0.09 ^{cdA}	4.05±0.09 ^{dA}	4.05±0.12 ^{fA}	4.21±0.12 ^{fA}	4.16±0.03 ^{fA}
24	4.16±0.08 ^{deB}	4.36±0.07 ^{cA}	4.27±0.05 ^{cAB}	4.34±0.15 ^{eAB}	4.39±0.05 ^{eA}	4.35±0.04 ^{eA}
30	4.12±0.07 ^{dD}	4.54±0.11 ^{bABB}	4.35±0.10 ^{cBC}	4.30±0.09 ^{eCD}	4.65±0.11 ^{dA}	4.67±0.08 ^{dA}
36	4.37±0.08 ^{cC}	4.78±0.04 ^{aA}	4.58±0.08 ^{bB}	4.57±0.03 ^{dB}	4.79±0.11 ^{cdA}	4.69±0.10 ^{dAB}
42	4.44±0.07 ^{bcC}	4.89±0.03 ^{aAB}	4.79±0.09 ^{bB}	4.76±0.04 ^{CB}	4.98±0.08 ^{bcdA}	4.89±0.05 ^{cAB}
48	4.58±0.07 ^{bD}	4.82±0.10 ^{aC}	4.87±0.05 ^{aBC}	4.98±0.03 ^{abAB}	4.96±0.03 ^{aABC}	5.06±0.06 ^{abA}
54	4.89±0.09 ^{aBC}	4.75±0.07 ^{aC}	4.85±0.07 ^{aC}	5.04±0.04 ^{aAB}	4.85±0.06 ^{abcC}	5.13±0.10 ^{aA}
60	4.95±0.03 ^{aA}	4.80±0.08 ^{aBC}	4.81±0.03 ^{aB}	4.82±0.08 ^{bcB}	4.77±0.04 ^{abB}	4.98±0.04 ^{bcA}
66	4.85±0.08 ^{aA}	4.92±0.07 ^{aA}	4.9±0.03 ^{aA}	4.94±0.05 ^{abA}	4.90±0.06 ^{abcA}	4.96±0.08 ^{bcA}

注: 显著性 $p < 0.05$, a,b,c...表示纵向显著性分析, A,B,C...表示横向显著性分析。

表10 不同抗氧化剂对饼干感官评分的影响

Table 10 Effect of different antioxidants on sensory evaluation of biscuits

时间	无	BHA	BHT	TBHQ	茶多酚	磷脂
0	87.6±0.6 ^{aB}	88.0±0.1 ^{aAB}	87.9±0.2 ^{aAB}	88.8±0.1 ^{aA}	88.1±0.8 ^{aAB}	88.3±0.3 ^{aAB}
6	86.5±0.6 ^{abAB}	87.0±0.9 ^{abA}	86.9±1.3 ^{abA}	86.2±1.3 ^{ba}	87.7±0.6 ^{aA}	88.1±0.2 ^{aA}
12	86.1±0.4 ^{ba}	86.0±0.3 ^{bcA}	86.7±0.4 ^{abA}	86.9±0.9 ^{ba}	87.2±0.0 ^{aA}	86.9±0.4 ^{ba}
18	86.0±0.4 ^{ba}	85.6±0.5 ^{ca}	85.6±0.5 ^{bcA}	85.8±0.6 ^{bcA}	86.6±0.9 ^{abA}	87.1±1.0 ^{abA}
24	84.6±0.6 ^{ca}	84.3±1.1 ^{deA}	84.3±1.1 ^{cdA}	84.3±1.0 ^{cdA}	85.5±0.8 ^{bcA}	84.9±0.0 ^{ca}
30	83.9±0.8 ^{cdA}	83.1±0.7 ^{efA}	83.0±1.3 ^{dA}	83.1±1.3 ^{deA}	84.0±0.7 ^{dA}	83.3±0.9 ^{dA}
36	83.4±0.2 ^{deAB}	82.6±0.6 ^{fgB}	82.9±0.7 ^{dAB}	83.0±0.6 ^{deAB}	84.2±0.7 ^{cdA}	83.2±0.7 ^{dAB}
42	82.0±0.3 ^{fA}	81.3±0.9 ^{ghAB}	80.9±0.2 ^{eB}	81.3±0.2 ^{fAB}	80.6±1.0 ^{efB}	81.1±0.5 ^{caB}
48	82.4±0.9 ^{efAB}	82.0±0.3 ^{fghAB}	82.7±0.7 ^{dA}	82.2±0.3 ^{efAB}	81.8±0.2 ^{eAB}	81.2±0.0 ^{eB}
54	78.4±0.4 ^{gC}	81.1±0.3 ^{hA}	80.9±0.9 ^{eAB}	81.0±0.1 ^{fgA}	79.9±0.5 ^{fB}	80.4±0.1 ^{eAB}
60	75.8±0.5 ^{hC}	77.5±0.8 ^{iB}	78.4±0.6 ^{fAB}	79.5±0.7 ^{gA}	77.2±0.4 ^{gBC}	77.0±0.8 ^{fBC}
66	66.5±0.6 ^{iD}	73.8±0.4 ^{iAB}	72.9±0.5 ^{gB}	75.4±0.9 ^{hA}	70.8±1.2 ^{hC}	67.2±0.5 ^{gD}

注: 显著性 $p < 0.05$, a,b,c...表示纵向显著性分析, A,B,C...表示横向显著性分析。

2.3 抗氧化剂不同复配方式对饼干保质期的影响

抗氧化剂不同复配方式对饼干保质期的影响见表11~14,其中酸价以及过氧化值随储藏时间的变化比较显著,感官评分稍差,水分含量基本没有差异。从表11中可以看出当0.010%TBHQ与0.020%茶多酚复配

使用时,对饼干的抗氧化效果是最强的。理论上,抗氧化能力较强的抗氧化剂自身被氧化的速率要高于抗氧化性能弱的抗氧化剂,也就是说饼干中的油脂氧化时,强抗氧化剂先被氧化。由于存在弱抗氧化剂,它可以

还原强抗氧化剂使其重新参与抗氧化反应。弱抗氧化剂的存在可以维持强抗氧化剂在体系中相对稳定的浓度,从而起到增效作用^[12]。

表 11 抗氧化剂不同复配方式对饼干酸价的影响

Table 11 Effect of different compounding methods of antioxidants on acid value of biscuits

时间	无	BHA	BHT	TBHQ	茶多酚
0	0.65±0.01 ^{kA}	0.63±0.03 ^{lA}	0.66±0.03 ^{lA}	0.64±0.09 ^{lA}	0.60±0.01 ^{lA}
6	0.78±0.04 ^{kA}	0.75±0.01 ^{kA}	0.72±0.08 ^{lA}	0.82±0.07 ^{kA}	0.73±0.04 ^{iiA}
12	1.08±0.12 ^{lAB}	1.06±0.04 ^{lAB}	1.02±0.05 ^{lAB}	1.19±0.03 ^{lA}	0.89±0.12 ^{lB}
18	1.35±0.14 ^{lA}	1.36±0.04 ^{lA}	1.30±0.12 ^{hA}	1.39±0.10 ^{lA}	1.19±0.14 ^{hA}
24	1.63±0.12 ^{hA}	1.53±0.07 ^{hA}	1.28±0.05 ^{hB}	1.57±0.07 ^{hA}	1.23±0.13 ^{hB}
30	1.96±0.03 ^{gA}	1.73±0.07 ^{gB}	1.52±0.11 ^{gC}	1.96±0.03 ^{gA}	1.56±0.03 ^{gC}
36	2.52±0.04 ^{fA}	2.23±0.07 ^{fC}	2.10±0.05 ^{fD}	2.36±0.05 ^{fB}	1.91±0.04 ^{fE}
42	2.85±0.07 ^{eA}	2.69±0.09 ^{eB}	2.66±0.08 ^{eB}	2.97±0.03 ^{eA}	2.55±0.07 ^{eB}
48	3.36±0.03 ^{dB}	3.26±0.06 ^{dC}	3.18±0.03 ^{dd}	3.52±0.02 ^{dA}	3.32±0.03 ^{dB}
54	3.94±0.08 ^{cA}	3.92±0.09 ^{cA}	3.87±0.06 ^{cA}	3.92±0.02 ^{cA}	4.04±0.08 ^{cA}
60	4.35±0.05 ^{bd}	4.45±0.03 ^{bc}	4.32±0.04 ^{bd}	4.71±0.03 ^{bb}	5.03±0.05 ^{ba}
66	5.08±0.10 ^{ab}	5.08±0.05 ^{ab}	4.91±0.08 ^{ab}	5.38±0.07 ^{aA}	5.26±0.07 ^{aA}

注: 显著性 $p < 0.05$, a,b,c...表示纵向显著性分析, A,B,C...表示横向显著性分析。

表 12 抗氧化剂不同复配方式对饼干过氧化值的影响

Table 12 Effect of different compounding methods of antioxidants on peroxide value of biscuits

时间	无	BHA	BHT	TBHQ	茶多酚
0	0.066±0.006 ^{hA}	0.068±0.010 ^{kA}	0.066±0.001 ^{lA}	0.066±0.007 ^{kA}	0.065±0.004 ^{hA}
6	0.072±0.005 ^{hA}	0.075±0.006 ^{lA}	0.072±0.004 ^{hiA}	0.072±0.005 ^{lA}	0.067±0.004 ^{hA}
12	0.073±0.002 ^{hBC}	0.085±0.008 ^{iiA}	0.073±0.002 ^{g^hBC}	0.083±0.006 ^{ijAB}	0.069±0.004 ^{hC}
18	0.087±0.005 ^{gAB}	0.097±0.009 ^{lA}	0.077±0.004 ^{ghB}	0.094±0.006 ^{hiA}	0.079±0.005 ^{gB}
24	0.095±0.005 ^{gB}	0.122±0.003 ^{hA}	0.080±0.007 ^{ghC}	0.114±0.005 ^{hA}	0.080±0.002 ^{gC}
30	0.112±0.006 ^{fC}	0.157±0.004 ^{gA}	0.083±0.003 ^{fgD}	0.138±0.009 ^{gB}	0.095±0.004 ^{fD}
36	0.129±0.004 ^{eC}	0.194±0.002 ^{fA}	0.091±0.006 ^{fE}	0.165±0.003 ^{fB}	0.117±0.006 ^{eD}
42	0.133±0.002 ^{eC}	0.223±0.001 ^{eA}	0.153±0.004 ^{eB}	0.221±0.011 ^{eA}	0.146±0.004 ^{dB}
48	0.174±0.002 ^{dC}	0.250±0.004 ^{dA}	0.194±0.003 ^{dB}	0.243±0.009 ^{dA}	0.170±0.005 ^{cC}
54	0.221±0.002 ^{cB}	0.263±0.008 ^{cA}	0.221±0.007 ^{cB}	0.259±0.007 ^{cA}	0.205±0.005 ^{bC}
60	0.249±0.007 ^{bb}	0.281±0.007 ^{ba}	0.249±0.004 ^{bb}	0.282±0.008 ^{ba}	0.241±0.006 ^{ab}
66	0.269±0.004 ^{ac}	0.295±0.004 ^{ab}	0.259±0.004 ^{ad}	0.309±0.004 ^{aA}	0.249±0.006 ^{aE}

注: 显著性 $p < 0.05$, a,b,c...表示纵向显著性分析, A,B,C...表示横向显著性分析。

表 13 抗氧化剂不同复配方式对饼干水分含量的影响

Table 13 Effect of different compounding methods of antioxidants on water content of biscuits

时间	无	BHA	BHT	TBHQ	茶多酚
0	3.86±0.12 ^{eA}	3.85±0.09 ^{eA}	3.90±0.03 ^{fA}	3.82±0.09 ^{gA}	3.83±0.11 ^{eA}
6	3.89±0.04 ^{eA}	3.85±0.07 ^{eA}	3.89±0.08 ^{fA}	3.86±0.07 ^{gA}	3.87±0.04 ^{eA}
12	3.98±0.12 ^{eA}	3.87±0.03 ^{eA}	3.87±0.05 ^{fA}	3.97±0.04 ^{gA}	3.92±0.12 ^{eA}
18	4.05±0.08 ^{deA}	4.06±0.04 ^{dA}	4.06±0.12 ^{eA}	4.12±0.10 ^{fA}	3.97±0.15 ^{d^eA}
24	4.21±0.12 ^{dA}	4.18±0.06 ^{dA}	4.21±0.05 ^{dA}	4.30±0.07 ^{eA}	4.13±0.12 ^{dA}

转下页

接上页

30	4.43±0.03 ^{CA}	4.38±0.07 ^{CA}	4.39±0.11 ^{CA}	4.45±0.03 ^{DA}	4.32±0.05 ^{CA}
36	4.65±0.04 ^{BA}	4.65±0.08 ^{BA}	4.47±0.05 ^{CB}	4.62±0.05 ^{CA}	4.59±0.04 ^{BAB}
42	4.87±0.07 ^{AB}	4.97±0.09 ^{AA}	4.68±0.08 ^{BC}	4.79±0.03 ^{bBC}	4.75±0.07 ^{abBC}
48	4.88±0.07 ^{AB}	4.93±0.06 ^{AB}	4.87±0.03 ^{AB}	4.96±0.08 ^{AA}	4.79±0.04 ^{AB}
54	4.90±0.08 ^{AA}	5.02±0.10 ^{AA}	4.97±0.06 ^{AA}	4.97±0.12 ^{AA}	4.86±0.08 ^{AA}
60	4.98±0.05 ^{AA}	4.87±0.13 ^{AA}	4.94±0.04 ^{AA}	4.86±0.03 ^{abA}	4.87±0.05 ^{AA}
66	4.95±0.15 ^{AA}	4.89±0.05 ^{AA}	4.91±0.08 ^{AA}	4.92±0.07 ^{abA}	4.89±0.07 ^{AA}

注: 显著性 $p < 0.05$, a,b,c...表示纵向显著性分析, A,B,C...表示横向显著性分析。

表 14 抗氧化剂不同复配方式对饼干感官评分的影响

Table 14 Effect of different compounding methods of antioxidants on sensory evaluation of biscuits

时间	无	BHA	BHT	TBHQ	茶多酚
0	88.8±0.1 ^{AA}	88.4±0.5 ^{AA}	89.2±1.0 ^{AA}	89.4±0.5 ^{AA}	88.8±0.1 ^{AA}
6	86.2±1.3 ^{bB}	88.0±0.5 ^{AB}	88.9±0.3 ^{AA}	87.3±0.4 ^{bAB}	88.2±1.3 ^{abAB}
12	86.9±0.9 ^{bA}	87.7±0.2 ^{AA}	88.0±0.3 ^{abA}	87.7±0.2 ^{bA}	87.9±0.9 ^{abA}
18	85.8±0.6 ^{bB}	86.4±0.7 ^{bAB}	87.0±0.3 ^{bAB}	87.4±0.7 ^{bA}	86.8±0.6 ^{bcAB}
24	84.3±1.0 ^{cB}	86.1±0.8 ^{bAB}	85.6±0.4 ^{cAB}	86.8±0.5 ^{bA}	85.3±1.0 ^{cdAB}
30	83.1±1.3 ^{cdA}	83.9±0.5 ^{cA}	84.6±0.8 ^{cdA}	84.8±0.4 ^{cA}	85.1±1.3 ^{dA}
36	83.0±0.6 ^{cdB}	81.4±0.7 ^{deC}	83.8±0.8 ^{dAB}	82.7±0.5 ^{dBC}	85.0±0.6 ^{dA}
42	81.3±0.2 ^{eBC}	80.3±0.8 ^{eC}	81.5±0.4 ^{eB}	81.5±0.4 ^{efB}	84.3±0.2 ^{deA}
48	82.2±0.3 ^{deA}	82.5±0.5 ^{dA}	82.0±0.5 ^{eA}	82.1±0.9 ^{deA}	83.2±0.3 ^{efA}
54	81.0±0.1 ^{eBC}	80.7±0.2 ^{eBC}	81.2±0.4 ^{eB}	80.5±0.0 ^{fC}	82.0±0.1 ^{fA}
60	79.5±0.7 ^{fA}	76.7±0.4 ^{fA}	80.8±0.7 ^{eA}	78.8±0.5 ^{gA}	79.5±0.7 ^{gA}
66	73.8±0.1 ^{gBC}	74.4±0.7 ^{gB}	78.4±0.4 ^{fA}	72.9±0.4 ^{hC}	74.3±0.4 ^{hB}

注: 显著性 $p < 0.05$, a,b,c...表示纵向显著性分析, A,B,C...表示横向显著性分析。

3 结论

试验通过饼干在 65 °C 储藏过程中酸价、过氧化值、水分含量以及感官评分四项指标的测定, 可以推断出: 酸价以及过氧化值对饼干保质期有直接影响, 并且影响较大, 相对地, 感官评分对饼干保质期的影响较小, 水分含量则几乎没有影响, 因此可用酸价以及过氧化值作为预测饼干保质期的直接指标。饼干中油脂选用黄油, 抗氧化剂选择 0.010% TBHQ (以黄油中的含量计) 与 0.020% 茶多酚 (以黄油中的含量计) 复配使用时, 饼干的抗氧化效果最好, 氧化速度最慢, 因此可以利用黄油及抗氧化剂的复配方式来延长饼干的保质期。

参考文献

- [1] 佟懿, 谢晶. 鲜带鱼不同贮藏温度的货架期预测模型 (简报) [J]. 农业工程学报, 2009, 25(6): 301-305
TONG Yi, XIE Jing. Prediction model of shelf life of freshwater fish at different storage temperatures [J]. Chinese Journal of Agricultural Engineering, 2009, 25(6): 301-305

- [2] 周苏. 茶叶巧油货架期预测模型及延长方法的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2016
ZHOU Su. Tea seed oil shelf life prediction model and extension of the method [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2016
- [3] 肖龙恩, 钱平, 董新娜, 等. 压缩饼干硬度临界值的确定以及加速试验条件下硬度的变化规律[J]. 食品科技, 2015, 37(5): 52-56
XIAO Long-en, QIAN Ping, DONG Xin-na, et al. Determination of the critical value of the compression cracker hardness and the hardness of the accelerated test conditions [J]. Food Science and Technology, 2015, 37(5): 52-56
- [4] Yettella R R, Henbest B, Proctor A. Effect of antioxidants on soy oil conjugated linoleic acid production and its oxidative stability [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(13): 7377-7384
- [5] 吴西芝, 王园, 刘英语. BHA-PG-CA 复配抗氧化剂对黄山烧饼保质期的影响[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(16): 94-96
WU You-zhi, WANG Yuan, LIU Ying-yu. Effect of BHA-PG-CA complex antioxidants on the shelf life of

- Huangshan Shaobing [J]. Anhui Agricultural Sciences, 2017, 45(16): 94-96
- [6] 程晓凤,肖龙恩,李博.压缩饼干货架期预测模型的建立以及影响预测精度的因素[J].食品科技,2015,40(3):107-115
CHENG Xiao-feng, XIAO Long-en, Li Bo. Establishment of prediction model of compacted biscuit shelf life and factors affecting prediction precision [J]. Food Science, 2015, 40(3): 107-115
- [7] 朱宁科.游离脂肪酸对大豆油、菜籽油品质的影响[D].长沙:中国林业科技大学, 2015
ZHU Ning-ke. Free fatty acids on soybean oil, rapeseed oil quality [D]. Changsha: China Forestry University, 2015
- [8] 杜伟钊,盛灵慧,李保山,等.气相色谱-质谱法测定橄榄油中8种脂肪酸含量[J].中国粮油学报,2016,31(4):104-107,112
DU Wei-zhao, SHENG Ling-hui, LI Bao-shan, et al. Determination of 8 fatty acids in olive oil by gas chromatography-mass spectrometry [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oil Products, 2016, 31(4): 104-107, 112
- [9] 李静,王永,杨耀东,等.棕榈油与常见食用油脂脂肪酸组分的比较分析[J].南方农业学报,2016,47(12):2124-2128
LI Jing, WANG Yong, YANG Yao-dong, et al. Comparison and analysis of fatty acid components of palm oil and common edible oil [J]. Auslona Journal of Agriculture, 2016, 47(12): 2124-2128
- [10] 周芬.脂肪类型和脂肪酸饱和程度对猪肉蛋白质乳化特性的影响[D].锦州:渤海大学,2017
ZHOU Fen. Effect of lipid types and fatty acid saturation degree on the pork meat proteins emulsifying properties [D]. Jinzhou: Bohai University, 2017
- [11] 朱华平.高效能压缩饼干性能研究与开发[D].天津:天津科技大学,2005
ZHU Hua-ping. Study on high energy compress biscuit [D]. Tianjin: Tianjin University of Science & Technology, 2005
- [12] 李世科,李春阳,曾晓雄.复合抗氧化剂对油茶籽油的氧化稳定性研究[J].中国粮油学报,2016,31(2): 81-86
LI Shi-ke, LI Chun-yang, ZENG Xiao-xiong. Study on oxidation stability of camellia seed oil with compound antioxidants [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2016, 31(2): 81-86