

微波复热功率及时间对速冻红烧肉品质的影响

赵钜阳, 石长波*, 张 琪

(哈尔滨商业大学旅游烹饪学院, 哈尔滨 150076)

摘 要: **目的** 研究不同微波复热功率和复热时间对速冻方便菜肴红烧肉品质的影响规律。**方法** 分别采用240、480、720、960和1200 W微波复热功率和20、40、60、80和100 s微波复热时间对速冻后的红烧肉菜肴进行微波复热,通过测定速冻红烧肉的出品率、水分含量、嫩度和感官评价,研究不同微波复热功率和复热时间对红烧肉品质的影响。**结果** 当微波复热的功率和时间分别为720 W、60 s时,红烧肉的出品率、水分含量、嫩度和感官质量等得分均显著高于其他各处理组($P<0.05$)。**结论** 最佳条件下制作出红烧肉菜肴软糯可口、颜色红亮、香气丰富。

关键词: 速冻方便菜肴;微波复热;红烧肉;品质

Effects of different microwave re-heating powers and time on quality of quick-frozen pork braised in brown sauce

ZHAO Ju-Yang, SHI Chang-Bo*, ZHANG Qi

(College of Tourism and Cuisine, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the effects of different microwave re-heating powers and time on the quality of quick-frozen pork braised in brown sauce. **Methods** The changes of quality of pork braised in brown sauce were evaluated with different microwave powers (240, 480, 720, 960 and 1200 W) and different microwave time (20, 40, 60, 80 and 100 s). At the same time, the product yield, water content, shear force, and sensory evaluation were measured to investigate the quality of quick-frozen pork braised in brown sauce with different microwave powers and microwave time. **Results** The microwave re-heating parameters for quick-frozen pork braised in brown sauce were 720 W and 60 s in which the dishes products showed the best quality characteristics. **Conclusion** With the optimum microwave power and time, the pork braised in brown sauce is soft, waxy with good color and rich aroma.

KEY WORDS: quick-frozen convenient dishes; microwave re-heating; pork braised in brown sauce; quality

1 引 言

中华美食博大精深中,中国素有“美食大国”的美名。红烧肉含有丰富的优质蛋白质和必需的脂肪酸,并提供血

红素(有机铁)和促进铁吸收的半胱氨酸,能改善缺铁性贫血,补肾养血,滋阴润燥等功效^[1],因此多年来深受国内外大众的欢迎。但是由于红烧肉制作工艺繁杂,普通家庭很难制作出感官品质俱佳的菜肴,因此将红烧肉菜肴制作

基金项目: 黑龙江省普通本科高等学校青年创新人才培养计划(UNPYSCT-2016053)

Fund: Supported by Young Innovative Talent Training Foundation of Ordinary Undergraduate Course Colleges and Universities in Heilongjiang (UNPYSCT-2016053)

***通讯作者:** 石长波,教授,主要研究方向为烹饪科学。E-mail: shicb777@sina.com

***Corresponding author:** SHI Chang-Bo, Professor, College of Tourism and Cuisine, No.138, Tongda Road, Daoli District, Harbin 150076, China. E-mail: shicb777@sina.com

成方便菜肴食品成为近年来的研究热点。

传统的红烧肉方便菜肴食品多采用罐头的形式^[2],但是传统的红烧肉产品在制作成罐头食品时往往存在不可避免的蒸煮味^[1]。此外还有研究者研究发现,红烧肉在其贮藏过程中会发生脂肪氧化现象,并且其脂肪酸组成也会发生变化,并且随着时间的延长其氧化程度会增加^[3]。而近年来的研究表明对食品进行速冻处理会延缓其脂肪氧化的速度^[4],速冻调理食品因此应运而生。速冻调理食品是食品经过速冻工艺处理后并在冷冻条件下进行贮运、销售的产品,由于贮藏温度较低,能够抑制微生物及酶活性,进而延缓肉制品的脂肪氧化情况,延长食品货架期,提高其食用品质^[5]。近年来,市面上较为常见的速冻食品有速冻水饺^[6]、速冻鸡肉串^[7]、速冻鸡腿^[8]等。而关于速冻菜肴的研究较为热门,有速冻宫保鸡丁菜肴^[9]、速冻糖醋排骨^[10]、速冻青椒肉丝^[11]和速冻菜肴红烧肉^[12]。这一类速冻菜肴食品属于即热类方便菜肴^[13],往往在速冻后需要经过二次复热方可食用,较为方便的复热方式多为微波复热。Liu等^[14]发现台湾豆瓣酱红烧肉在冷藏10 d后进行复热,其可挥发风味成分三硫化甲基、噻啉等的含量会发生变化,进而影响其菜肴品质。这也就说明微波二次复热会严重影响菜肴的品质。因此有必要对微波二次复热参数进行优化。

目前关于速冻调理食品二次复热的文献和报道,主要针对的是未熟制的原料、肉类半成品或是米饭^[15-18],其复热方式较少采用微波复热,而对于速冻中式菜肴食品的微波复热参数的研究更是少之又少,特别是速冻红烧肉的微波复热参数的研究尚未可见。因此本文研究了微波复热工艺对速冻红烧肉菜肴品质的影响,对速冻红烧肉菜肴微波复热参数进行优化。通过对红烧肉的水分含量、出品率、剪切力和感官评定进行测定,筛选出最佳复热的功率和时间这一微波复热工艺参数,从而为速冻菜肴产品的复热工艺的工业化和标准化生产,提供可行性理论依据与参数。

2 材料与方法

2.1 试验材料

猪五花肉、姜、葱(当天购于哈尔滨市新阳路家乐福);海天味极鲜酱油(佛山市海天调味食品股份有限公司);金龙鱼调和油(益海嘉里食品营销有限公司);老恒和料酒(湖州老恒和酿造有限公司);禾煜八角大料(上海禾煜贸易有限公司);中盐碘盐(中国盐业总公司);含饴绵白糖(沈阳含饴食品有限公司)。

2.2 试验仪器

电子天平(沈阳天平仪器有限公司);TMS-Touch 250N 质构仪(美国 Food Technology Corporation);电热鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器股份有限公司);YZ-1531 多功能油炸锅(广东友田家用电器有限公司);G80F23CN3P-Q1(W0)微

波炉(格兰仕微波炉电器有限公司)。

2.3 试验方法

2.3.1 速冻红烧肉制作工艺及要点

新鲜猪五花肉→洗净→切块→煮制→捞出、备用→炒糖色→捞出、备用→炒锅热油滑炒八角→加入五花肉炒制→加入料酒、酱油等调味料继续炒制→注入开水→加入葱段、姜片、糖和食盐等调味料→出锅、冷却→包装→成品于-18℃冻藏

首先将新鲜猪五花肉洗净切成2.5 cm见方的块,之后凉水下锅,待水开后煮制5 min,捞出,控净水份备用。炒锅倒入少许油,加入白糖炒糖色至微黄后备用。炒锅上火倒入少许油,煸香八角,下入肉块煸炒至水分耗干、颜色透亮、表面微黄并开始出油,倒入料酒和酱油翻炒至料酒挥发、酱油均匀吸附在肉块上为止。之后向锅内注入开水,水和肉块持平即可,放入葱段、姜片,最后放入白糖、食盐调味,炖煮90 min。制作完成后的红烧肉采用高温蒸煮袋进行真空包装,并迅速用冷水冲洗冷却,置于-18℃贮存,待测。

2.3.2 复热工艺的单因素试验

(1)不同复热功率对红烧肉品质的影响

影响速冻红烧肉菜肴品质的重要影响因素是其二次复热的功率和时间,从预试验的结果中,可以确定微波炉最佳复热时间为60 s,在该时间内分别将速冻红烧肉的复热功率控制在240、480、720、960和1200 W对红烧肉进行复热,测定红烧肉的出品率、水分含量、剪切力和感官评价。每组试验重复2批次进行。

(2)不同复热时间对红烧肉品质的影响

从上一部分实验中筛选出最佳微波复热功率,在该功率下分别将速冻红烧肉的复热时间控制在20、40、60、80和100 s对红烧肉进行复热,测定红烧肉的出品率、水分含量、剪切力和感官评价。每组试验重复2次进行。

2.3.3 测定指标

(1)出品率

将复热后的红烧肉进行称重,加热后,待其冷却,并将油沥干,再对其进行称重。每组样品重复3次进行。计算出品率的公式如下所示:出品率(%)=复热后肉重/复热前肉的总质量×100%^[14]。

(2)水分含量

恒温干燥法:参照GB 50093-2010^[19]进行测定。称取4 g红烧肉,将其放入干燥箱内,设置温度为105℃,进行干燥,直到红烧肉的质量不再发生变化(质量差小于2 mg),称取其重量,每组样品重复3次进行。计算水分含量的公式如下所示:水分含量(%)=(4-干燥后剩余重量)/4×100%。

(3)剪切力

速冻红烧肉菜肴剪切力测定采用红烧肉中瘦肉部分作为样品的测定部位,采用单刀剪切探头测定剪切力,设

置起始力为 0.3 N, 测试速度为 30 mm/s, 回程速度为 60 mm/s, 回程距离为 40 mm, 在进行剪切力测定时, 每组样品进行多次测试, 测试次数为 8 次。

(4)感官评价

本实验将使用单因素实验的方法改变原料成分添加量, 通过感官评价, 对食物的色泽、口感、味道、组织状态和总体可接受度进行评价, 最低分为 0 分, 最高分为 10 分, 组织 10 名烹饪专业的同学进行感官评价, 进行感官评价前对评审团成员进行专门的训练, 根据表 1 红烧肉感官评分标准^[12]对红烧肉进行打分, 通过多组评价求出平均值后进行分析。

2.4 数据处理

每组试验设置 3 个平行样, 质构和感官评价测定设置 7 个平行样, 最后的结果用 $\bar{x}\pm SD$ 表示。试验均重复 2 批次进行。数据分析采用 Statistix 8.1(分析软件 St Paul.MN)软件包中 Linear Models 程序分析。差异显著性采用 Sigmaplot 9.0 软件进行作图。

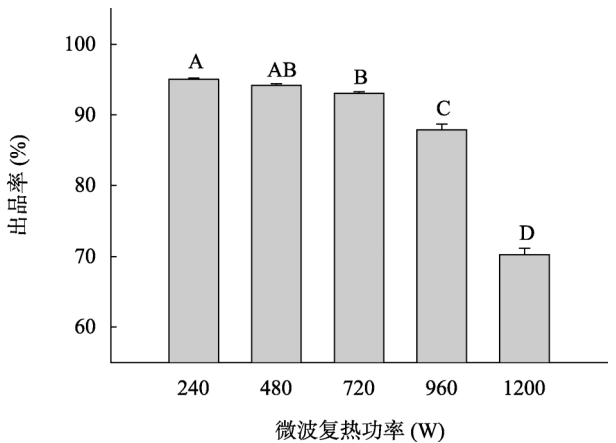
3 结果与分析

3.1 不同复热功率对红烧肉品质的影响

3.1.1 不同复热功率对红烧肉出品率的影响

在复热前用电子天平称量每块红烧肉的质量, 在复热后再次称量, 以计算复热红烧肉的出品率, 结果如图 1 所示。结合感官评价和出品率可知, 60 s 内加热功率为 240、480 W 时, 出品率无显著性差异($P\geq 0.05$), 而当微波功率大

于 480 W 时, 红烧肉均有不同程度的油脂流出, 从而失去其内部的物质, 导致其出品率下降, 并显著小于微波功率为 240 W 的处理组($P<0.05$)。而当微波加热功率继续增加至 960 W 时, 出品率显著下降至 87.88%($P<0.05$), 此时红烧肉有部分油脂渗出; 之后继续增加微波加热功率至微波炉最大功率时, 红烧肉表面有大量油脂流出, 出品率大幅度降低, 致使部分红烧肉样品表面发焦, 内部水分逐渐流失, 油脂和部分游离脂肪酸挥发^[4], 从而使得出品率大大降低($P<0.01$)。



注: 图中不同字母表示差异显著($P<0.05$)
图 1 不同复热功率对速冻红烧肉出品率的影响($n=3$)
Fig. 1 Effects of different microwave re-heating powers on cooking yield of quick-frozen pork braised in brown sauce ($n=3$)

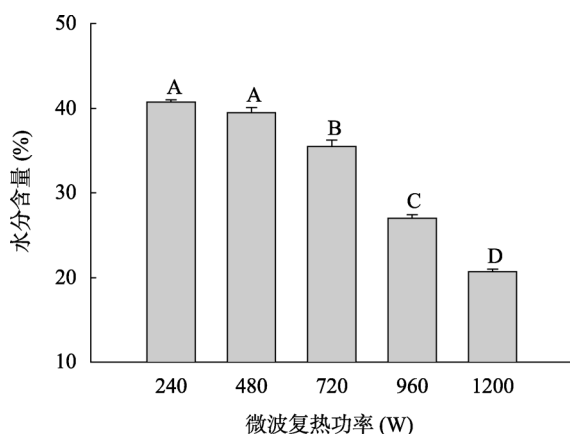
表 1 红烧肉感官评分标准
Table 1 Sensory scoring standard of quick-frozen pork braised in brown sauce

指标	评分标准指标	得分
口感	肉嚼不烂、焦硬、干涩或粘黏	0~3
	肉略硬、略柴, 稍微干涩或粘黏	4~6
	肥而不膩, 入口即化, 软糯鲜嫩	7~9
色泽	颜色过浅或过深, 无光泽	0~3
	颜色较浅或较深, 稍有光泽不均匀	4~6
	红亮有食欲, 颜色剔透均匀	7~9
味道	有腥味, 苦味, 味道过咸或过淡, 过甜	0~3
	稍咸或稍淡, 稍苦或稍甜	4~6
	味道醇厚柔和, 咸淡适中, 甜而不过	7~9
组织	肉质粗糙, 组织无弹性	0~3
	肉质较粗糙、组织较有弹性	4~6
	肉质细腻、组织副有弹性	7~9
总体可接受性	不接受	0~3
	适中	4~6
	接受(喜欢)	7~9

3.1.2 不同复热功率对红烧肉水分含量的影响

水分在食品具有重要的作用,与肉制品的嫩度、口感和多汁性密切相关,其中肉制品中的水包括游离水、结合水和不易流动水^[20]。测定速冻红烧肉微波复热后水分含量,可以间接了解红烧肉菜肴的口感、嫩度和多汁性,通常水分含量越高,速冻红烧肉的口感越鲜嫩,水分含量越少,红烧肉口感越硬,甚至发柴,与红烧肉入口即化的特征相去甚远^[21]。图2显示了不同复热功率对红烧肉水分含量的影响,由图可知,加热功率为240 W时的红烧肉水分含量最高($P<0.05$),为40.80%,之后随复热功率的增大,含水量不断降低,当加热功率为1200 W时,红烧肉严重失水($P<0.05$),表面变焦,结合出品率的测定结果,出品率也大大下降($P<0.05$),此时红烧肉水分含量仅20.75%。

此外未速冻的红烧肉菜肴的含水量为43.83%(数据未显示),与未速冻的红烧肉菜肴的含水量相比,经过微波复热后红烧肉的水分含量会有所降低,且随着复热功率而逐渐变小,因此微波炉的功率对于红烧肉的水分含量影响较大。但是在功率较低时,速冻红烧肉未完全热透,内部甚至有冰渣出现,严重影响其感官品质。因此微波加热功率应当适中。



注: 图中不同字母表示差异显著($P<0.05$)

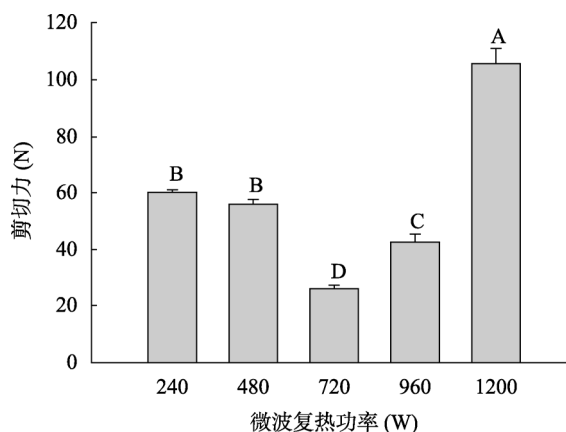
图2 不同复热功率对红烧肉水分含量的影响($n=3$)

Fig. 2 Effects of different microwave re-heating powers on water content of quick-frozen pork braised in brown sauce ($n=3$)

3.1.3 不同复热功率对红烧肉嫩度的影响

肉制品的质构测定中的剪切力值反映了肉制品的嫩度,剪切力值越小,肉制品越嫩,反之,剪切力值越大,肉制品嫩度越差,口感也越差。图3为不同复热功率对速冻红烧肉剪切力的影响,由图可知,在加热功率240、480 W时,红烧肉的剪切力无显著性差异($P\geq 0.05$),但随着加热功率增加,速冻红烧肉的剪切力值变小,肉质变嫩,当微波功率为720 W时,红烧肉剪切力最小,达到26.23 N,即此时的红烧肉最嫩,这是因为当微波复热功率较小时,速冻红烧肉未完全热透,内部甚至有冰渣出现,致使其剪切力值较大,严重影响其感官品质。当微波功率继续增大,红烧肉的剪切力逐渐增加,红烧肉水分含量降低,出品率

下降,嫩度变差,当功率为1200 W时,剪切力达到最大值110.63 N($P<0.05$),此时红烧肉水分含量严重丧失,且红烧肉表面已经变焦,食用品质严重下降。因此微波加热功率应当适中,根据嫩度的测定结果,当微波功率为720 W时,红烧肉肉质最嫩。



注: 图中不同字母表示差异显著($P<0.05$)

图3 不同复热功率对速冻红烧肉剪切力的影响($n=3$)

Fig. 3 Effects of different microwave re-heating powers on shear force of quick-frozen pork braised in brown sauce ($n=3$)

3.1.4 不同复热功率对红烧肉感官质量的影响

将速冻红烧肉的复热功率控制在240、480、720、960和1200 W对红烧肉进行复热,并且将微波炉复热红烧肉时间固定为60 s。然后经过10名烹饪专业的同学对速冻红烧肉的感官质量进行打分,结果见表2。

通过对表2的分析可知,当微波复热功率为240 W和480 W时,对红烧肉的色泽和味道,无显著性差异($P\geq 0.05$),且感官质量中的口感、色泽、味道、组织状态和总体可接受性均显著小于720 W处理组,这是因为当微波复热功率较小时速冻红烧肉未完全热透,内部甚至有冰渣出现,结合其出品率、水分含量和剪切力的测定结果,此时出品率、水分含量值较高,但是嫩度较差,感官品质较差。当微波功率为720 W和960 W时,红烧肉的感官评价得分较高($P<0.05$),且720 W下的红烧肉表现为入口即化,香气丰富的感官特点,结合剪切力的测定结果,此时红烧肉的嫩度最高($P<0.05$)。另一方面,1200 W微波功率下复热红烧肉时,红烧肉表面变焦,红烧肉内部水分大量蒸发,并伴有大量油脂溢出,速冻红烧肉菜肴的感官品质严重下降($P<0.05$);综合以上测定结果,速冻红烧肉的最佳复热功率是720 W。

3.2 不同复热时间对红烧肉品质的影响

3.2.1 不同复热时间对红烧肉出品率的影响

根据前面的试验结果得出红烧肉微波炉复热的最佳功率为720 W,在该功率下对-18℃冷冻5 d的红烧肉进行复热,分别将速冻红烧肉的复热时间控制在20、40、60、80和100 s。

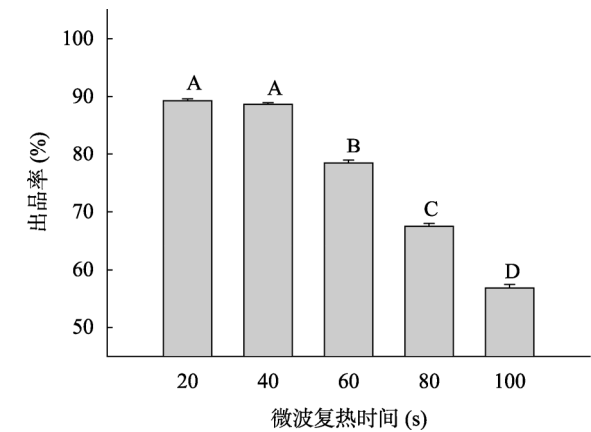
表 2 不同复热功率对红烧肉感官质量的影响($n=3$)

Table 2 Effects of different microwave re-heating powers on sensory quality of quick-frozen pork braised in brown sauce ($n=3$)

微波功率(W)	口感	色泽	味道	组织状态	总体可接受性
240	6.0±0.50 ^c	6.77±0.25 ^c	6.30±0.30 ^{bc}	5.27±0.46 ^{cd}	5.77±0.25 ^c
480	7.38±0.34 ^b	7.23±0.25 ^{bc}	7.00±0.20 ^b	6.03±0.21 ^c	6.33±0.15 ^c
720	9.10±0.41 ^a	9.07±0.31 ^a	9.13±0.32 ^a	9.07±0.21 ^a	9.03±0.15 ^a
960	8.19±0.20 ^{ab}	7.77±0.25 ^b	8.80±0.26 ^a	8.03±0.25 ^b	8.03±0.25 ^b
1200	4.67±0.76 ^d	3.50±0.50 ^d	5.50±0.50 ^c	4.80±0.26 ^d	4.77±0.25 ^d

注: 在相同列中不同字母代表差异显著($P<0.05$)

不同微波加热时间对红烧肉出品率的影响试验结果如图 4 所示。根据图 4 可知,微波复热的红烧肉出品率随着复热时间的延长而降低;出品率在复热 20 s 和 40 s 时的变化不大($P\geq 0.05$),因此这时期的红烧肉还没有完全解冻;40 s 以后的出品率连续下降($P<0.05$),其最佳出品率联系上文红烧肉的感官评价可知,在复热 60 s 时的红烧肉已经加热完全且感官评价得分高,80 s 和 100 s 的出品率过低($P<0.05$),且出现焦糊现象,影响外观和食用品质。微波炉的复热时间很大程度影响着红烧肉的出品率,出品率不宜过高也不宜过低,复热时间也不宜过长不宜过短,因此,在复热时间为 60 s 时的红烧肉拥有相对最佳出品率。



注: 图中不同字母表示差异显著($P<0.05$)

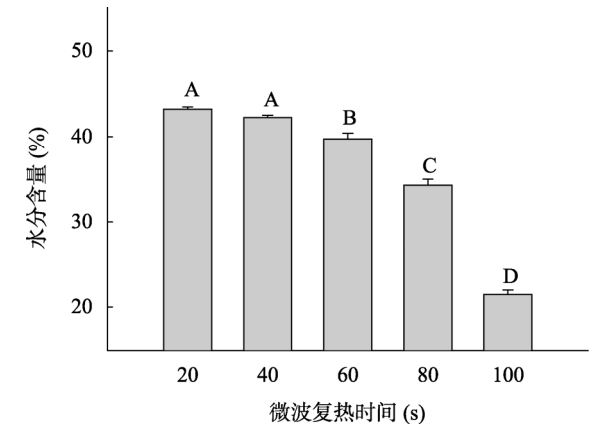
图 4 不同微波加热时间对红烧肉出品率的影响($n=3$)

Fig. 4 Effects of different microwave re-heating time on cooking yield of quick-frozen pork braised in brown sauce ($n=3$)

3.2.2 不同复热时间对红烧肉水分含量的影响

不同微波炉复热时间对红烧肉水分含量的影响的试验结果如图 5 所示。通过图 5 可知,随着微波复热时间的增长,红烧肉的水分含量不断变小,因此微波炉的功率对于红烧肉的水分含量影响较大。加热时间在 20 s 时的红烧肉水分含量最高(43.5%),与未复热的红烧肉对照组的水

分含量(43.83%)相比,由于此时的红烧肉基本未解冻,所以差距较小;之后随加热时间的增长,红烧肉的水分有所蒸发,其水分含量值不断降低($P<0.05$),60 s 时的红烧肉水分含量为 40.06%,60 s 以后下降较明显,80 s 以后下降剧烈,当复热时间为 100 s 时的红烧肉水分含量仅 20.9%。这一结果与出品率的结果相一致,当微波复热时间过长时,其水分大量丧失致使其出品率也大大下降($P<0.05$)。



注: 图中不同字母表示差异显著($P<0.05$)

图 5 不同微波炉复热时间对红烧肉水分含量的影响($n=3$)

Fig. 5 Effects of different microwave re-heating time on water content of quick-frozen pork braised in brown sauce ($n=3$)

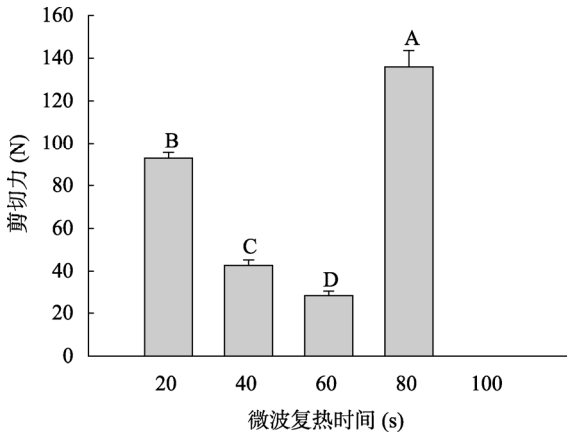
3.2.3 不同复热时间对红烧肉嫩度的影响

不同复热时间下红烧肉的剪切力见图 6,由图 6 可知,随着微波炉复热时间的增长,红烧肉的剪切力先变小又变大,即红烧肉先变软又变硬,当微波复热时间为 80 s 时其剪切力值显著高于其他各处理组,而当复热时间继续增加至 100 s,红烧肉表面发生焦糊,感官品质严重下降,其剪切力已超越预设的最大值(200 N),质构仪无法检测该组剪切力(数据未在图中显示)。而当微波复热时间为 60 s 时,此时红烧肉的剪切力最小(28.45 N),肉质最嫩,因此从剪切力的测定结果来看,微波复热的最佳时间为 60 s。

表 3 不同复热时间对红烧肉感官质量的影响($n=3$)
Table 3 Effects of different microwave re-heating time on sensory quality of quick-frozen pork braised in brown sauce ($n=3$)

微波时间(s)	口感	色泽	味道	组织状态	总体可接受性
20	6.2±0.32 ^c	9.1±0.12 ^a	9.1±0.21 ^a	6.57±0.40 ^c	6.40±0.32 ^c
40	8.9±0.25 ^a	9.1±0.11 ^a	9.2±0.30 ^a	7.67±0.18 ^b	7.60±0.30 ^b
60	9.2±0.41 ^a	9.0±0.27 ^a	9.1±0.31 ^a	9.10±0.17 ^a	9.26±0.18 ^a
80	7.4±0.28 ^b	7.9±0.37 ^b	9.0±0.21 ^a	6.88±0.42 ^{bc}	7.51±0.28 ^b
100	3.0±0.24 ^d	4.5±0.34 ^c	7.9±0.20 ^c	4.13±0.32 ^d	4.03±0.45 ^d

注：在相同列中不同字母代表差异显著($P<0.05$)



注：图中不同字母表示差异显著($P<0.05$)

图 6 不同复热时间对红烧肉剪切力值的影响($n=3$)

Fig. 3 Effects of different microwave re-heating time on shear force of quick-frozen pork braised in brown sauce ($n=3$)

3.2.4 不同复热时间对红烧肉感官质量的影响

根据前文试验结果，速冻红烧肉的最佳微波复热功率为 720W，然后将红烧肉分别进行 20、40、60、80 和 100 s 微波复热。然后经过 10 名烹饪专业的同学对速冻红烧肉的感官质量进行打分，不同复热时间对红烧肉的感官质量的影响见表 3，由表 3 可知，当微波复热时间为 20~60 s 时，对红烧肉的色泽和味道，无显著性差异($P\geq 0.05$)，但微波时间过短(20 s)，其口感和总体可接受性得分较小，这是因为当微波复热时间过短时速冻红烧肉未完全热透，表面甚至附有一层白色的猪油，结合其出品率、水分含量和剪切力的测定结果，此时出品率、水分含量值较高，但是嫩度较差，感官品质较差。当微波时间为 60 s 时，红烧肉的口感、色泽、味道和组织状态得分较高，且此时总体可接受性得分显著高于其他各处理组($P<0.05$)，此时红烧肉表现为软糯可口、颜色红亮有食欲、香气丰富的感官特点，结合剪切力的测定结果，此时红烧肉的嫩度最高($P<0.05$)。另一方面，微波复热红烧肉的时间过长时，红烧肉表面变焦，红烧肉内部水分大量蒸发，并伴有大量油脂溢出，速冻红烧肉菜肴的感官品质严重下降($P<0.05$)。综合以上测定结果，速冻红烧肉的最佳复热时间是 60 s。

4 结 论

日常生活使用微波炉复热速冻方便菜肴时，往往很难控制其加热功率和时间，进而影响菜肴的感官品质。因此通过单因素实验，筛选出尽量接近传统中式红烧肉品质且方便快捷的复热功率和时间。结果表明，当微波复热的功率和时间为 720 W、60 s 时，其感官评价评价得分为 45.9、出品率为 78.36%、剪切力为 26.23 N、水分含量为 35.08%，与速冻前红烧肉的各组数据相比均无显著差异。因此速冻红烧肉菜肴的最佳微波复热参数为 720 W 下加热 60 s。

参考文献

[1] 马晓宁. 红烧肉常温软包装罐头加工工艺研究[J]. 肉类工业, 2015(3): 1-3.
Ma XN. Study on processing technology of flexible packaged stewed pork can at room temperature [J]. Meat Ind, 2015(3): 1-3.
[2] 施永清, 李德芳. 机械化生产高品质红烧肉[J]. 轻工机械, 2007, 25(2): 101-105.
Shi YQ, Li DF. Mechanized production of high quality braise in soy sauce meat [J]. Light Ind Mach, 2007, 25(2): 101-105.
[3] 顾伟钢, 张进杰, 姚燕佳, 等. 红烧肉制作过程中脂肪氧化和脂肪酸组成的变化[J]. 食品科学, 2011, 32(17): 76-80.
Gu WG, Zhang JJ, Yao YJ, et al. Lipid oxidation and fatty acid composition change during the processing of stewed pork [J]. Food Sci, 2011, 32(17): 76-80.
[4] 刘登勇, 谭阳, 盖圣美, 等. 猪五花肉红烧过程中脂肪和脂肪酸的变化规律[J]. 食品科学, 2015, 36(23): 28-32.
Liu DY, Tan Y, Gai SM, et al. Changes in fatty acid composition and fat content during processing of braised pork belly in brown sauce [J]. Food Sci, 2015, 36(23): 28-32.
[5] 焦慎江, 赵志磊, 张良, 等. 速冻调理红烧肉品质影响因素与控制研究进展[J]. 肉类研究, 2017, 31(4): 62-67.
Jiao ZJ, Zhao ZL, Zhang L, et al. Advances in identifying and controlling the key factors affecting the quality of quick-frozen braised pork in brown sauce [J]. Meat Res, 2017, 31(4): 62-67.
[6] 潘治利, 罗元奇, 艾志录, 等. 不同小麦品种醇溶蛋白的组成与速冻水饺面皮质构特性的关系[J]. 农业工程学报, 2016, 32(4): 242-248.
Pan ZL, Luo YQ, Ai ZL, et al. Relationship between composition of

- gliadin and texture properties of quick-frozen dumpling skins based on different wheat varieties [J]. *Trans Chin Soc Agric Eng*, 2016, 32(4): 242–248.
- [7] 张晓天, 范大明, 孙传范, 等. 不同加工工艺对微波鸡肉串品质的影响[J]. *食品研究与开发*, 2010, 31(7): 27–31.
- Zhang XT, Fan DM, Sun CF, *et al*. Impact of different processing techniques on quality of microwavable chicken strings [J]. *Food Res Dev*, 2010, 31(7): 27–31.
- [8] 丁健, 王芮, 常虹, 等. 速冻奥尔良鸡腿排保水剂配方的研究[J]. *肉类工业*, 2017, (5): 14–19.
- Ding J, Wang R, Chang H, *et al*. Study on water retaining agent formula of quick-frozen Orleans drumstick row [J]. *Meat Ind*, 2017, (5): 14–19.
- [9] 任红涛, 程丽英, 张剑, 等. 速冻菜肴宫保鸡丁的工艺研究[J]. *农产品加工学刊*, 2011(12): 14–17.
- Ren HT, Cheng LY, Zhang J, *et al*. Technology of frozen diced chicken with paprika [J]. *J Agric Prod Process*, 2011(12): 14–17.
- [10] 任红涛, 邵建峰, 程丽英, 等. 速冻菜肴糖醋排骨工艺优化[J]. *食品科学*, 2012, 33(12): 324–329.
- Ren HT, Shao JF, Cheng LY, *et al*. Optimization of quick-frozen sweet and sour spareribs recipe [J]. *Food Sci*, 2012, 33(12): 324–329.
- [11] 任红涛, 宋晓燕, 程丽英, 等. 速冻菜肴青椒肉丝工艺研究[J]. *农产品加工学刊*, 2012, 2012(2): 75–78.
- Ren HT, Song XY, Cheng LY, *et al*. Technology of frozen pork with green pepper [J]. *J Agric Prod Process*, 2012, 2012(2): 75–78.
- [12] 任红涛, 程丽英, 宋晓燕, 等. 速冻菜肴红烧肉的工艺研究[J]. *中国食物与营养*, 2012, 18(6): 62–65.
- Ren HT, Cheng LY, Song XY, *et al*. Technology of quick-frozen stewed pork with brown sauce [J]. *Food Nutr China*, 2012, 18(6): 62–65.
- [13] 张泓, 李慧超. 我国预制菜肴加工产业发展现状及趋势[J]. *农业工程技术(农产品加工业)*, 2014(7): 26–27.
- Zhang H, Li HC. Prefabricated food processing industry development present situation and trend in our country [J]. *Agric Eng Technol (Agric Prod Process Ind)*, 2014(7): 26–27.
- [14] Liu TT, Yang TS, Wu CM. Changes of volatiles in soy sauce-stewed pork during cold storage and reheating [J]. *J Sci Food Agric*, 2001, 81: 1547–1552.
- [15] 刘世欣, 夏秀芳, 孔保华, 等. 微波复热时间和微波功率对预油炸牛肉串品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(8): 249–252.
- Liu SX, Xia XF, Kong BH, *et al*. Effects of the time and power of microwave-reheating on the quality of preprocessing fried beef kebabs [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2013, 34(8): 249–252.
- [16] 范大明, 陈卫, 李春香, 等. 方便米饭微波复热过程温度分布的尺寸效应[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(s1): 273–280.
- Fan DM, Chen W, Li CX, *et al*. Size effect on temperature distribution of instant rice during microwave reheating process [J]. *Trans Chin Soc Agric Eng*, 2012, 28(s1): 273–280.
- [17] 于彩凤, 孔保华, 张宏伟, 等. 食用胶复配对微波复热鸡米花品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(17): 280–283.
- Yu CF, Kong BH, Zhang HW, *et al*. Effect of the combinations of eatable gums on the eating quality of microwave-reheat popcorn chicken [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2012, 33(17): 280–283.
- [18] 施帅, 张伟, 徐海祥, 等. 微波预油炸鸡胸肉块工艺条件的优化[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(12): 283–287, 294.
- Shi S, Zhang W, Xu HX, *et al*. Optimization of microwave pre-fried conditioning of chicken breast [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2012, 33(17): 283–287, 294.
- [19] GB 50093-2010. 食品中水分的测定[S].
- GB 50093-2010. Determination of moisture in foods[S].
- [20] 赵钜阳, 于海龙, 王雪, 等. 油炸时间对鱼香羊肉丝水分分布与品质相关性的研究[J]. *食品研究与开发*, 2015(11): 6–11.
- Zhao JY, Yu HL, Wang X, *et al*. The relationship between water distribution and quality of fish-flavored shredded lamb as affected by different frying time [J]. *Food Res Dev*, 2015(11): 6–11.
- [21] 王瑞花, 张文娟, 陈健初, 等. 基于模糊数学综合评价法优化红烧肉制作工艺[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(6): 274–278.
- Wang RH, Zhang WJ, Chen JC, *et al*. Optimization of braised pork processing based on fuzzy mathematic evaluation [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2015, 36(6): 274–278.

(责任编辑: 姜 珊)

作者简介



赵钜阳, 博士, 主要研究方向为烹饪科学, 食品科学。

E-mail: zhaojuyang1987@163.com



石长波, 博士, 教授, 主要研究方向为烹饪科学。

E-mail: shicb777@sina.com