

1,2-二羰基化合物及晚期糖基化终产物在 蒸蛋糕中的形成及调控

Formation and regulation of 1,2-dicarbonyl compounds and AGEs in steamed cakes

卢永翎 陆 敏 王 茜 吕丽爽

LU Yong-ling LU Min WANG Xi LV Li-shuang

(南京师范大学金陵女子学院, 江苏 南京 210097)

(Ginling College, Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu 210097, China)

摘要: 鉴于烘焙食品中美拉德反应有害产物的形成, 选择不同蒸蛋糕配方(糖种类、油脂种类、糕点酸度调节剂、蛋黄蛋清比例), 分析蛋糕中乙二醛(glyoxal, GO)、甲基乙二醛(methylglyoxal, MGO)及晚期糖基化终产物(advanced glycation end products, AGEs)含量的变化, 并通过添加天然黄酮(染料木素、木犀草素)对蛋糕中 GO、MGO 及 AGEs 进行抑制试验。研究结果表明: 用果糖(六碳糖)加工的蛋糕产生的 MGO 最高, 木糖(五碳糖)产生的 GO 最高, 木糖醇产生的 GO 及 MGO 含量均为最低; 油脂对 GO、MGO 和 AGEs 生成量的影响由高到低依次为玉米油、大豆油、棕榈油、植物黄油; GO、MGO 和 AGEs 的含量随着酸度调节剂的增加而呈下降趋势; 添加蛋黄低于 40% 时, 随着蛋黄添加量的减少有害指标均能显著降低。黄酮能显著抑制有害产物 GO、MGO 和 AGEs 的形成, 且木犀草素的抑制效果高于染料木素。

关键词: 晚期糖基化终产物; 蒸蛋糕; 美拉德反应; 乙二醛; 甲基乙二醛; 黄酮

Abstract: In view of the formation of harmful products of Maillard reaction in baked foods, different recipes of steamed cakes (sugar type, oil type, cake acidity regulator and the ratio between egg white and yolk) were selected to analyze the changes of glyoxal (GO), methylglyoxal (MGO) and advanced glycation end products (AGEs) in cakes, and the inhibitory effects of natural flavonoids (genistein and luteolin) were investigated. The results showed that fructose (hexacarbohydrate) produced the highest MGO, xylose (pentose) produced the highest GO, GO

and MGO contents were the lowest in cakes produced by xylitol; The influence of oil on the production of GO/MGO and AGEs from high to low was corn oil, soybean oil, palm oil, and margarine; The contents of GO/MGO and AGEs decreased with the increase of acidity regulator and the decrease of pH value (8.5 ~ 5.4) of cake system; When yolk was added less than 40%, the amount of harmful products can significantly be reduced with the decrease of yolk content. The flavonoids can inhibit the harmful products of GO/MGO and AGEs, and the inhibitory effect of luteolin was higher than that of genistein.

Keywords: advanced glycation end products; steamed cakes; maillard reaction; glyoxal; methylglyoxal; flavonoids

蒸蛋糕因组织蓬松、味道清淡不腻, 近年来广受欢迎, 其主要原料为小麦粉、鸡蛋、白砂糖、食用油等。蛋糕中的油脂、蛋白质及糖类在高温加工^[1]条件下会同时发生化学和物理变化, 其中美拉德反应在赋予蛋糕理想的风味及色泽的同时, 易导致有害中间产物 1,2-二羰基化合物如乙二醛(GO)和甲基乙二醛(MGO)的形成。高活性的 1,2-二羰基化合物可进一步与蛋白质中的氨基及胍基反应形成稳定的晚期糖基化终产物(AGEs)^[2]。长期摄入高含量 AGEs 的食物会导致体内 AGEs 水平增加^[3], 产生一定危害, 如引发糖尿病及其并发症^[4], 肾脏疾病^[5], 炎症及衰老^[6]。国内外已有研究^[7]证明黄酮类物质具有较好的抗糖基化作用, 如槲皮素、柚皮素、表儿茶素等可以降低烘焙饼干中荧光性 AGEs 及 GO 的产生, 染料木黄酮通过捕获 MGO 形成加合产物从而降低体系中 1,2-二羰基化合物的含量^[8], 但同时研究实际加工体系中不同原料对 1,2-二羰基化合物和晚期糖基化终产物影响的报道较少。

本研究拟选择蒸蛋糕为研究对象, 依据实际蛋糕加

基金项目: 国家自然科学基金面上项目资助(编号: 31571783)

作者简介: 卢永翎, 女, 南京师范大学实验师, 硕士。

通信作者: 吕丽爽(1969—), 女, 南京师范大学教授, 博士。

E-mail: lishuanglv@126.com

收稿日期: 2018-12-26

工体系,通过气相色谱法及荧光分光光度法,探讨了不同配方(糖种类、油脂种类、糕点酸度调节剂、蛋黄蛋清比例)对蛋糕中有害中间产物(GO 及 MGO)和终产物 AGEs 生成量的影响,研究其产生规律及添加食源性黄酮(木犀草素和染料木素)后对美拉德反应的抑制作用。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

玉米油、大豆油、棕榈油(不添加抗氧化剂):南京邦基粮油有限公司;

植物黄油:上海高夫食品有限公司;

低筋小麦粉:深圳南海粮食工业有限公司;

白砂糖、红砂糖、木糖醇:南京甘汁园糖业有限公司;

葡萄糖、D-果糖、麦芽糖、乳糖:分析纯,上海国药集团化学试剂有限公司;

木糖:分析纯,生工生物工程(上海)股份有限公司;

F55 果葡糖浆:长春市正源食品有限公司;

糕点酸度调节剂(塔塔粉):上海万研食品有限公司;

染料木素、木犀草素:HPLC 级($\geq 98\%$),南京广润生物试剂有限公司;

乙二醛(40%水溶液)、甲基乙二醛(40%水溶液)、邻苯二胺(99.5%):分析纯,美国 sigma-Aldrich 公司;

氢氧化钠、盐酸、二氯甲烷、乙醛、2,3-丁二酮等:分析纯,上海国药集团化学试剂有限公司;

甲醇:色谱纯,上海国药集团化学试剂有限公司;

纯净水:杭州娃哈哈集团有限公司。

1.2 仪器与设备

高效液相色谱仪:U-3000 型,美国赛默飞世尔科技公司;

酶标仪:Infinite 200 Pro 型,奥地利 Tecan 有限公司;

冷冻离心机:Eppendorf 5415 型,艾本德中国有限公司;

电子天平:FA2104N 型,上海精密科学仪器有限公司;

pH 计:PHS-3C 型,上海三信仪表厂;

搅拌机:HM520 型,凯伍德有限公司;

电蒸锅:WSYH26A 型,广东美的生活电器制造有限公司。

1.3 方法

1.3.1 基本配方及工艺流程

(1) 基本配方:蛋清部分(蛋清 100 g,糖 38 g,糖种类及塔塔粉用量由试验设计确定);蛋黄部分(低筋小麦粉 36 g,果葡糖浆 16 g,水 10 g,油脂 30 g,油脂种类、蛋黄及黄酮用量由试验设计确定)。

(2) 工艺流程:

低筋小麦粉、果葡糖浆、水、油脂、蛋黄、黄酮
↓
蛋清、糖、塔塔粉→搅打→调制面糊→注模→蒸制→冷却→成品

1.3.2 操作要点 取新鲜鸡蛋分离蛋清和蛋黄,将蛋黄部分充分搅拌均匀制得蛋黄糊,将糖分 3 次加入蛋清中高速搅打至干性发泡制得蛋白霜。取 1/3 蛋白霜加入蛋黄糊中翻拌均匀,再将其与剩余蛋白霜拌匀后分装到尺寸为 6.3 cm×4.0 cm×2.0 cm 的锡纸蛋糕模具中,每份 30 g,将模具在案台上用力震 2~3 次,去除内部较大气泡后置于电蒸锅中蒸 30 min,立即取出于室温下冷却。

1.3.3 蒸蛋糕 GO/MGO 及荧光性 AGEs 形成影响的因素

(1) 糖种类:在基本配方基础上,玉米油添加量 30 g,蛋黄添加量 40 g,不添加塔塔粉及黄酮,选择白砂糖、红砂糖、葡萄糖、果糖、麦芽糖、乳糖、木糖及木糖醇分别添加到蛋清部分,按 1.3.2 方法制作,冷却后粉碎,置于一 80℃冰箱中备用,分析样品中 GO/MGO 和 AGEs 的含量。同一种糖做 3 组平行。

(2) 油脂种类:白砂糖添加量 38 g,蛋黄添加量 40 g,不添加塔塔粉及黄酮,选择玉米油、大豆油、棕榈油、植物黄油分别添加到蛋黄部分,后续操作同 1.3.1(1)。

(3) pH 值:白砂糖添加量 38 g,玉米油添加量 30 g,蛋黄添加量 40 g,不添加黄酮,分别添加塔塔粉 0.0,0.5,1.0,2.0,3.0 g/100 g·蛋清,后续操作同 1.3.1(1)。

(4) 蛋黄添加量:白砂糖添加量 38 g,玉米油添加量 30 g,不添加塔塔粉及黄酮,分别添加蛋黄 0,20,40,60,80 g/100 g·蛋清,后续操作同 1.3.1(1)。

(5) 黄酮:白砂糖添加量 38 g,玉米油添加量 30 g,蛋黄添加量 40 g,不添加塔塔粉,在配方中的蛋清部分分别添加染料木素、木犀草素,添加量分别为 0.05,0.10,0.30 g/100 g。后续操作同 1.3.1(1)。

1.3.4 蛋糕水分、pH 值的测定

(1) 水分含量:按 GB 5009.3—2010 执行。

(2) pH 值:称取 0.4 g 蛋糕粉碎样品于 50 mL 离心管中,加入 20 mL 蒸馏水,涡旋 3 min,室温下放置 1 h,用 pH 计测定上清液 pH 值。

1.3.5 荧光性 AGEs 量的测定 样品中荧光性 AGEs 的提取:根据文献[7]修改如下,样品经提取后取 200 μ L 测定 $Ex/Em=340/465$ nm 处荧光值,Gain 设定为 65,所有试样均做 3 组平行。

1.3.6 GO、MGO 的测定

(1) 样品处理:根据文献[7,9]修改如下,精确称取 0.5 g 蛋糕粉碎样品于 10 mL 离心管中,加入 5 mL 蒸馏水,涡旋 3 min,8 000 r/min 离心 10 min,收集上清液 1。于离心管中加入 5 mL 50%的甲醇水溶液,涡旋混匀后超

声提取(功率 150 W)60 min,8 000 r/min 离心 10 min,收集上清液 2,将 1,2 上清液合并混匀,8 000 r/min 离心 15 min,取 2 mL 上清进行衍生化反应。

(2) 样品衍生化:参照文献[10]。

(3) 标准曲线的建立:精确量取用纯净水稀释的 0.05,0.1,0.5,1,2,5,10,20 $\mu\text{g/mL}$ 的 GO 和 MGO 混合溶液 2 mL,采用 1.3.6(2)的衍生化方法对标准品 GO 和 MGO 进行衍生化,以 GO 或 MGO 的浓度为横坐标,GO 或 MGO 与内标(2,3-丁二酮)的峰面积之比为纵坐标做标准曲线。

(4) 液相色谱条件:色谱柱为 kromasil 100-5 C_{18} (250 $\times$ 4.6 mm id,5 μm);检测波长 315 nm。流动相 A 为甲醇;流动相 B 为 0.2%(体积比)的乙酸水溶液;洗脱程序:0~25 min:32% A;25~28 min:32%~40% A;28~36 min:40% A;36~38 min:40%~50% A;38~40 min:50%~85% A;40~48 min:85% A;48~50 min:85%~32% A;50~55 min:32% A。流速 0.8 mL/min。进样量 10 μL 。柱温 30 $^{\circ}\text{C}$ 。

1.4 数据处理

应用 SPSS 17.0 分析数据,使用单因素方差分析(ANOVA)中 Duncan 进行检验($P<0.05$),不同处理的显著性差异以不同字母表示。

2 结果与分析

2.1 液相色谱目标峰分析及标准曲线建立

利用邻苯二胺将 GO、MGO 及内标 2,3-丁二酮分别衍生化为喹啉,甲基喹啉,2,3-二甲基喹啉。目标峰具有很好的分离度及峰形(图 1)。通过色谱峰分别计算 GO、MGO 与 2,3-丁二酮的峰面积之比,得出标准曲线 GO: $y = 0.0267x + 0.016$, $R^2 = 0.9992$; MGO: $y = 0.0608x + 0.0211$, $R^2 = 0.9995$ 。

2.2 各因素对蒸蛋糕中 GO/MGO 和荧光性 AGEs 产生量的影响

2.2.1 糖种类 由图 2 可知,不同糖产生的 GO/MGO 含量存在显著性差异($P<0.05$),其中果糖产生的 MGO 最

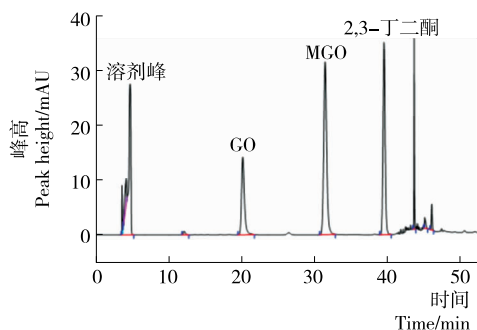
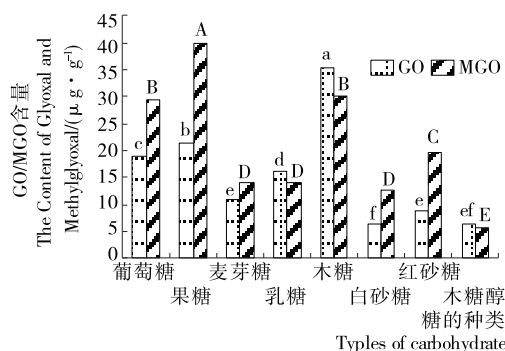


图 1 GO、MGO、2,3-丁二酮的喹啉衍生物色谱图

Figure 1 The chromatogram of Quinoxaline derivatives of GO, MGO, and 2,3-butanedione

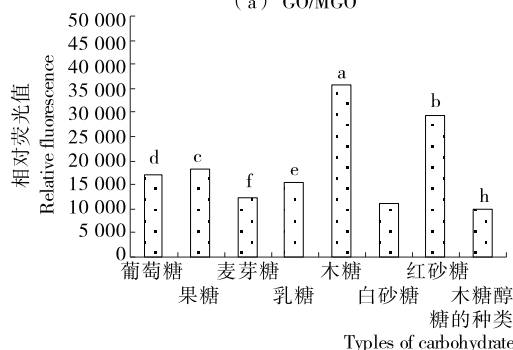
多,木糖产生的 GO 最多,GO 与 MGO 产生总量由大到小依次为木糖、果糖、葡萄糖、红砂糖、乳糖、麦芽糖、白砂糖、木糖醇[图 2(a)]。添加木糖和乳糖时 GO 产生量大于 MGO 产生量,添加其他糖时 GO 的产生量均小于 MGO 的。对于荧光性 AGEs[图 2(b)],由大到小依次为木糖、红砂糖、果糖、葡萄糖、乳糖、麦芽糖、白砂糖、木糖醇。不同糖产生的 1,2-二羰基化合物总量与 AGEs 的排序基本一致。木糖产生的 1,2-二羰基化合物总量及荧光性 AGEs 均为最高,可能是木糖为五碳糖,在美拉德反应中五碳糖的反应活性大于六碳糖^[11]。红砂糖产生的 GO/MGO 及荧光性 AGEs 的含量均大于白砂糖,源于红砂糖比白砂糖含有较多的矿物质、转化糖、淀粉和葡聚糖^[12],另外,红砂糖中金属离子含量为白砂糖的 24 倍以上,金属离子能促进美拉德反应^[13]。因此,在蛋糕加工中尽量减少木糖或红砂糖等高活性单糖的使用,减少其加工过程中美拉德反应的发生。

2.2.2 油脂 由图 3 可知,4 种油脂制作的蛋糕(玉米油、大豆油、植物黄油、棕榈油),MGO 的产生量均大于 GO [图 3(a)]。植物黄油产生的 GO 与 MGO 含量均最低,可能是因为植物黄油由不同植物油复配而成,在加工过



不同小写字母表示不同糖产生的 GO 含量差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示不同糖产生的 MGO 含量差异显著($P<0.05$)

(a) GO/MGO



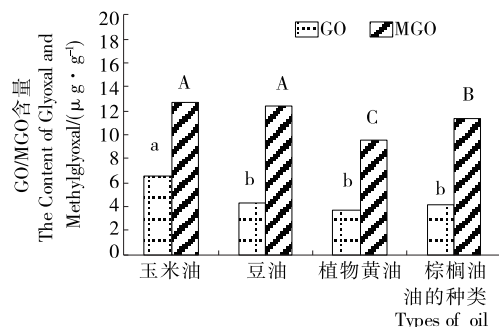
不同小写字母表示不同糖产生的 AGEs 含量差异显著($P<0.05$)

(b) 荧光性 AGEs

图 2 糖种类对蛋糕中 GO/MGO 和荧光性 AGEs 形成的影响

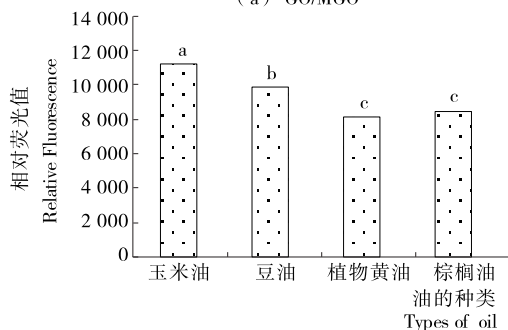
Figure 2 Effect of sugar on the formation of GO/MGO and fluorescence AGEs in cakes

程中添加了一定的抗氧化剂,如 V_E 、特丁基对苯二酚等。研究^[11]发现,植物黄油蛋糕中的 CML 含量低于植物油蛋糕。玉米油和大豆油的不饱和程度高,易于氧化^[12],GO 含量高。油脂对荧光性 AGEs 生成量的影响[图 3(b)]由高到低依次为玉米油、大豆油、棕榈油、植物黄油,玉米油产生的荧光性 AGEs 是植物黄油的 1.4 倍。由此可见,在蛋糕加工中应选用饱和程度相对较高及添加一定抗氧化剂的油脂,以减少糖基化有害产物的生成量。



不同小写字母表示不同油产生的GO含量差异显著($P < 0.05$);
不同大写字母表示不同油产生的MGO含量差异显著($P < 0.05$)

(a) GO/MGO



不同小写字母表示不同油产生的AGEs含量差异显著($P < 0.05$)

(b) 荧光性AGEs

图3 油脂对蛋糕中GO/MGO和荧光性AGEs形成的影响

Figure 3 Effect of lipid species on the formation of GO/MGO and fluorescence AGEs in cakes

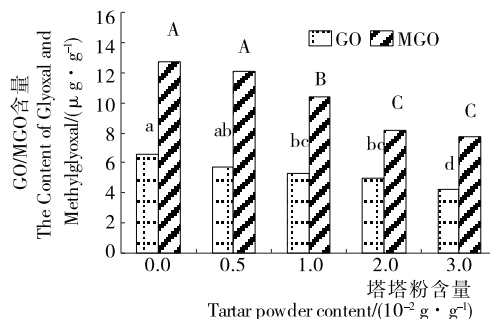
2.2.3 pH 新鲜鸡蛋蛋清呈碱性,随着储存时间的延长,碱性会增大。塔塔粉为糕点的酸度调节剂,可中和蛋白的碱性,有助于蛋白打发,增加制品的韧性^[14]。分别向蛋糕中添加塔塔粉(添加范围为0.5%~2.0%),其pH值变化如表1。

由图4(a)可知,随着塔塔粉添加量的增高,pH值的降低,蛋糕中GO与MGO含量呈下降趋势($P < 0.05$)。塔塔粉添加量为2.0 g/100 g·蛋清时蛋糕中的GO与MGO含量比未添加的分别下降23.76%和35.68%。荧光性AGEs的生成量随着添加量的增加(即pH值的降低),呈下降趋势[图4(b)],蛋糕颜色也逐渐变浅。如文献^[15]报道中性偏碱的环境下有利于糖基化反应的进

表1 添加塔塔粉蛋糕的pH值

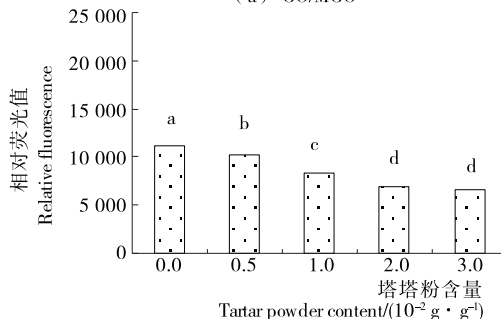
Table 1 The pH value of cakes by adding tartar powder

塔塔粉添加量/(10 ⁻² g·g ⁻¹)	pH
0.0	8.5±0.1
0.5	8.2±0.2
1.0	7.4±0.1
2.0	6.6±0.1
3.0	5.7±0.1



不同小写字母表示不同含量塔塔粉产生的GO含量差异显著($P < 0.05$);
不同大写字母表示不同含量塔塔粉产生的MGO含量差异显著($P < 0.05$)

(a) GO/MGO



不同小写字母表示不同含量塔塔粉产生的AGEs含量差异显著($P < 0.05$)

(b) 荧光性AGEs

图4 塔塔粉对蛋糕中GO/MGO和荧光性AGEs形成的影响

Figure 4 Effect of tartar powder on the formation of GO/MGO and fluorescence AGEs in cake

行。因此在蛋糕生产过程中,添加一定量的酸度调节剂,有利于减少糖基化有害产物的产生,且有助于蛋白打发。

2.2.4 蛋黄 蛋黄添加到蛋糕中可稳定泡沫,改善制品组织、延迟老化及保持产品良好形态^[16]。由图5可知,随着蛋黄添加量的增加,体系中GO/MGO和AGEs的含量也呈上升趋势。对于MGO[图5(a)],当蛋黄添加量为0~40 g/100 g·蛋清时,上升趋势明显;添加量为40 g/100 g·蛋清时达到最大值(12.74 μg/g),是未添加蛋黄的1.5倍,之后维持不变。蛋黄的添加量对蒸蛋糕GO的形成影响不明显[图5(a)]。荧光性AGEs随着蛋黄添加量增加(0~40 g/100 g·蛋清)而不断上升,之后AGEs含量变化趋于平缓[图5(b)]。蛋黄中含有32%~

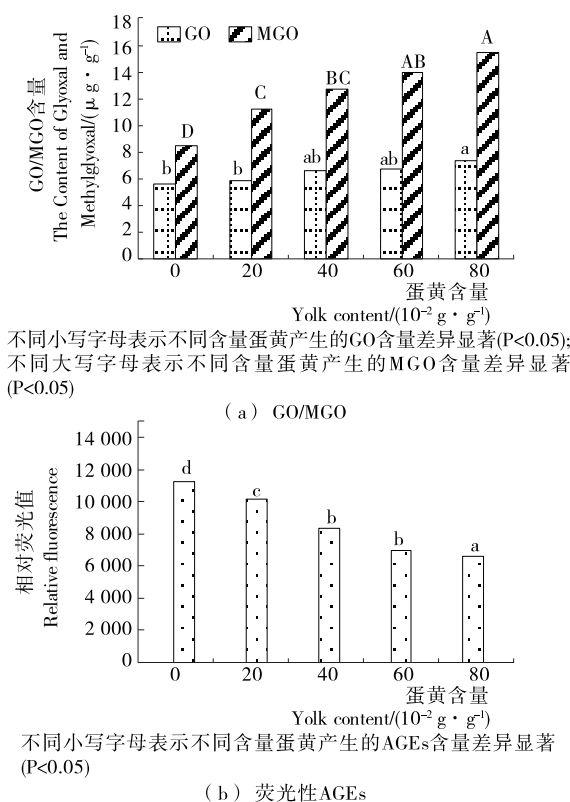


图5 蛋黄含量对蛋糕中GO/MGO和荧光性AGEs形成的影响

Figure 5 Effect of egg yolk content on the formation of GO/MGO and fluorescence AGEs in cake

35%的脂肪^[17],且以单不饱和脂肪酸为主(50%以上为油酸),蛋黄在热加工过程中容易产生MGO及AGEs^[18]。综上,蛋黄添加量为40 g/100 g·蛋清时,GO/MGO和AGEs基本达到最高值;当<40%,随着蛋黄的添加量降低有害产物均显著降低,因此蛋糕加工中在保证品质的前提下可适当降低蛋黄的比例。

2.2.5 黄酮 由图6可知,黄酮对蛋糕中GO/MGO及AGEs的抑制率均随着添加量的增大而提高,呈明显的量效关系。其中木犀草素的抑制作用略强于染料木素,同种黄酮在相同浓度下对GO的抑制效果明显高于MGO。对GO,当添加浓度为0.3%时,木犀草素抑制率达到48.15%,染料木素达到43.38%,均接近半抑制率。据报道^[10,19],黄酮通过捕获GO/MGO从而抑制AGEs的形成。对荧光性AGEs的抑制作用见图6(c),添加木犀草素为0.3%时,对AGEs的抑制率约达到60%。

3 结论

糖种类、油脂种类、糕点酸度调节剂添加量、蛋黄蛋清比例对蒸蛋糕中糖基化有害中间产物(GO及MGO)产生总量的影响与晚期糖基化终产物AGEs基本一致。其中不同种类的糖对GO/MGO及荧光性AGEs生成量影

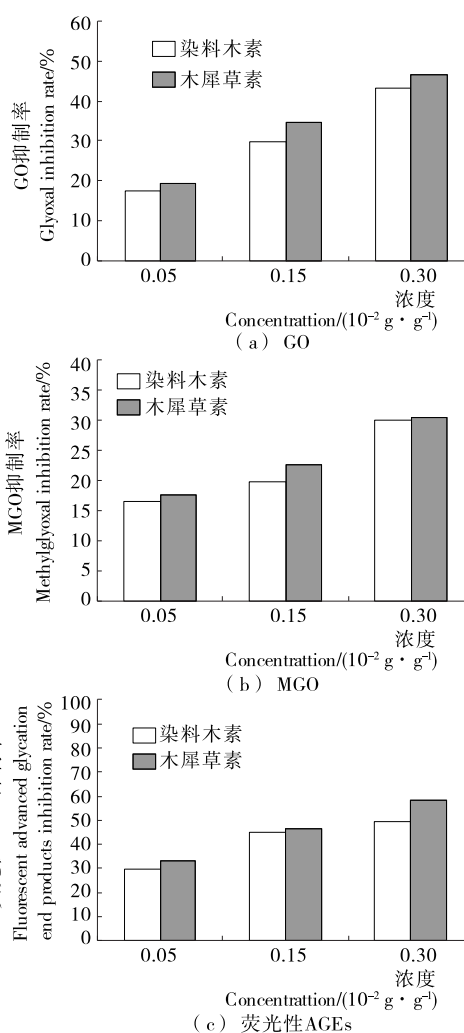


图6 不同种类及浓度黄酮对蛋糕体系GO/MGO和AGEs的抑制

Figure 6 Inhibition of GO/MGO in the cake system with different kinds and concentration of flavonoids

响差异最为显著,在加工过程中应减少木糖或红砂糖等高活性单糖的使用,采用添加抗氧化剂的饱和度较高的油脂,并在保证品质的前提下适量减少蛋黄的使用量。在蛋清中添加一定量的酸度调节剂(塔塔粉)不仅可以改善蛋糕的品质,也可以减少美拉德反应有害产物的生成。添加食源性黄酮木犀草素及染料木素对蒸蛋糕中糖基化反应均有明显的抑制作用,但添加后蛋糕的质构特性及感官评定还有待进一步深入研究。

参考文献

- [1] DEGEN J, HELLWIG M, HENLE T. 1,2-dicarbonyl compounds in commonly consumed foods[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2012, 60(28): 70-71, 9.
- [2] HENLE T. Protein-bound advanced glycation endproducts (AGEs) as bioactive amino acid derivatives in foods[J]. A-

mino acids, 2005, 29(4): 313-322.

[3] RACKAUSKIENE I, PUKALSKAS A, VENSKUTONIS P R, et al. Effects of beetroot (*Beta vulgaris*) preparations on the Maillard reaction products in milk and meat-protein model systems[J]. Food Research International, 2015, 70: 31-39.

[4] SINGH V P, BALI A, SINGH N, et al. Advanced Glycation End Products and Diabetic Complications[J]. The Korean Journal of Physiology & Pharmacology, 2014, 18: 1-14.

[5] YEH W J, YANG H Y, PAI M H, et al. Long-term administration of advanced glycation end-product stimulates the activation of NLRP3 inflammasome and sparking the development of renal injury[J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 2017, 39: 68-76.

[6] PUYVELDE K V, METS T, NJEMINI R, et al. Effect of advanced glycation end product intake on inflammation and aging: a systematic review[J]. Nutrition Reviews, 2014, 72 (10): 638-650.

[7] ZHANG Xin-chen, CHEN Feng, WANG Ming-fu. Antioxidant and antiglycation activity of selected dietary polyphenols in a cookie model[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2014, 62(7): 1 643-1 648.

[8] 卢永翎, 肖留榜, 夏秋琴, 等. 精氨酸—还原糖体系中 1,2-二羰基化合物的形成和抑制研究[J]. 食品与机械, 2018, 34 (10): 1-7.

[9] YUAN Yuan, ZHANG Huan-jie, DENG Jie, et al. A predictive model of acrylamide formation influenced by moisture content, lipid oxidation, and methylglyoxal in fried potato slices[J]. RSC Advances, 2014, 4(13): 6 608-6 615.

[10] LI Xiao-ming, ZHENG Tie-song, SANG Sheng-min, et al. Quercetin Inhibits Advanced Glycation End Product Formation by Trapping Methylglyoxal and Glyoxal[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62(50): 12 152-12 158.

[11] SREY C, HULL G L J, CONNOLLY L, et al. Effect of Inhibitor Compounds on N^ε-(Carboxymethyl) lysine (CML) and N^ε-(Carboxyethyl)lysine (CEL) Formation in Model Foods [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2010, 58(22): 12 036-12 041.

[12] MAIRE M, REGA B, CUVELIER M, et al. Lipid oxidation in baked products: Impact of formula and process on the generation of volatile compounds [J]. Food Chemistry, 2013, 141(4): 3 510-3 518.

[13] MILDNER-SZKUDLARZ S, SIGER A, SZWENGIEL A, et al. Natural compounds from grape by-products enhance nutritive value and reduce formation of CML in model muffins[J]. Food Chemistry, 2015, 172: 78-85.

[14] 杨芳, 马林云, 郑淑珍. 塔塔粉在戚风蛋糕制作中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2010, 6: 209-212.

[15] 房红娟, 李红姣, 张双凤, 等. 加工条件对 BSA-Glucose 模拟体系中晚期糖基化末端产物形成的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(21): 6-10.

[16] 李里特, 江正强. 焙烤食品工艺学(第二版)[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2010: 59.

[17] DELEU L J, WILDERJANS E, VAN HAESENDONCK I, et al. Storage induced conversion of ovalbumin into S-ovalbumin in eggs impacts the properties of pound cake and its batter[J]. Food Hydrocolloids, 2015, 49: 208-215.

[18] GOLDBERG T, CAI Wei-jing, PEPPA M, et al. Advanced glycoxidation end products in commonly consumed foods[J]. Journal of the American Dietetic Association, 2004, 104 (8): 1 287-1 291.

[19] LIU Gui-mei, XIA Qiu-qin, LU Yong-ling, et al. Influence of Quercetin and Its Methylglyoxal Adducts on the Formation of α-Dicarbonyl Compounds in a Lysine/Glucose Model System[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2017, 65: 2 233-2 239.

信息窗

欧盟修订卵铁传递蛋白的最大残留限量分类

2019 年 2 月 11 日,欧盟发布条例(EU) 2019/238,修订法规(EU) No 37/2010,将卵铁传递蛋白的最大残留限量进行分类。本条例自发布之日起第二十天生效。具体信息如下:

药理活性物质	标志残留物	动物种类	最大残留限量	靶组织	其它条款(根据(EC) No 470/2009 第 14(7)条)	治疗分类
卵铁传递蛋白	不适用	鸡	无要求	不适用	仅供吸入使用	抗感染药
		除鸡外的家禽	无要求	不适用	仅供吸入使用 不用于产蛋动物	

(来源: <http://news.foodmate.net>)