

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.04.017

谭智峰, 张闯闯, 许泽坤, 等. 常见亲水胶体对烘焙食品品质影响的研究进展[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(4): 116-121.

TAN Z F, ZHANG C C, XU Z K, et al. Research progress in effects of common hydrocolloid on the quality of bakery products[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(4): 116-121.

常见亲水胶体对烘焙食品品质影响的研究进展

谭智峰^{1,2}, 张闯闯¹, 许泽坤¹, 陈小静¹, 周润宗¹, 隋中泉¹✉

(1. 上海交通大学 农业与生物学院, 上海 200240;

2. 上海城建职业学院 健康与社会关怀学院, 上海 201415)

摘要: 亲水胶体具有良好的功能特性, 如改善食品的乳化、胶凝、溶解性和质构等特性。在烘焙食品中, 亲水胶体用于改善面团、面包和蛋糕特性, 提高感官质量以及延长食品货架期。已经有研究报道了亲水胶体在面包、饼干、蛋糕和面食制备中的潜在用途。综述常见的亲水胶体(黄原胶、瓜尔胶、阿拉伯胶、K-卡拉胶、刺梧桐胶、海藻酸盐、甲基纤维素、羧甲基纤维素和羟丙基甲基纤维素)对焙烤食品的流变学、理化、质构以及其它品质特性的影响, 亲水胶体的加入使得产品的颜色、外观、风味和整体可接受性显著改善。

关键词: 亲水胶体; 烘焙食品; 品质; 改善; 综述

中图分类号: TS231 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2021)04-0116-06

网络首发时间: 2021-07-02 11:41:05

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20210702.1051.011.html>

Research Progress on the Effects of Common Hydrocolloid on the Quality of Bakery Products

TAN Zhi-feng^{1,2}, ZHANG Chuang-chuang¹, XU Ze-kun¹, CHEN Xiao-jing¹,
ZHOU Run-zong¹, SUI Zhong-quan¹✉

(1. Shanghai Jiaotong University, School of Agriculture and Biology, Shanghai 200240, China;

2. Shanghai Urban Construction Vocational College, School of Health and Social Care, Shanghai 201415, China)

Abstract: Hydrocolloids have good functional properties, such as improving emulsification, gelation, solubility and texture of food. In bakery products, hydrocolloids are used to improve the properties of dough, bread and cake, increase sensory quality and extend shelf life. Studies have reported the potential use of hydrocolloids in breads, biscuits, cakes and pasta preparation. Effects of common hydrocolloid (xanthan, guar, Arabic, k-carrageenan, karaya, alginate, methylcellulose, carboxy methyl cellulose, hydroxyl propyl methyl cellulose) on the rheology, physicochemistry, texture and other quality characteristics of baked foods were summarized. The addition of hydrocolloid significantly improves the color, appearance, flavor and overall acceptability of the product.

Key words: hydrocolloid; bakery products; quality; improvement; review

收稿日期: 2020-11-30

作者简介: 谭智峰, 男, 1987 年出生, 在读硕士生, 讲师, 研究方向为谷物深加工。E-mail: 334812904@qq.com.

通讯作者: 隋中泉, 女, 1981 年出生, 博士, 教授, 研究方向为碳水化合物。E-mail: zsui@sjtu.edu.cn.

高质量的烘焙食品具有各种属性,包括均匀的面包组织结构、蓬松的面包体积、货架期长和耐老化性。添加亲水胶体会影响烘焙食品的质量。多糖在食品配方中用作加工助剂,通过添加多糖以提供膳食纤维或赋予食品特定的功能特性^[1-2]。水溶性多糖或亲水胶体应用非常广泛,如膳食纤维、包装膜、质地改良剂、增稠剂、胶凝剂、稳定剂、乳化剂、包埋剂等^[3-4]。亲水胶体在面包和蛋糕制作中的潜在用途,包括制作小麦面包、全麦面包、黑麦面包、蛋白质强化淀粉面包、冷冻面包和无麸质面包^[5]。食品的理化、感官和运输特性在很大程度上取决于面包组织的结构,面包组织结构影响面包组织的形状和烘焙产品的质地^[6]。亲水胶体的加入增加了面包的体积和孔隙率,导致其变软^[7-9]。此外,加入亲水胶体后,堆积密度略有增加^[10]。向烘焙食品中添加不同的亲水胶体能显著增加吸水能力^[9]。水分含量的增加是由亲水胶体在室温下水合能力及其自身相互作用而造成,而不会与面筋蛋白和淀粉多糖争夺系统中的可用水分^[11-13]。亲水胶体的功能特性显著影响其应用范围。已知的亲水胶体可以单独或组合使用增加乳化能力。

通过添加亲水胶体能够改善面糊的特性。尽管有大量关于亲水胶体对面团和面包性质影响的报道,但它们与面团成分相互作用的机制仍然值得重视^[14]。各种亲水胶体已被用来模拟面筋的粘弹性,添加亲水胶体后粘度的显著变化具有重要的工业意义^[11]。亲水胶体对最终蛋糕体积的影响是由于面糊粘度的增加,这减缓了气体扩散的速度,并允许其在烘焙的早期阶段保留。亲水胶体通过保湿和防止脱水收缩来改善烘焙产品的混合均匀性并延长保质期^[15]。

将单独用面粉制备的烘焙食品与添加了亲水胶体的烘焙食品进行比较,发现亲水胶体的加入使得产品的颜色、外观、风味和整体可接受性显著改善^[10]。本文总结了常见亲水胶体对各种烘焙食品(面包、饼干、蛋糕等)的流变学、质构、理化性质的影响。

1 常见亲水胶体对烘焙食品品质的影响

1.1 黄原胶

黄原胶可溶于冷水和热水,并且在低浓度下

可赋予溶液高粘度^[11,15]。黄原胶和羧甲基纤维素已被用作无麸质面包配方中的麸质替代品^[16]。在玉米淀粉中添加了五种不同的商业食品级亲水胶体,包括卡拉胶、黄原胶-卡拉胶混合物、黄原胶-瓜尔胶混合物、瓜尔胶-卡拉胶混合物和槐豆胶,从而为苯丙酮尿症患者生产低苯丙氨酸面包^[16]。

不同来源和化学结构(海藻酸钠、卡拉胶、果胶、羟丙基甲基纤维素、槐豆胶和黄原胶)的亲水胶体对蛋糕的功能性及其在延缓老化过程中的潜在用途的影响表明胶体类型对新鲜蛋糕的物理特性及其随时间变化具有显著影响^[17]。除了使用果胶外,夹心蛋糕总的可接受性通常是通过添加亲水胶体来改善^[17]。关于货架期,黄原胶能够在蛋糕储存期间保持所有质地参数维持不变^[16]。

将亲水胶体掺入到荞麦中会影响其吸水能力、吸油能力和乳化活性,还可改善感官品质^[11]。含亲水胶体的荞麦粉制成的饼干具有较高的水分含量、直径、厚度、重量和较低的断裂强度^[18]。黄原胶的添加能够明显改善饼干的颜色、外观、风味和整体可接受性。通过添加黄原胶到荞麦粉中,从而最大程度地提高了乳化能力。通过添加黄原胶到木薯小麦面团和面包中以改善其粘弹性^[19]。

加入 1% 的黄原胶就能够阻止水分流失和面包组织变硬。Turabi 等研究了用不同的亲水胶体和乳化剂混合物制作的米糕的质量和流变特性^[20]。含有黄原胶和黄原胶-瓜尔胶混合胶的面糊粘度最高,而含有羟丙基甲基纤维素的面糊粘度最低^[20]。已有研究表明乳化剂混合物和亲水胶体的相互作用对表观粘度的影响具有重要作用。据报道,使用黄原胶的蛋糕在没有乳化剂混合物的情况下具有最高的比容^[16]。大米淀粉与黄原胶的混合物在 25 °C 时具有剪切变稀的流动特性,其稠度指数和表观粘度随亲水胶体浓度的增加而增加^[21]。Casson 模型被认为是解释面糊流变特性的合适模型^[21]。

1.2 瓜尔胶

瓜尔胶作为一种植物胶,瓜尔胶的灰分含量高于阿拉伯胶(1.2%)和黄原胶(1.5%)^[22-23]。在烘焙食品中,瓜尔胶通过保持水分和防止冷冻食品的脱水收缩来延长货架期^[11]。瓜尔胶和黄原

胶的共混物显示出比单独使用时具有更高的粘度。瓜尔胶的分子量比槐豆胶高,因此它的溶液比槐豆胶具有更高的粘度^[23]。添加瓜尔胶能产生坚硬的小麦饼干。为了开发低热量的软面团饼干,瓜尔胶的添加使得饼干配方中的脂肪从 20%降低到 6%,单硬脂酸甘油酯和瓜尔胶的添加对面团的稠度和硬度具有良好的效果。当瓜尔胶与麦芽糖糊精一起使用时,能够进一步的改善饼干的质地。

一项报道分别研究了瓜尔胶、海藻酸钠、卡拉胶、黄原胶和羟丙基甲基纤维素对南印度 parotta 品质特性的影响,研究中使用的亲水胶体浓度为 0.5%,所有亲水胶体都能使峰值粘度升高,并可改善其吸水率^[24]。黄原胶、卡拉胶和瓜尔胶的添加会降低可扩展性,而海藻酸钠和羟丙基甲基纤维素的添加会增加可扩展性。在所有测试的亲水胶体中,瓜尔胶的添加对 Parotta 品质改善的效果最明显^[16]。

1.3 阿拉伯胶

阿拉伯胶的钙含量高于瓜尔胶和黄原胶(表 1)^[25]。冷冻面团的长时间储存会导致流变特性发生变化,从而导致醒发时间延长,最终使面包的体积减少^[26]。尽管面包的外部 and 内部特性随存储时间而变差,但是与每个存储期后的对照相比,添加阿拉伯胶和羧甲基纤维素可以改善面包的特性。另外一项研究表明添加 3%阿拉伯胶对冷冻面团制作面包的体积和水分含量具有积极的影响^[25]。

表 1 瓜尔胶、黄原胶和阿拉伯胶的矿物质含量
 Table 1 The mineral content of guar, xanthan, and Arabic gums

矿物质	瓜尔胶	黄原胶	阿拉伯胶
钙	1 258	1 458	7 222
锌	12.1	9.0	<4.0
锰	4.6	6.0	9.5
铅	<4.0	12.0	<4.0
铜	5.4	9.0	<4.0

1.4 k-卡拉胶

k-卡拉胶来源于红海藻,添加 k-卡拉胶降低烘焙食品硬度和增加烘焙食品体积的能力并不能帮助无麸质米糕保留其最优结构^[20]。制作冷冻面团时对比添加的 k-卡拉胶、黄原胶和瓜尔胶对面

包性能的影响发现在冻存期间用卡拉胶制作的面包展现出最高的感官得分,k-卡拉胶在防止冷冻过程中冷冻面团品质下降方面最有效^[27]。通过凝胶电泳和红外光谱对不同类型卡拉胶和面筋蛋白之间相互作用的研究表明λ-卡拉胶由于其良好的水合能力和特殊的结构而可以与面筋蛋白更好地相互作用^[28]。

1.5 刺梧桐胶

刺梧桐胶是部分乙酰化的复合多糖胶。化学组成由 55%~60%的中性单糖残基(鼠李糖和半乳糖),8%的乙酰基和 37%~40%的糖醛酸残基(半乳糖醛酸和葡萄糖醛酸)组成^[29-30]。刺梧桐胶中含有的氨基酸有脯氨酸(31 mg/g)、天冬氨酸(64 mg/g)、谷氨酸(34 mg/g)、甘氨酸(5 mg/g)、苏氨酸(25 mg/g)和亮氨酸(4 mg/g)。刺梧桐胶的乳化特性可能是由于其结构中存在脂肪酸。由于其特殊的功能特性,例如合适的持油量、增稠特性、乳化能力、泡沫形成能力和稳定性以及堆积密度,刺梧桐胶已广泛被用于面包、药品和乳制品中^[31]。

1.6 海藻胶

亲水胶体的添加能够影响醒发阶段面团的稳定性。小麦面团的稳定性随着黄原胶、海藻酸钠、k-卡拉胶和羟丙基甲基纤维素的添加而增强^[32]。1%的海藻酸盐能显著降低小麦淀粉悬浮液的糊化温度,而羟丙基甲基纤维素和果胶却略微提高了糊化温度。

有研究表明海藻酸钠和魔芋葡甘露聚糖的添加分别产生具有刚性和弱网络的面团^[33]。海藻酸钠、黄原胶、k-卡拉胶和羟丙基甲基纤维素对新鲜面包品质和面包老化的影响研究表明,这些亲水胶体对新鲜面包的质量有不同程度的影响,0.1%的亲水胶体就能够获得明显的效果^[34]。虽然观察到与特定亲水胶体相关的不同品质改善,但羟丙基甲基纤维素对所有测试参数都有影响;此外,获得了良好感官特性(形状、香味、风味、松脆度和整体可接受性)。这些亲水胶体还能够减少面包储存过程中水分含量的损失和降低面包组织的脱水率。而且在储存期间,海藻酸钠和羟丙基甲基纤维素使面包保鲜,延缓面包组织硬化^[16]。

1.7 甲基纤维素

甲基纤维素广泛被用于烘焙食品行业。它是一种高分子水溶性胶体，具有可在水体系中形成凝胶和增稠的能力。甲基纤维素是纤维素衍生的亲水胶体。甲基纤维素在加热时会形成凝胶，但在冷却时又恢复到原来的粘度^[35]。甲基纤维素、黄原胶和羧甲基纤维素对面糊系统热性能影响的研究表明，亲水胶体使糊化温度增加，降低了玻璃化转变温度。这些亲水胶体对玻璃化转变温度的影响随着羧甲基纤维素和甲基纤维素浓度的增加而增加^[16]。

1.8 羧甲基纤维素

羧甲基纤维素可以形成一个三维网络，该三维网络能够连接系统内部的水分子。在加热过程中形成三维网络并提供阻隔层，从而减少了水的流失和吸油量^[16]。米粉与羧甲基纤维素（0.8%）和羟丙基甲基纤维素（3.3%）混合使用时，可提供优质的无麸质面包。在黑麦面包的制作过程中添加羧甲基纤维素和瓜尔胶，以提高面包的质量。对含有益生元的面团评估表明，这种高纤维（高达 12%）的面团包括各种亲水胶体，当单独使用羧甲基纤维素和益生元低聚糖，或混合使用（亲水胶体-低聚糖混合物 70:30 wt/wt）时，可以使面团结构更加规则^[16]。

1.9 羟丙基甲基纤维素

将亲水胶体添加到食品中主要是因为它们具有增稠和胶凝特性。由于它们的高聚合特性以及当它们分散或溶解在水中时聚合物链之间的相互作用，它们还可以增强口感并改变溶液的粘度^[20]。流变特性在食品开发中具有重要价值，含有羟丙基甲基纤维素蛋糕面团的流变特性与小麦面粉面团的流变特性相似，适合制作面包。蛋糕糊保持足够的粘度才能防止其中的气泡扩散到表面^[36]。羟丙基甲基纤维素和 k-卡拉胶能降低面包组织硬度。

羟丙基甲基纤维素、瓜尔胶、黄原胶、卡拉胶和阿拉伯胶等亲水胶体^[37-39]与单硬脂酸甘油酯和硬脂酰-2-乳酸钠乳化剂混合后对无蛋饼的流变、微观结构和质量特性影响的研究表明，在硬脂酰-2-乳酸钠的存在下，将瓜尔胶添加到小麦粉

中会提高峰值粘度，而在单硬脂酸甘油酯的存在下，除黄原胶以外的所有亲水胶体都会提高峰值粘度。回生值随着亲水胶体的添加而降低。在小麦粉中添加亲水胶体还提高了无蛋面糊的粘度和比重，并且黄原胶的作用最明显（表 2）。在使用的各种亲水胶体中，仅有羟丙基甲基纤维素增强了小麦粉生产无蛋饼的性能。在硬脂酰-2-乳酸钠的存在下，所有亲水胶体的添加都能改善无蛋饼的整体质量，羟丙基甲基纤维素具有最佳的改善效果。无蛋饼的微结构研究表明，淀粉颗粒似乎被黄原胶和羟丙基甲基纤维素包裹。此外，羟丙基甲基纤维素还被用于改善小麦面包，具有更高的比容、更软的面包组织和良好的感官特性。

表 2 不同亲水胶体对无蛋饼的物理特性的影响^[40]

Table 2 Influence of various gums on the physical characteristics of eggless cake^[40]

亲水胶体 /0.5%	面糊粘度 /(mPa·s)	面糊 比重	水分 /%	体积 /(cm ³ /450 g)	面包组织 硬度/g
空白	20 000	1.027	30.3	730	740
阿拉伯胶	24 200	1.036	30.5	725	700
黄原胶	46 400	1.039	32.5	735	790
瓜尔胶	38 400	1.048	33.0	580	1 300
卡拉胶	33 600	1.068	32.6	500	1 400
羟丙基甲基 纤维素	35 200	1.043	33.6	760	680

2 总结

通过面包和蛋糕的外观、体积和质地来评估最终食品的质量。通过控制亲水胶体的类型和用量，不仅能够改变淀粉的糊化性质，还可以改善食物的味道、口感、质地，延缓淀粉的回生，增加水分保持，并在储存过程中提高烘焙食品的整体质量。今后将进一步的研究对比不同来源的亲水胶体对烘焙食品品质的影响，同时应避免每种亲水胶体自身的不足，因此不同来源的亲水胶体复配对提高烘焙食品的品质具有重要意义。为了进一步指导烘焙食品的生产，在加工过程中亲水胶体与淀粉基质互作的机制仍需进一步阐明揭示。

参考文献:

[1] SALEHI F. Characterization of different mushrooms powder and

- its application in bakery products: A review[J]. International Journal of Food Properties, 2019, 22(1): 1375-1385.
- [2] SCAZZINA F, DALL'ASTA M, PELLEGRINI N, et al. Glycaemic index of some commercial gluten-free foods[J]. European Journal of Nutrition, 2015, 54(6): 1021-1026.
- [3] SALEHI F, KASHANINEJAD M. Effect of different drying methods on rheological and textural properties of balangu seed gum[J]. Drying Technology, 2014, 32(6): 720-727.
- [4] SALEHI F, KASHANINEJAD M, BEHSHAD V. Effect of sugars and salts on rheological properties of Balangu seed (*Lallemantia royleana*) gum[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2014, 67(16-21).
- [5] 张幸运, 钟秋婵, 王树欣, 等. 亲水胶体对糖溶液模拟冷冻过程中冰晶生长的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(22): 21-27.
ZHANG X, ZHONG Q, WANG S, et al. Effects of hydrocolloids on the growth of ice crystals in simulated freezing of sugar solutions[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(22): 21-27.
- [6] 郭丽云, 官晓丽, 骆文静, 等. 无麸质饼干原料及功能性添加成分的研究进展[J]. 食品工业科技, 2020, 41(4): 348-355.
GUO L Y, GONG X L, LUO W J, et al. Research progress in raw materials and functional additive components of gluten-free biscuits[J]. Science and Technology of food industry, 2020, 41(4): 348-355.
- [7] 范欣, 李小平, 胡经纬, 等. 亲水胶体对淀粉理化性质的影响及机理研究进展[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(9): 195-202.
FAN X, LI X P, HU J W, et al. Review on effects and mechanism of hydrocolloids on physicochemical properties of starch[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2020, 35(9): 195-202.
- [8] 郭晓娟, 刘成梅, 吴建永, 等. 亲水胶体对淀粉理化性质影响的研究进展[J]. 食品工业科技, 2016, 37(6): 367-376.
GUO X J, LIU C M, WU J Y, et al. Review on the effects of hydrocolloid on physicochemical properties of starch[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(6): 367-376.
- [9] 刘星星, 叶晓汀, 姚天鸣, 等. 亲水胶体对淀粉理化性质影响的研究进展[J]. 粮油食品科技, 2015, 23(2): 22-25.
LIU X X, YE X T, YAO T M, et al. Research progress in effects of hydrocolloid on the physicochemical properties of starch[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2015, 23(2): 22-25.
- [10] SALEHI F. Rheological and physical properties and quality of the new formulation of apple cake with wild sage seed gum (*Salvia macrosiphon*) [J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2017, 11(4): 2006-2012.
- [11] KAUR M, SANDHU K S, ARORA A, et al. Gluten free biscuits prepared from buckwheat flour by incorporation of various gums: Physicochemical and sensory properties[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 62(1): 628-632.
- [12] NAWROCKA A, MIS A, SZYMANSKA-CHARGOT M. Characteristics of relationships between structure of gluten proteins and dough rheology-influence of dietary fibres studied by FT-Raman spectroscopy[J]. Food Biophysics, 2016, 11(1): 81-90.
- [13] WANG P, TAO H, JIN Z, et al. Impact of water extractable arabinoxylan from rye bran on the frozen steamed bread dough quality[J]. Food Chemistry, 2016, 200: 117-124.
- [14] FERRERO C. Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review [J]. Food Hydrocolloid, 2017, 68: 15-22.
- [15] OZKOC S O, SEYHUN N. Effect of gum type and flaxseed concentration on quality of gluten-free breads made from frozen dough baked in infrared-microwave combination Oven[J]. Food and Bioprocess Technology, 2015, 8(12): 2500-2506.
- [16] SMITHA S, RAJIV J, BEGUM K, et al. Effect of hydrocolloids on rheological, microstructural and quality characteristics of parotta - An unleavened indian flat bread[J]. Journal of Texture Studies, 2008, 39(3): 267-283.
- [17] SHI X, BEMILLER J N. Effects of food gums on viscosities of starch suspensions during pasting[J]. Carbohydrate Polymers, 2002, 50, 7-18.
- [18] 金野, 马浩然, 姚开, 等. 亲水胶体对非油炸杂粮方便面品质的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(4): 147-152.
JIN Y, MA H R, YAO K, et al. Effects of hydrocolloids on the quality of non-fried instant coarse cereals noodle[J]. Food Science and Technology, 2018, 43(4): 147-152.
- [19] SHITTU T A, AMINU R A, ABULUDE E O. Functional effects of xanthan gum on composite cassava-wheat dough and bread[J]. Food Hydrocolloid, 2009, 23(8): 2254-2260.
- [20] TURABI E, SUMNU G, SAHIN S. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend[J]. Food Hydrocolloid, 2008, 22(2): 305-312.
- [21] KIM C, YOO B. Rheological properties of rice starch-xanthan gum mixtures[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 75(1): 120-128.
- [22] SAHRAIYAN B, NAGHIPOUR F, KARIMI M, et al. Evaluation of *Lepidium sativum* seed and guar gum to improve dough rheology and quality parameters in composite rice-wheat bread[J]. Food Hydrocolloid, 2013, 30(2): 698-703.
- [23] MANDALA I G. Physical properties of fresh and frozen stored, microwave-reheated breads, containing hydrocolloids[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 66(3): 291-300.
- [24] SALEHI F. Effect of common and new gums on the quality, physical, and textural properties of bakery products: A review[J]. Journal of Texture Studies, 2020, 51(2): 361-370.
- [25] MIRHOSSEINI H, AMID B T. A review study on chemical composition and molecular structure of newly plant gum exudates and seed gums[J]. Food Research International, 2012, 46(1): 387-398.
- [26] PECIVOVA P, DULA T, HRABE J. The influence of pectin from apple and gum arabic from acacia Tree on the quality of pizza[J]. International Journal of Food Properties, 2013, 16(7): 1417-

- 1428.
- [27] 白菊红, 康建平, 张星灿, 等. 亲水胶体对苦荞冻糕的抗老化作用[J]. 粮油食品科技, 2019, 27(4): 12-18.
BAI J H, KANG J P, ZHANG X C, et al. Anti-aging effect of hydrocolloid on tartary buckwheat parfaith[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2019, 27(4): 12-18.
- [28] OZKOC S O, SUMNU G, SAHIN S. The effects of gums on macro and micro-structure of breads baked in different ovens[J]. Food Hydrocolloid, 2009, 23(8): 2182-2189.
- [29] GALLA N R, DUBASI G R. Chemical and functional characterization of Gum karaya (*Sterculia urens* L.) seed meal[J]. Food Hydrocolloid, 2010, 24(5): 479-485.
- [30] VINOD V T P, SASHIDHAR R B, SARMA V U M, et al. Comparative amino acid and fatty acid compositions of edible gums kondagogu (*Cochlospermum gossypium*) and karaya (*Sterculia urens*)[J]. Food Chemistry, 2010, 123(1): 57-62.
- [31] IBRAHIM N A, ABO-SHOSHA M H, ALLAM E A, et al. New thickening agents based on tamarind seed gum and karaya gum polysaccharides[J]. Carbohydrate Polymers, 2010, 81(2): 402-408.
- [32] KONDAKCI T, ANG A M Y, ZHOU W. Impact of sodium alginate and xanthan gum on the quality of steamed bread made from frozen dough[J]. Cereal Chemistry, 2015, 92(3): 236-245.
- [33] SIM S Y, NOOR AZIAH A A, CHENG L H. Characteristics of wheat dough and Chinese steamed bread added with sodium alginates or konjac glucomannan[J]. Food Hydrocolloid, 2011, 25(5): 951-957.
- [34] GUARDA A, ROSELL C M, BENEDITO C, et al. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents[J]. Food Hydrocolloid, 2004, 18(2): 241-247.
- [35] SANZ T, FERNANDEZ M A, SALVADOR A, et al. Thermogelation properties of methylcellulose (MC) and their effect on a batter formula[J]. Food Hydrocolloid, 2005, 19(1): 141-147.
- [36] LU T M, LEE C C, MAU J L, et al. Quality and antioxidant property of green tea sponge cake[J]. Food Chemistry, 2010, 119(3): 1090-1095.
- [37] 宁芊, 游佩琼, 吴先辉, 等. 复配亲水胶体对面团流变特性及全麦面包品质的影响[J]. 食品与机械, 2019, 35(9): 32-38.
NING Q, YOU P Q, WU X H, et al. Effect of compound hydrocolloid on the rheological properties of dough and the quality of whole-wheat[J]. Food and Machinery, 2019, 35(9): 32-38.
- [38] 刘彦, 黄卫宁, 贾春利, 等. 阿拉伯胶和羧甲基纤维素钠对荞麦面团发酵流变学及烘焙特性的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(17): 5-9.
LIU Y, HUANG W N, JIA C L, et al. Effects of arabic gum and carboxymethylcellulose (cmc) on rheological and baking properties of buckwheat dough[J]. Food Science, 2013, 34(17): 5-9.
- [39] 万金虎, 陈晓明, 徐学明, 等. 四种常见亲水胶体对面团特性的影响研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(11): 22-25+90.
WAN J H, CHEN X M, XU X M, et al. Effects of four kinds of hydrocolloids on characteristics of dough[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2009, 24(11): 22-25+90.
- [40] ASHWINI A, JYOTSNA R, INDRANI D. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake[J]. Food Hydrocolloid, 2009, 23(3): 700-707. ☉