亲水性胶体对广式腊肠水分迁移及质构的影响

冯铭琴[1,2]，黎彩平[1,2]，孙为正[1]

（1.华南理工大学食品科学与工程学院，广东广州 510640）（2.中山市技师学院食品化工系，广东中山 528429）

摘要：本文研究了卡拉胶、魔芋胶、瓜尔豆胶及其复配对广式腊肠烘烤过程中水分迁移、产品质构、感官等质量品质的影响。结果表明，广式腊肠添加亲水性胶体后，可略有提高产品的水分含量，尤其是瓜尔豆胶组（19.94%），比对照提高 4.02%；在烘烤中期，亲水性胶体可降低广式腊肠的干燥速率，整体而言，亲水性胶体对烘烤过程中水分散失影响较小。胶体添加组感官得分除 D3 组，均高于对照组，其中添加复配卡拉胶与魔芋胶的感官综合得分最高，达到 87.5；除瓜尔豆胶外，单独胶体和复配胶均能一定程度上改善广式腊肠的质构特性，尤其是复配胶体组。广式腊肠添加亲水性胶体后，复水率显著提高（p<0.05），尤其是瓜尔豆胶及其复配组，达到 3.79%。复配胶的加入可改善广式腊肠的感官品质、质构特性及复水性，不同亲水性胶体有不同的作用特点。

关键词：广式腊肠；亲水性胶体；水分迁移；质构；感官评价

文章篇号：1673-9078(2019)07-158-163 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.7.022

Effects of Hydrocolloids on Water Migration and Texture of Cantonese Sausage

FENG Ming-qin[1,2], LI Cai-ping[1,2], SUN Wei-zheng[1]

(1.School of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

(2.Department of Food and Chemical Engineering, Zhongshan Technician College, Zhongshan 528429, China)

Abstract: Effects of different hydrocolloids (carrageenan, konjac gum, guar gum and their combination) on water migration during processing, texture and sensory evaluation of Cantonese Sausage were investigated in this work. Results showed that the water content of Cantonese sausage increased slightly after addition hydrocolloids or their combination (especially for guar gum (19.94%), increased by 4.02%). In the middle of the drying process, hydrocolloids could induce reduction of drying rate. In general, hydrocolloids had no significant effect on the water loss during the process of Cantonese sausage. Addition of hydrocolloids except D3 could improve the sensory quality of Cantonese sausage, especially combination of carrageenan and konjac gum (87.5). Hydrocolloids or their combination (except D3) in an appropriate content could improve the textural properties, especially combination of hydrocolloids. The rehydration rate of Cantonese sausage increased after addition of hydrocolloids, especially guar gum and their combination with the rehydration rate of 3.79%. The combination of hydrocolloids could improve the sensory quality, textural properties and rehydration rate of Cantonese sausage. The influence of hydrocolloids on quality of Cantonese sausage is dependent on their type and combination.

Key words: Cantonese sausage; hydrocolloids; water migration; texture; sensory analysis

广式腊肠是我国传统腌腊肉制品的典型代表之一，也是广东省传统特色食品之一。广式腊肠是将瘦肉经绞碎、肥膘经切丁后，配以辅料，灌入天然肠衣或人造肠衣，再经晾晒或烘烤而成。该肉制品深受广大消费者，尤其是我国华南地区和亚洲东南亚地区的喜爱和欢迎[1,2]。

广式腊肠讲究香味醇厚、鲜味可口、咀嚼性好。传统的广式腊肠按照生产过程中猪瘦肉和肥丁的添加比例可分为二八肠（肥丁:猪瘦肉=2:8，质量比，下同）、三七肠和四六肠等产品类型。通过市场调查研究分析，二八肠因其脂肪含量相对低，受到广大消费者的青睐，但是二八肠由于脂肪含量降低导致多汁性受到一定影响，多数消费者反映其口感较为粗糙。因此，改善二八肠的感官品质，尤其是质构品质具有重要的实际应用价值。

亲水胶体在加工食品中可以起到提供增稠、增黏、促凝胶形成能力、增加硬度、脆性、紧密度和稳定乳

收稿日期：2018-10-21

基金项目："十三五"国家重点研发计划项目（2016YFD0401504）；广州市科技计划项目对外科技合作计划（201807010102）

作者简介：冯铭琴（1978-），女，硕士研究生，研究方向：肉制品研究与开发

通讯作者：孙为正（1983-），男，博士，教授，研究方向：食品蛋白质化学与营养

化等作用，可使肉制品获得所需要质构特性及良好口感[3]。肉类产品生产使用最广泛的亲水胶体主要有卡拉胶、魔芋胶、黄原胶、瓜尔豆胶、明胶和海藻酸钠等，且具有较高的食用安全性和一定保健功能，是提高广式腊肠质构品质的理想食品添加物。亲水胶体能和肌原纤维蛋白等肉类蛋白质的极性部分产生相互作用，使其形成更理想的凝胶体系，且亲水胶体具有一定的持水作用，使肉制品有弹性、柔嫩多汁[4]。亲水性胶体之间可产生协同作用，实际应用过程中经常使用复配胶体[5]。

烘房烘烤因其不受天气的影响，是目前企业普遍使用的干燥方式[6]。因此，本研究选取卡拉胶、魔芋胶、瓜尔豆胶进行复配，利用其凝胶保水作用改善广式腊肠二八肠的质构及口感缺陷，提高其感官品质，考虑到亲水胶体对腊肠加工过程的烘烤工艺产生的可能影响，故而对其烘烤过程中（实际生产规模的烘房）的水分迁移进行了研究，旨在开发品质优良的广式腊肠。

1 材料与方法

1.1 原料与产品制备

广式腊肠加工原料及配方如下：猪瘦肉、背部脂肪（肥肉）、糖、盐、酒、亚硝酸钠，均来自于中山市黄圃镇某肉制品厂，其中猪瘦肉与肥肉是经冷冻贮藏。瘦肉用 6 mm 孔径挡板绞碎，肥肉切成 0.6×0.6×0.6 cm 方丁，按照 8:2 比例混合，每 100 kg 肉中加入白砂糖 13.0 kg、食盐 2.7 kg、酒 2.5 kg、亚硝酸钠 0.02 kg、水 20 kg、复合磷酸盐 0.25 kg、柠檬酸钾 0.08 kg、亲水性胶 0.3 kg。亲水胶体种类和比例分别为 D1 组，卡拉胶；D2，魔芋胶；D3，瓜尔豆胶；D4，卡拉胶:魔芋胶=2:3；D5，瓜尔豆胶:魔芋胶=2:3；D6，瓜尔豆胶:卡拉胶=1:1。

选料修正→切膘丁→漂洗→绞肉→拌料→灌肠→扎孔→扎草、束绳→烘焙（69 h）→成品整理→包装

1.2 主要仪器与设备

MM12 型绞肉机，广东省韶关市食品机械厂；TA-XT2i 型质构仪，英国 Stable System 公司（配备有圆柱形探头 P0.25SS）；AL204 电子天平，梅特勒-托利多公司，瑞士。

1.3 试验方法

1.3.1 烘烤过程水分迁移

考虑企业作息时间，分别在烘烤 0 h、6 h、20 h、33 h、54 h 和 69 h（成品）取样进行水分含量的测定。水分含量的测定按 GB 5009.3-2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定第一法直接干燥法进行。计算得出广式腊肠的干基含水率（moisture content in dry base，M_t）、干燥水分比（moisture ratio，MR）和干燥速率（drying rate，DR）[7]。

任意干燥时刻 t 时的干基含水率 M_t 采用式（1）计算：

$$M_t = \frac{W_t - G}{G} \quad (1)$$

式中：W_t 为在任意干燥时刻广式腊肠的质量/g；G 为广式腊肠的干物质质量/g。

任意干燥时刻 t 时的干燥水分比 MR 采用式（2）计算：

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (2)$$

式中：M_t 为广式腊肠在任意干燥 t 时刻的干基含水率/（g/g）；M_0 为广式腊肠的初始干基含水率/（g/g）；M_e 为广式腊肠干燥到平衡时的干基含水率/（g/g）。

由于广式腊肠的平衡干基含水率 M_e 远小于 M_0 和 M_t，式（2）可以简化为式（3）：

$$MR = \frac{M_t}{M_0} \quad (3)$$

任意干燥时刻 t 时的干燥速率 DR 采用式（4）计算：

$$DR = \frac{M_{t1} - M_{t2}}{t_2 - t_1} \quad (4)$$

式中：M_{t1} 为广式腊肠在任意干燥 t_1 时刻的干基含水率/（g/g）；M_{t2} 为广式腊肠在任意干燥 t_2 时刻的干基含水率/（g/g）。

1.3.2 感官评定

表 1 广式腊肠感官评定标准

Table 1 Sensory evaluation standard of Cantonese sausage

指标	标准	分数	权值
色泽	肥肉呈乳白色，瘦肉鲜红，枣红或玫瑰红，红白分明，有光泽	很好(5 分)，好(4 分)，一般(3 分)，差(2 分)，很差(1 分)	0.2
组织形态	肠体干爽，表面有自然皱纹，断面组织紧密	很好(5 分)，好(4 分)，一般(3 分)，差(2 分)，很差(1 分)	0.2
口感	硬度适中并有弹性，咀嚼性好，多汁	很好(5 分)，好(4 分)，一般(3 分)，差(2 分)，很差(1 分)	0.3
风味	腊香明显，鲜美适口，具有广式腊肠的特有风味	很好(5 分)，好(4 分)，一般(3 分)，差(2 分)，很差(1 分)	0.3

组织有感官评定经验的人员 20 人（10 男 10 女）对广式腊肠色泽、组织形态、口感（硬度、弹性、咀嚼性）、风味进行感官评定，感官评定标准见表 1。将广式腊肠蒸汽加热 15 min，放温，切成 0.3 cm 厚度的薄片，随机分发给感官评定人员进行感官评价。要求参与感官评定人员独立完成评定。最后进行统计分析。

1.3.3 质构测定

广式腊肠质构测定参数为[8]：测量模式：测前速：2.0 mm/s；测中速：1.0 mm/s；测后速：2.0 mm/s；下压距离：30.0%；两次下压间隔时间：5.0 s；样品规格为 20 mm 高的圆柱体，从不同部位取三个样品，每个样品重复测定两次，取平均值。

1.3.4 复水率测定

参考张楠的方法[9]，称量整根广式腊肠的重量，把广式腊肠置于蒸盘中蒸煮 15 min，然后取出称重，蒸煮复水率采用式（5）计算：

$$C\% = \frac{m - M}{M} \times 100 \quad (5)$$

式中：C 为广式腊肠复水率，%；m 为复水后广式腊肠质量，g；M 为蒸煮前广式腊肠质量，g。

1.4 数据分析与处理

所有数据均以 X±SD 给出，采用 SPSS 17（SPSS Inc., Chicago，IL，USA）统计分析软件进行数据分析。

2 结果与讨论

2.1 烘烤过程水分迁移分析

表 2 广式腊肠烘烤过程中水分含量变化

Table 2 Changes in water content during the processing of Cantonese sausage

时间/h	0	6	20	33	54	69
对照	60.19±1.00^{a,A}	47.11±0.73^{b,A}	39.39±0.60^{c,AB}	25.25±0.37^{d,B}	20.20±0.31^{e,D}	19.17±0.20^{f,B}
D1	60.57±0.80^{a,A}	48.72±0.71^{b,A}	40.03±0.76^{c,A}	25.54±0.28^{d,B}	22.52±0.27^{e,B}	19.66±0.20^{f,A}
D2	60.28±0.72^{a,A}	48.09±0.45^{b,A}	39.93±0.51^{c,A}	25.38±0.30^{d,B}	22.73±0.20^{e,B}	19.67±0.25^{f,A}
D3	60.22±0.95^{a,A}	48.92±0.76^{b,A}	40.49±0.57^{c,A}	27.53±0.25^{d,A}	24.01±0.28^{e,A}	19.94±0.23^{f,A}
D4	60.50±0.90^{a,A}	47.88±0.70^{b,A}	40.24±0.60^{c,A}	27.83±0.34^{d,A}	23.93±0.38^{e,A}	19.69±0.29^{f,A}
D5	60.06±0.84^{a,A}	47.65±0.71^{b,A}	39.16±0.63^{c,AB}	28.42±0.43^{d,A}	23.75±0.41^{e,A}	19.32±0.27^{f,AB}
D6	60.59±0.78^{a,A}	48.80±0.64^{b,A}	38.50±0.49^{c,B}	27.59±0.40^{d,A}	22.03±0.11^{e,C}	19.39±0.29^{f,AB}

注：小写字母不同表示不同烘烤时间样品存在显著性差异（p<0.05），大写字母不同表示同一烘烤时间样品间存在显著性差异（p<0.05）。

2.1.1 广式腊肠烘烤过程含水量比较

广式腊肠在烘烤过程中的腊肠含水量如表 2 所示。在广式腊肠烘烤过程中各试样的水分含量逐渐降低。随烘烤时间推移，广式腊肠湿基含水量由干燥前 60.06%~60.59%显著下降至最终成品时 19.17%~19.94%之间（p<0.05）。烘烤前，试样与对照样的水分含量无显著性差异（p>0.05）。在烘烤进入到 33 h 后，多数试样的水分含量与对照样出现显著性差异（p<0.05）。广式腊肠成品的含水量差异不大，在 1%以内，且最终产品的含水量均在正常范围内（广式腊肠质量要求水分含量不大于 25%），但是添加亲水性胶体后，含水量均比对照略高，除 D5、D6 外均有显著性差异（p<0.05）。表明亲水性胶体添加增强了广式腊肠的持水能力，单独添加胶体及卡拉胶与魔芋胶复配具有较高的水分含量。尤其是瓜尔豆胶单独添加时，最终产品的水分含量较高，比对照提高 4.02%。瓜尔豆胶是一种非离子型的水溶性杂多糖，其主链为(1→4)-β-D-甘露糖单位，单个的 α-D-半乳糖以(1→6)键与主键相连接形成侧链，瓜尔豆胶的增黏效果、吸水性相对较好[5]。水分含量的增加还有可能是由于胶体与肌原纤维蛋白等蛋白质产生相互作用，促进凝胶网络结构的形成，更多的水分被固定在了三维网络结构中，使得广式腊肠最终含水量有所提高[5,10]。

2.1.2 广式腊肠在干燥过程干燥速率比较

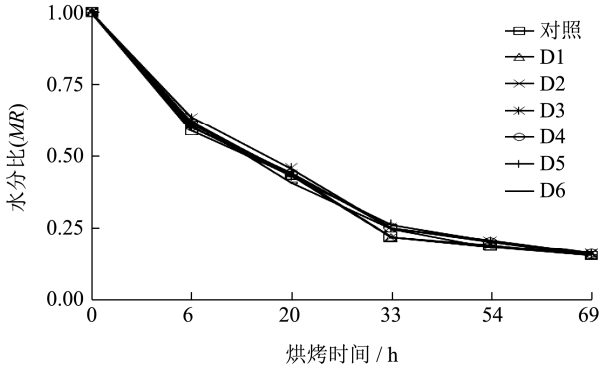


图 1 广式腊肠烘烤过程中水分比的变化

Fig.1 Changes in *MR* during the processing of Cantonese sausage

由图 1 可知，广式腊肠的水分比在烘烤的不同阶段存在显著性差异，随着烘烤时间的推移，水分比逐

渐降低（p<0.05）。对照组烘烤过程的水分比略低于添加亲水胶体的试样，当烘烤 6 h 时，对照组水分比为 0.59，略低于添加亲水性胶体组。当烘烤至 20 h 时，对照组与添加亲水胶体的水分比较为接近（0.41~0.46），D3 组略高，其值为 0.46。主要原因可能是添加瓜尔豆胶形成了较好的网状结构，致使水分扩散阻力增加。烘烤后期，对照组和添加亲水性胶体组的水分比差异较之烘烤前期变小，干燥结束时，各组水分比均为 0.16。整体而言，添加亲水性胶体对广式腊肠水分的蒸发散失影响较小。

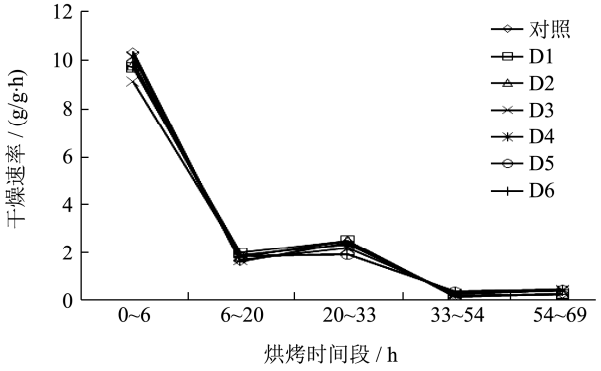


图 2 广式腊肠烘烤过程中干燥速率的变化

Fig.2 Changes in *DR* during the processing of Cantonese sausage

由图 2 可知，广式腊肠在整个烘烤过程中并非是恒速干燥，干燥速率随烘烤时间推移呈现逐渐下降趋势，烘烤前期干燥速率较大，干燥曲线较陡。烘烤前 6 h 干燥速率分布在 9.17~10.38 之间，其中对照样和 D4 分别为 10.38 和 10.21，其它样品的干燥速率在 9.17~9.93 之间。添加亲水性胶体后水分干燥速率在烘烤过程前 6 h 低于对照样。随着干燥时间进一步推移，干燥速率曲线变平缓。这主要是由于广式腊肠烘烤前期水分含量比较高，与烘房内环境形成比较大的湿度差，加热使广式腊肠内部的水分快速向表面转移，故此烘烤初期干燥速率大[11]。烘烤后期，广式腊肠的含水量降低，干燥速率变小，曲线变平缓。整体而言，添加亲水性胶体后，其在烘烤中前期干燥速率低于对照组，尤其是在烘烤中期。这可能与亲水性胶体的持水性有关。

2.2 感官评定

感官评定结果如表 3 所示，每一单项的分值是所有评定人员的累加总分，满分为 100 分。

由表 3 可知，亲水性胶体的添加对色泽没有显著性影响，均能显示出广式腊肠的正常颜色，肥肉呈乳白色，瘦肉呈枣红色。组织形态也无明显区别，均比较致密。各试样及对照样在品尝时的风味相当，腊香明显，具有广式腊肠特有的风味。在口感方面则表现出显著性差异，其中 D4 组的评分最高，为 87.5 分，D6 组次之，为 87.4 分，其他添加了亲水胶体的试样除 D3 组外，总评价分均高于对照组。相比于对照组，亲水性胶体组的硬度适中并有弹性、咀嚼性好、多汁。特别是 D4 组（卡拉胶:魔芋胶=2:3），该组咀嚼性好，汁液比较丰富，留香，且广式腊肠在咀嚼时，弹性较高，口感好。结果表明，在广式腊肠中添加适量的亲水胶体能改善其食用口感，提高品质。其原因主要是亲水胶体改善了其凝胶网状结构[5]。

表 3 广式腊肠感官评定结果

Table 3 Result of sensory evaluation of Cantonese sausage

指标	对照	D1	D2	D3	D4	D5	D6
色泽	92	91	91	92	90	90	89
组织形态	78	79	75	74	79	76	78
口感	75	86	86	78	88	86	88
风味	92	88	92	86	91	88	92
计算权值后得分	84.1	86.2	86.6	82.4	87.5	85.4	87.4

表 4 广式腊肠质构测定结果

Table 4 Changes in TPA textural parameters of Cantonese sausage

样品	硬度/g	弹性/(s/s)	内聚性/(g·sec/g·sec)	胶着性/g	咀嚼性/g	回复性/(g·sec/g·sec)
对照	5589.14±267.32^{b}	0.64±0.06^{a}	0.34±0.03^{c}	1884.42±246.44^{c}	1213.60±262.89^{c}	0.083±0.012^{c}
D1	6417.42±332.65^{a}	0.64±0.02^{a}	0.41±0.02^{b}	2637.35±249.88^{b}	1692.53±216.56^{b}	0.116±0.016^{ab}
D2	5958.96±256.20^{b}	0.71±0.02^{a}	0.43±0.01^{b}	2548.73±195.59^{b}	1822.86±172.11^{b}	0.113±0.024^{ab}
D3	4346.63±223.66^{c}	0.65±0.07^{a}	0.36±0.03^{c}	1557.72±120.18^{d}	1011.96±128.07^{c}	0.054±0.006^{d}
D4	6539.49±210.98^{a}	0.70±0.08^{a}	0.47±0.02^{a}	3058.33±191.13^{a}	2141.82±273.05^{a}	0.123±0.008^{a}
D5	6476.75±329.21^{a}	0.70±0.06^{a}	0.42±0.04^{b}	2810.00±154.10^{ab}	1905.09±98.79^{ab}	0.101±0.005^{bc}
D6	5864.39±280.90^{b}	0.70±0.02^{a}	0.45±0.02^{ab}	2615.54±169.73^{b}	1830.57±133.60^{b}	0.086±0.009^{c}

注：同一栏中字母不同者，表示有显著性差异（p<0.05）。

2.3 质构分析

广式腊肠各质构指标的结果如表 4 所示。由表 4 可知，亲水性胶体的添加，除 D3 组外，均能显著增加广式腊肠的硬度、内聚性、黏着性、咀嚼性、回复性等质构特性（p<0.05）。D4、D5 组的多数质构特性指标均高于其他组，表明卡拉胶和魔芋胶、魔芋胶与瓜尔豆胶的复配均比单独使用时具有更好的质构特性，表明复配胶促进了产品凝胶网络的形成。亲水性胶体主要成分为亲水性多糖，亲水多糖能与肉中的蛋白质相互结合，使蛋白质更有效地结合在食用胶体形成的凝胶体系中，形成更加稳固的三维空间结构[12,13]。

D2 组和 D6 组的硬度与对照组差异不显著，但硬度均高于对照组。D3 组的硬度等质构指标低于对照组，但其弹性与黏着性与对照无显著性差异，表明瓜尔豆胶的添加可降低产品的硬度等质构指标，这主要是由于瓜尔豆胶在增黏和吸水性方面具有较好的效果，导致其产品水分含量增加（表 1），水分含量的增加会降低产品的硬度。

由表 4 可知，在咀嚼性方面，复配胶体组均高于胶体单独使用组，表明亲水性胶体复配可改善广式腊肠的咀嚼性能。在弹性方面，各试样组与对照组间没有明显差异（p>0.05）。这可能是由于广式腊肠为半干型肉制品，水分含量较低，导致其弹性差异不大。

2.4 复水率分析

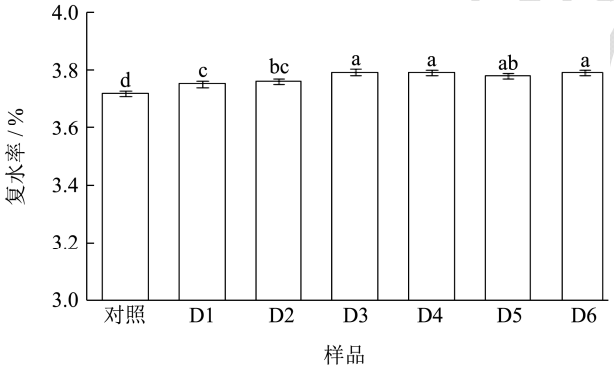


图 3 广式腊肠的复水率

Fig.3 Rehydration rate of Cantonese sausage

注：不同角标者具有显著性差异，p<0.05。

蒸煮复水率对广式腊肠的食用口感有重要影响，复水率低，广式腊肠的口感较硬和粗糙。图 3 是添加亲水性胶体后复水率的变化图，由图 3 可知，广式腊肠的蒸煮复水率在 3.72%~3.79%之间，其中对照样的蒸煮复水率最低，为 3.72%，蒸煮复水率高的是 D3、D4 和 D6，均为 3.79%。各试样组与对照组比较，复水率存在显著差异（p<0.05），而 D3、D4 和 D6 配方间的差异不明显（p>0.05）。结果表明瓜尔豆胶在广式腊肠复水率方面具有较好的效果，这可能与其具有较好的保水性有关。

亲水性胶体多是水性高分子化合物，有胶凝作用、乳化稳定作用、保水作用，在肉制品中应用能改善肉制品内部组织，改善产品的均匀性和稳定性，提高产品的品质。

3 结论

3.1 本研究考察了亲水性胶体在广式腊肠中的应用，从其对烘烤工艺的影响、产品感官、质构、复水率方面综合考察了其影响作用。

3.2 在广式腊肠中添加适量亲水性胶体，可适当增加产品的水分含量，但不影响产品对水分的质量要求，最终产品的含水量在质量要求的正常范围内。

3.3 广式腊肠的整个烘烤过程，干燥前期干燥的速率较大，随着干燥时间的延长，干燥速率曲线变平缓。在烘烤中期，亲水性胶体添加会略降低其干燥速率，但整体而言对广式腊肠烘烤时水分蒸发散失影响较小。

3.4 亲水性胶体在一定程度上改善腊肠的质构特性，改善腊肠的口感，尤其是复配胶体组。在咀嚼性方面，以卡拉胶与魔芋胶复配组较优。在复水率方面，瓜尔豆胶由于其优良的保水性能，在单独添加或与其他胶体复配具有较好的效果。

3.5 本研究可丰富广式腊肠产品系列，开发针对不同质构特点的产品，满足消费者对广式腊肠的不同需求。

参考文献

[1] 朱定和,朱凌,肖仔君,等.广式腊肠的营养成分分析[J].现代食品科技,2014,30(1):160-164
ZHU Ding-he, ZHU Ling, XIAO Zi-jun, et al. Analysis of nutrition compositions of Cantonese sausage [J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(1): 160-164

[1] 刘瑜彬,葛亚中,孙为正.糖添加量对广式腊肠脂质氧化稳定性及感官品质的影响研究[J].现代食品科技,2018(4):215-220
LIU Yu-bin, GE Ya-zhong, SUN Wei-zheng. Effect of sugar levels on lipolytic enzyme activities and lipid oxidative stability of Cantonese sausage [J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(4): 215-220

[2] 胡国华.功能性食品胶[M].北京:化学工业出版社,2014
HU Guo-hua. Functional Food Gums [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2014

[3] Chin K B, Go M Y, Xiong Y L. Konjac flour improved

textural and water retention properties of transglutaminase-mediated, heat-induced porcine myofibrillar protein gel: Effect of salt level and transglutaminase incubation [J]. Meat Science, 2009, 81(3): 565-572

[4] 赵谋明,杨园媛,孙为正,等.魔芋胶/瓜尔豆胶对猪肉脯品质的影响[J].现代食品科技,2014,30(3):121-125
ZHAO Mou-ming, YANG Yuan-yuan, SUN Wei-zheng, et al. Effect of konjac glucomannan/guar gum on the quality of pork Jerky [J]. Modern Food Science & Technology, 2014, 30(3): 121-125

[5] 符小燕,张日辉,蒋爱民,等.日晒和烘烤工艺对广式腊肠微生物的影响[J].食品与机械,2013,29(5):33-36
FU Xiao-yan, ZHANG Ri-hui, JIANG Ai-min, et al. Effects of drying methods on microbiological properties of Cantonese sausage [J]. Food & Machinery, 2013, 29(5): 33-36

[6] 娄正,刘清,郭晶,等.槟榔预处理及热风干燥工艺条件优化[J].食品科学,2014,35(16):46-51
LOU Zheng, LIU Qing, GUO Jing, et al. Study an pretreatment and hot air drying of betel nut [J]. Food Science, 2014, 35(16): 46-51

[7] 许明映,程镜蓉,刘学铭,等.金针菇对广式腊肠品质的影响[J].食品科技,2018,43(4):115-121
XU Ming-ying, CHENG Jing-rong, LIU Xue-ming, et al. Effect of *Flammulina velutipes* polysaccharide chelated calcium on the quality of Cantonese sausage [J]. Science & Technology of Food Industry, 2018, 43(4): 115-121

[8] 张楠,万金庆,厉建国.盐含量对草鱼片冰温腌干特性的影响[J].食品工业科技,2018,39(5):287-290
ZHANG Nan, WAN Jin-qing, LI Jian-guo. Effect of salt concentration on properties of pickled and dried *Ctenopharyngodon idellus* fillets under low temperature [J]. Science & Technology of Food Industry, 2018, 39(5): 287-290

[9] 杨园媛,赵谋明,孙为正,等.卡拉胶对猪肉脯品质的影响[J].食品工业科技,2013,34(24):326-328,343
YANG Yuan-yuan, ZHAO Mou-ming, SUN Wei-zheng, et al. Effect of carrageenan on the quality of pork jerky [J]. Science & Technology of Food Industry, 2013, 34(24): 326-328, 343

[10] 刘云宏,孙悦,王乐颜,等.超声波强化热风干燥梨片的干燥特性[J].食品科学,2015,36(9):1-6
LIU Yun-hong, SUN Yue, WANG Le-yan, et al. Drying characteristics of ultrasound assisted hot-air drying of pear slices [J]. Food Science, 2015, 36(9): 1-6

[11] Núñezsantiago M C, Tecante A, Garnier C, et al. Rheology and microstructure of κ-carrageenan under different conformations induced by several concentrations of potassium ion [J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(1): 32-41

[12] 夏秀芳,孔保华,张宏伟.肌原纤维蛋白凝胶形成机理及影响因素的研究进展[J].食品科学,2009,30(9):264-268
XIA Xiu-fang, KONG Bao-hua, ZHANG Hong-wei. Research progresses on gel formation mechanism and affecting factors of myofibrillar protein [J]. Food Science, 2009, 30(9): 264-268

（上接第 197 页）

[29] 郭静璇.挤压法马铃薯米线的生产工艺和品质改良研究[D].无锡:江南大学,2016
GUO Jing-xuan. Study on the fabrication process and quality improvement of extruded potato noodles [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2016

[30] Bao Wang, LiJun Wang, Dong Li, et al. Rheological properties of waxy maize starch and xan than gum mixtures in the presence of sucrose [J]. Carbohydrate Polymers, 2009, 77(3): 472-481

[31] J E Zimeri, J L Kokini. Rheological properties of inulin-waxy maize starch systems [J]. Carbohydrate Polymers, 2003, 52(1): 67-85

[32] 徐芬,胡宏海,张春江,等.不同蛋白对马铃薯面条食用品质的影响[J].现代食品科技,2015,31(12):269-276
XU Fen, HU Hong-hai, ZHANG Chun-jiang, et al. Effects of different types of proteins on the eating quality of potato noodles [J]. Modern Food Science & Technology, 2015, 31(12): 269-276

[33] 王宝石,庞海强,修琳,等.双螺杆挤压蒸煮对普通玉米粉糊化度的影响[J].食品与发酵科技,2012,48(2):13-15
WANG Bao-shi, PANG Hai-qiang, XIU Lin, et al. Effects of twin-screw extrusion cooking on the degree of gelatinization of ordinary corn flour [J]. Food and Fermentation Technology, 2012, 48(2): 13-15

[34] Dexter J E, Matsuo R R, Dronzek B L. A scanning electron microscopy study of Japanese noodles [J]. Cereal Chemistry, 1979, 56(3): 202-208