

一种夏季配菜的微波解冻特性对比研究

沈万兴¹, 张愨^{*1}, 卢利群²

(1. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 海通食品集团有限公司, 浙江 宁波 315300)

摘要: 研究了微波加热对一种配菜的解冻效果, 通过对比配菜解冻前后的外观、质地及部分营养物质变化来衡量解冻的效果。同时研究了不同微波功率解冻对配菜品质的影响, 选择合适的微波解冻配菜条件, 提高配菜解冻品质。对比水浴加热解冻方式, 比较两种解冻方式的区别。同时对比 915 MHz 微波和 2 450 MHz 微波解冻的优劣。

关键词: 微波; 解冻; 配菜

中图分类号: TS 205.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-1689(2012)01-078-08

Study on the Characteristics of Microwave Thawing to a Kind of Summer Composite Vegetables

SHEN Wan-xing¹, ZHANG Min^{*1}, LU Li-qun²

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Haitong Food Group Ltd. Co, Ningbo 315300, China)

Abstract: This experimental studied the thawing process of vegetables heated by microwave. The indexes conclude the appearance, texture and the nutrient content to evaluate the effect, and also studied the quality of vegetable processed by different microwave power to fix on the best operation parameters. The other aim of this study were compared the different between water bath heating and microwave heating, and the different between 915MHz and 2450MHz microwave thawing process.

Key words: microwave; thawing; vegetables

传统解冻方式解冻速冻蔬菜存在解冻不均匀、解冻速度慢、易发生微生物污染、异物混入、蔬菜发生褐变、营养损失严重等问题, 所以必须对现有的解冻方法和工艺进行改进, 避免或者减少上述问题。而微波加热解冻是一种方便、快捷、卫生的解冻方法。普通加热解冻方法是使食品表面先受热解冻, 由热传导再加热解冻食品内部, 而微波加热解冻是利用高频的穿透式加热, 可以对速冻食品内

外部同时加热解冻。微波加热解冻的能量利用率高, 食品营养损失较小, 能高度保存食品原有的色、香、味、形等^[2], 同时还具有杀菌抑菌效果^[3,4]。

不同频率微波对速冻蔬菜的解冻效果也不一样, 作者研究 2 450 MHz 频率微波和 915 MHz 频率微波解冻效果, 对比分析微波解冻与热水浴加热解冻效果的区别, 对比研究两种频率微波解冻速度配菜的优劣, 找出一种合理的解冻方式。

收稿日期: 2011-03-15

基金项目: 国家农业成果转化基金项目(2010C2Z070688)。

* 通信作者: 张愨(1962-), 男, 浙江平湖人, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事农产品贮藏与加工研究。Email: min@jiangnan.edu.cn

1 材料与方法

1.1 材料与设备

材料:新鲜的茼蒿、芹菜、紫甘蓝,市售。

设备:微波炉,型号:海尔 MF-2485EGS(N),频率:2 450 MHz;三乐微波设备,型号:WY5L-01,频率:915 MHz;超低温冰箱,型号:U410,功率:540 W,温度范围:−50~−86 ℃;恒温培养箱;高压灭菌锅;无菌操作台;紫外-可见分光光度计;色差计,型号:CR-400;红外测温仪;热电偶,DM6801 型。

1.2 工艺流程及要点

1.2.1 工艺流程 选择新鲜原料、清洗切分、热烫和护色、冷却、沥水、搭配、包装、速冻、贮藏、解冻。

1.2.2 工艺要点

1)原料的选择、清洗和切分 选择新鲜的原料,要求新鲜、无病虫害、无机械损伤;对买来的原料进行清洗去污处理,将茼蒿切分成边长为 0.5~0.7 cm 的丁,芹菜切分成 0.5~0.7 cm 的小段,紫甘蓝切分成边长为 1.5 cm 见方的片。

2)热烫和护色 热烫目的是破坏蔬菜中的酶的活性,以便保持其原有色泽和营养成分,同时热烫还能消灭原料表面的微生物、虫卵,除去原料组织内的空气,有利于减少维生素 C 等的损失^[5]。

3)冷却、沥水 将热烫后的蔬菜迅速捞出放入冷水中进行冷却,冷却后用离心机对热烫后的蔬菜进行沥水处理,以除去其表面的明水。

4)搭配、包装、贮藏 根据方便快捷冷冻和能防止一起达到同时解冻的原则,将沥水后的蔬菜按照茼蒿、芹菜、紫甘蓝质量比 1.2:1.2:1 的比例进行搭配,然后包装,放进超低温冰箱里进行速冻,然后取出放进−18℃的冰箱里保藏。

5)解冻 取出速冻好的配菜适量,放进 2 450 MHz 微波炉中,开启不同档位,对其进行解冻,并对比 915 MHz 微波解冻和水浴加热解冻方法效果的不同。

1.3 实验方法

1.3.1 微波功率的测定 用大烧杯盛放 1 kg 的水,测量初温,放进微波炉中,打开微波炉开关,调好功率档,加热 1 min 后,取出烧杯,测量水的最终温度,作者测量微波档位 1-6 和微波解冻档的微波功率。并用下公式进行计算微波的加热功率

$$P = cm\Delta t$$

P :微波的加热功率。 c :水的比热。 m :水的质量。 Δt :温度变化。

1.3.2 解冻过程配菜不同部位温度的测量 采用红外热像仪和热电偶对配菜进行温度测量。家用微波炉都有不同的档位,档位不同微波炉的输出功率也不同,功率的不同对冻结食品解冻过程温度升高的影响也有区别。取 100 g 冻结好的配菜,采用海尔 MF-2270FG 型微波炉(微波频率 2 450 MHz)对其进行解冻,并对比水浴(90 ℃)加热解冻时的温度变化^[8]。

1.3.3 色泽测定 采用食品工业中常用的均匀色空间表色系统,应用 CR-400 型全自动色差计测定物料的色泽。其中 L^* 代表亮度(白-黑),其值越小表明越暗; a^* 代表红-绿程度,其值越小表明越绿; b^* 代表黄-蓝程度,其值越小表明越蓝^[9]。

1.3.4 维生素 C 的测定 采用 2,6-二氯酚酚滴定法,称 30 g 左右的样品加 150 mL 质量分数 2% 草酸溶液,组织捣碎机中匀浆,转速为 10 000 r/min,工作 30 s。倒入 100 mL 容量瓶中,用质量分数 1% 草酸溶液定容到刻度。过滤上述样液,弃去最初 10~15 mL 滤液,立即用移液管准确吸取 10 mL 滤液于 50 mL 锥形瓶中,以标定过的 2,6-二氯酚酚溶液滴定至溶液呈粉红色并在 15 s 内不褪色为终点^[10]。

$$m_x = \frac{(V - V_0)m_T}{W} \times 100$$

式中: m_x 为每 100 g 样品中抗坏血酸的质量(mg); m_T 为 1 mL 染料溶液相当于抗坏血酸标准溶液的质量(mg); V 为滴定样液时消耗染料溶液的体积(mL); V_0 为滴定空白时消耗染料溶液的体积(mL); W 为滴定时所取的滤液中含样品的质量(g)。

1.3.5 汁液流失率 取 100 g 材料进行解冻后,放入 40 目不锈钢筛中滴落 2 min,将滴落液称重,而后计算流失率。每批样品解冻后做两份平行。

1.3.6 微生物检测 菌落总数的测定采用 GB/T 4789.2-2008;大肠菌群的测定采用 GB/T 4789.3-2008。

2 结果与分析

2.1 微波解冻配菜的特性研究

2.1.1 微波功率的测量 为了对比 915 MHz 与 2 450 MHz 微波在同功率下解冻特性的不同,需先对 2 450 MHz 微波炉和 915MHz 微波设备进行功率测量,测量方法是在调节微波功率情况下分别加热 1 kg 的水,利用水吸收的能量来计算微波的功率,测量出微波炉 6 个档位功率分别为:21、112、168、273、357、462 W。

2.1.2 同功率下不同频率微波解冻配菜温度变化

功率的不同对冻结食品解冻过程温度升高的影响有所区别。取 100 g 冻结好的配菜,放在 500 mL 的烧杯中,分别采用 915 和 2 450 MHz 微波设备对其进行解冻(调至与 915 MHz 微波相同功率,采用 2.1.1 方式进行微波功率测量),并对比水浴(90 °C)

从图 1 可以看出,随着微波解冻时间的延长,配菜的温度逐渐升高。微波功率加大解冻速度也加快,但是功率增大后,解冻后配菜的品质略有下降。从图中可以看出,随着解冻微波功率的增大,配菜内外部温差加大,由此而造成配菜品质下降。因此解冻适合选用微波功率较低的档位。对比水浴(90 °C)加热解冻,可以明显看出,微波加热解冻时配菜不同部位的温差要明显小于水浴加热解冻,这是因为水浴基本上依靠热传导作用进行加热解冻,而热传导的速率要慢,而且会造成汁液流失增大、结构破坏、营养损失增大等不好的影响^[10]。

曲线刚开始升温较快,可能是由于在微波炉外部进行测量,由于和室温与配菜温度存在温度差,

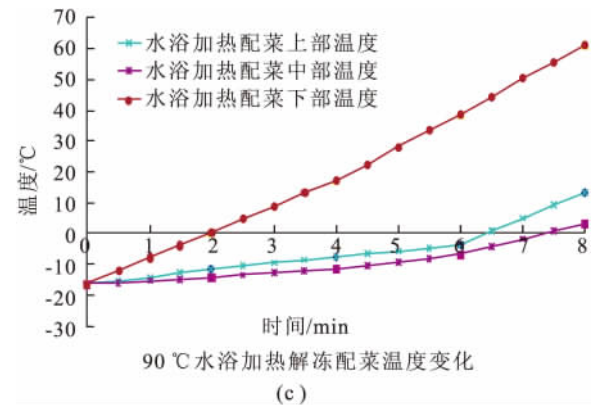
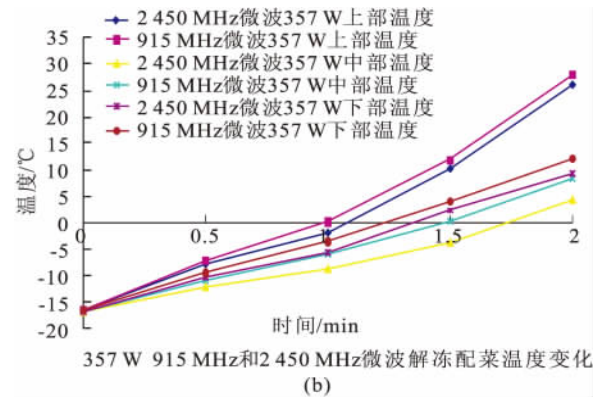
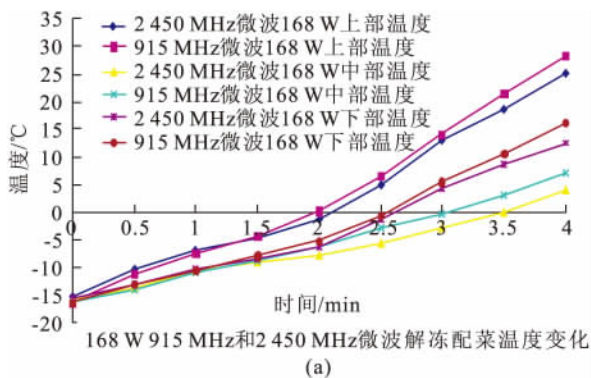


图 1 不同解冻方式配菜温度变化曲线
Fig. 1 Effect of different thawing ways on material temperature

并且在刚开始温差大,对配菜温度有所影响,也对测量结果产生影响。微波解冻的温度曲线,在过了冰点以后温度上升加快,这可能是由于水的介电常数与冰点介电常数相差很大(水的介电常数约为 78.5,冰的介电常数约为 3~4),因此两者对微波能量吸收的能力差别很大,因此解冻后的配菜温度上升加快^[11]。

按照微波的功率和配菜的比热来进行计算,升温速度比测量的要快,例如按照微波自动解冻档来进行计算,解冻档的功率为 168 W,食品的比热在冰点以上温度和冰点以下温度时分别为

$$\text{冰点以上时食品的比热容: } c_p = 0.837 + 3.349\omega$$

$$\text{冰点以下时食品的比热容: } c_p = 0.837 + 1.256\omega$$

ω 取 0.85,所以冰点以下的食品比热 c_p 为 1 905 J/kg·°C,自动解冻档下 1 分钟可以升高为 52.9 °C。冰点以下的食品比热 c_p 为 3 684 J/kg·°C,自动解冻档下 1 min 可以升高 20.5 °C。测量的温度升高

速度没有这么快,这说明微波解冻过程中,配菜对微波的吸收能力较弱,微波能量利用率低。从计算值来看,冰点以下的食品升温速度应该是冰点以上食品升温速度的两倍,而事实上冰点以下配菜在微波解冻时并不比冰点以上的配菜升温快,但是由于水的介电常数远比冰的要大,因此解冻时冰点以下

的配菜并不比冰点以上的配菜升温快。

2.1.3 不同功率下微波解冻配菜相同部位温度变化对比 解冻过程中配菜不同部位温度有所不同,测量不同微波功率和水浴加热解冻时配菜不同部位的温度,如图2所示。

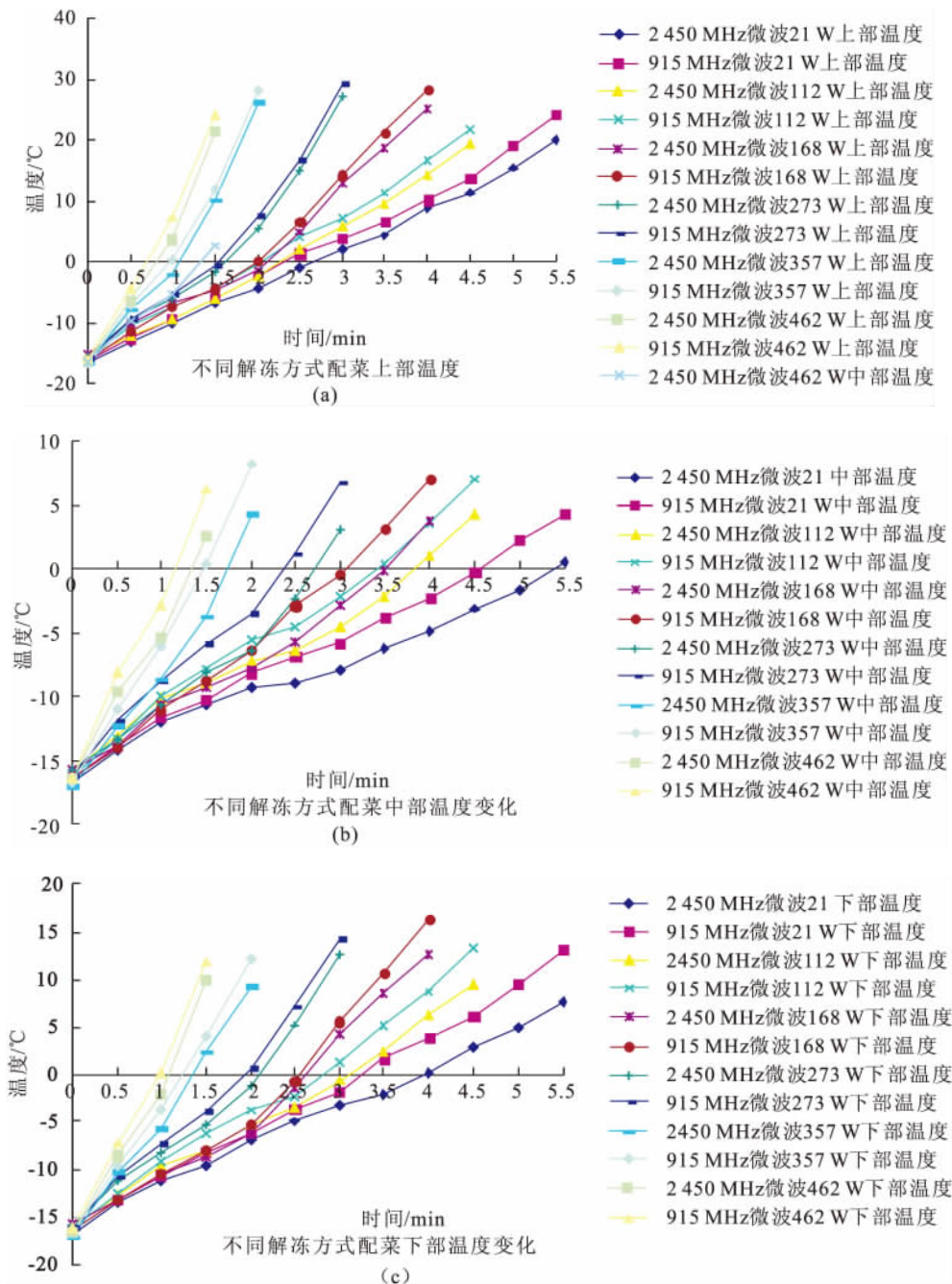


图2 配菜不同部位在不同解冻方式下温度变化曲线

Fig. 2 Effect of different thawing ways on different part in material

从图 2 可以看出,对比不同功率下配菜不同部位的升温速率,配菜上部、中部、下部 3 部分温度升高速度不同,配菜上部温度升高最快,其次是下部,中间部分温度升高最慢,这是因为微波加热虽然可以对物料内外进行同时加热^[7,8],但是 2 450 MHz 的微波穿透能力有限,大概只有几厘米,而且穿透厚度随着温度的升高逐渐减小,因此在外部的食品物料会优先得到加热,内部物料由于微波穿透能力有限的缘故会比外部物料接受到的微量少,因此温度会比外部的低。而 915 MHz 微波的穿透能力要强于 2 450 MHz 微波,因此在解冻较大量的物料时可以做到比较均匀的解冻。所以 2 450 MHz 微波炉一次性解冻的物料量不能太大,物料堆积厚度过大会加大物料内外部的温度差,造成解冻后的配菜品质差,影响解冻的效果,而使用 915 MHz 微波设备可以缓解这种问题。

2.1.4 915 MHz 和 2 450 MHz 微波解冻不同部位配菜时温度变化对比 分别采用相同功率的 915 MHz 微波和 2 450 MHz 微波(460 W)对冷冻配菜进行解冻处理,对配菜温度变化进行测量,测量数据如图 3 所示。

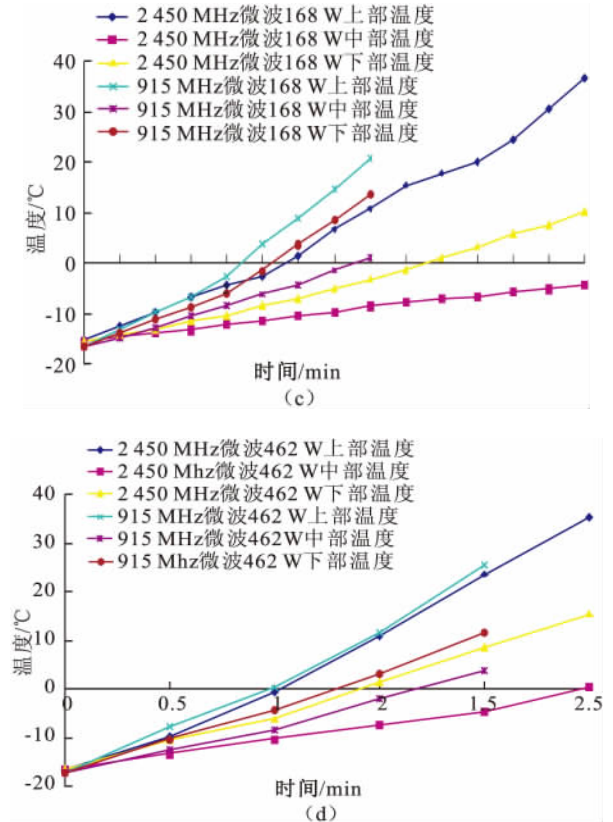
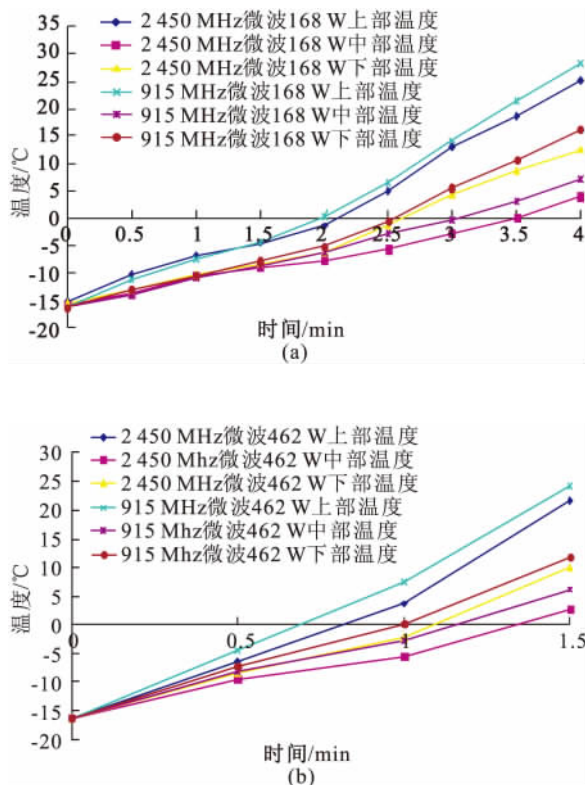


图 3 不同频率微波解冻不同部位对配菜温度变化的影响
Fig. 3 Effect of different frequencies microwave and different weight on different part in material

从图 3 可以看出,915 MHz 的微波解冻方式比 2 450 MHz 的微波解冻方式在相同功率下(168 W、462 W)对配菜的解冻速率不同,915 MHz 解冻速率要稍微快些,可能是由于食品对 915 MHz 微波的吸收能力比 2 450 MHz 微波稍强的缘故。

同时 915 MHz 微波解冻时的配菜不同部位温度差异要比 2 450 MHz 微波解冻时小,特别是当物料量较大时这一现象更加明显,当较长时间处理物料量为 300 g 时,2 450 MHz 微波 462 W 加热解冻就会有最上面原料有萎缩甚至烤焦现象,而 915 MHz 微波处理同样质量的样品时出现这种现象的时间要晚的多。这可能是由于 915 MHz 微波比 2 450 MHz 微波的穿透能力强,食品不同部位接受的微波能差别较小,因此食品不同部分温度相差较小,解冻较均匀。因此在冻结食品解冻时选择 915 MHz 频率的微波更好。

2.1.5 微波解冻中配菜汁液流失率 在不同功率和不同频率的微波对配菜进行解冻,并对比水浴加热解冻,测量配菜的汁液流失率,配菜的汁液流失

率如图 4 所示。随着微波功率的增大,冷冻配菜解冻后的汁液流失率越大,而水浴加热解冻后配菜的汁液流失率最大,不同微波频率对比解冻可以看出,915 MHz 微波解冻配菜的汁液流失率要小于同等功率下 2 450 MHz 微波解冻配菜的汁液流失率。

915 MHz 微波解冻后配菜的汁液流失率比 2 450 MHz 微波解冻后配菜的汁液流失率低,这是由于 915 MHz 微波穿透能力较 2 450 MHz 微波强,对配菜解冻比较均匀,解冻效果好。

微波解冻后配菜的汁液流失率低于热水解冻后的汁液流失率,这是由于微波具有一定的穿透能

力,可以穿透蔬菜进入内部,从而达到内外同时加热的作用,加热时微波可以内外同时加热,因此解冻的速度快,并且不会造成太大的温度差,在配菜中产生的物质和能量转移也就少,因此对蔬菜中细胞结构的损害要小,因此汁液流失率要小,配菜的损失也就越小。

2.1.6 微波解冻配菜色泽变化 解冻会对配菜的外观产生一定的影响^[9],在 2 450 MHz 微波 1-6 档、自动解冻档、915 MHz 微波(460 W)以及水浴加热解冻条件下分别对配菜进行解冻处理,不同解冻条件下配菜的色差变化如图 5 所示。

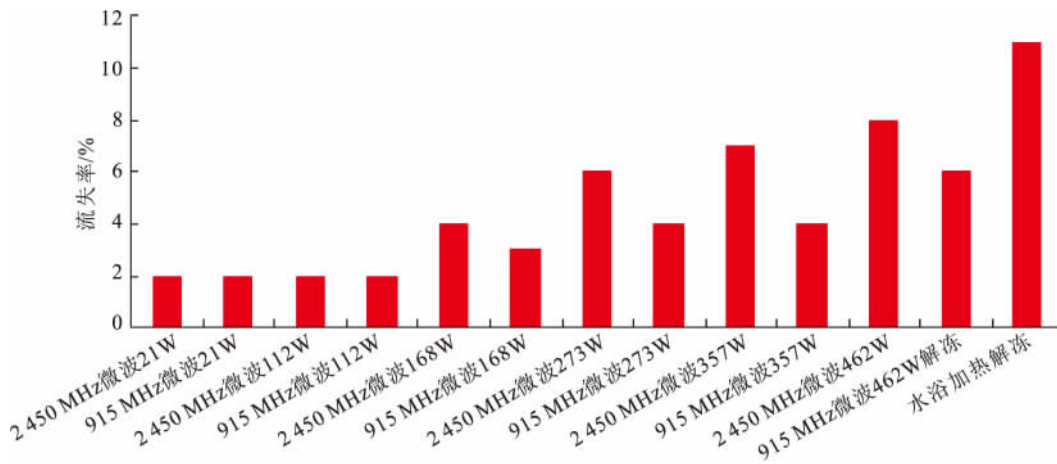


图 4 不同方式解冻后配菜的汁液流失率
Fig. 4 Effect of different thawing ways on juice loss

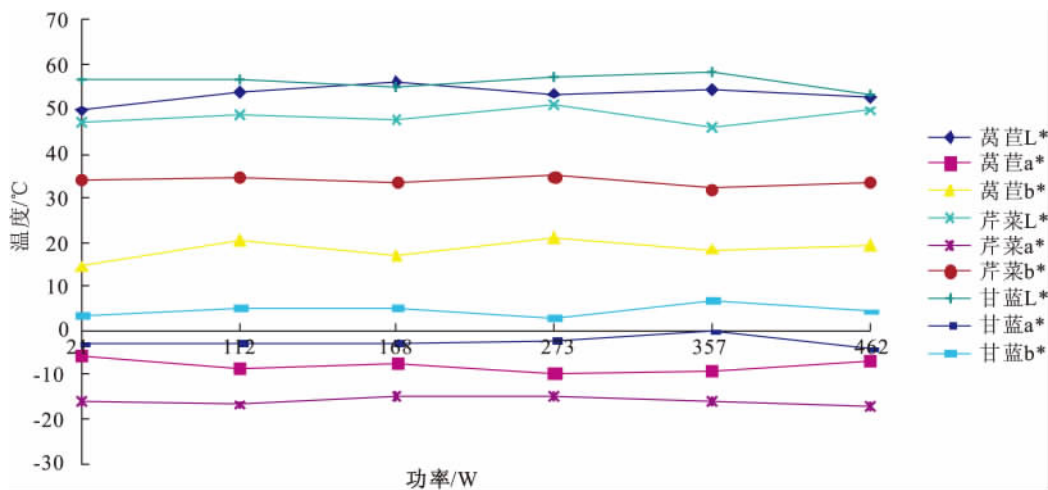


图 5 不同微波功率(915 MHz)解冻后配菜的色泽变化曲线
Fig. 5 Effect of different power(915 MHz)on material exterior

从3种蔬菜中解冻后的色差值来看,微波解冻对配菜色泽的影响并不大,并且与水浴加热解冻对比相差不大,规律性不强,由此判断,微波解冻时微波对配菜色素破坏的规律性不强。

2.1.7 解冻前后 VC 的保留率 测量 915 MHz、2 450 MHz 和水浴加热解冻前后配菜中 VC 质量分数的变化^[12],测得 VC 保留率变化如图 6 所示。

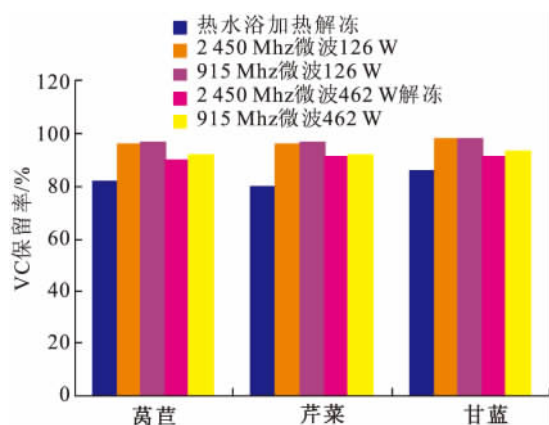


图 6 微波解冻与水浴加热解冻后配菜 VC 的保留率
Fig. 6 Effect of different thawing ways on material's scorbic acid

研究微波解冻和水浴加热解冻对配菜 VC 含量的影响,可以得出,微波解冻对配菜中,水浴加热解冻后蔬菜的 VC 残留率低于微波解冻后的配菜。这是因为微波解冻的配菜汁液流失率低,而水浴加热解冻后的配菜汁液流失率高,VC 是水溶性维生素,汁液流失会带走大量的 VC 和其他水溶性营养物质,并且在贴近烧杯的配菜由于温度较高会对 VC 产生一定的破坏作用,因此水浴加热解冻对营养物质的损害要大。

对比两种频率的微波解冻配菜后配菜 VC 保留率的不同,可以得出 915 MHz 微波解冻后的配菜 VC 保留率要高于 2 450 MHz 微波解冻后的配菜,原因可能是由于 915 MHz 微波解冻后的配菜汁液流失率低于 2 450 MHz 微波解冻后的配菜,VC 是水溶性维生素,因此汁液流失率高的 VC 损失量也就大。因此 915 MHz 微波解冻后配菜部分营养的保存率要好于 2 450 MHz 微波解冻后的配菜。

2.1.8 不同解冻方式解冻后的微生物含量 不同加热方式解冻和熟化后配菜中的微生物含量会有所不同,应用国标方法对解冻后的配菜进行测量,不同解冻方式解冻后配菜中微生物含量如表 1 所

示。

表 1 不同解冻方式对配菜中微生物数量的影响

Tab. 1 Effect of different thawing ways on the microbial count

解冻方式	菌落总数/(cfu/g)	大肠菌群/(MPN/hg)
915 MHz 微波 21 W 解冻和熟化	10 000	40
915 MHz 微波 112 W 解冻和熟化	7 600	<30
915 MHz 微波 168 W 解冻和熟化	4 200	<30
915 MHz 微波 273 W 解冻和熟化	3 800	<30
915 MHz 微波 357 W 解冻和熟化	2 500	<30
915 MHz 微波 462 W 解冻和熟化	2 300	<30
水浴(90℃)加热解冻	230 000	1 200

食品中大部分微生物都是对人体有害的,食品中的微生物数量是食品生产中必须控制的一个指标,是检验食品质量的必不可少的一个参数^[13-15]。从表中可以看出随着微波功率的增大解冻后的配菜中菌落总数和大肠菌群越少,微生物含量要大大少于水浴加热解冻,因为在空气中水浴加热解冻容易受到空气中微生物的污染,在蔬菜中本身也存在一定数量的微生物及其芽孢,水浴加热解冻速度慢,在水浴加热解冻过程中,微生物会迅速繁殖,从而导致配菜品质变劣。

3 结 语

1) 微波解冻和水浴加热解冻,随着时间的增加,配菜的温度逐渐上升,并且配菜不同部分温度上升速度不同。在微波解冻时,配菜上部温度上升最快,中部温度上升最慢,分析原因可能是微波加热受到配菜影响,外部会首先吸收微波能量,内部只会吸收穿透后的微波能量。

2) 微波功率不同解冻速度不同,随着微波功率的增大解冻速度加快,可见加大微波功率可以加速速冻配菜的解冻。但是解冻过程中配菜不同部位的温差加大,解冻后配菜品质会降低,营养损失量增大,同时微波利用效率降低,造成能源浪费。因此解冻不宜选择较大的微波功率。

3) 微波解冻与水浴加热解冻相对比,解冻速度快,解冻均匀,解冻品质好,分析原因是由于微波解冻是在配菜内、外部同时进行加热解冻,而水浴加热解冻主要利用热的传导作用。

4) 915 MHz 微波解冻后配菜的 VC 保留率要高于 2 450 MHz 微波解冻后的配菜,915 MHz 解冻

后配菜不同部位的温度差要小于 2 450 MHz 微波解冻后的配菜,915 MHz 微波解冻后配菜的汁液流失率要低于 2 450 MHz 微波解冻后的配菜,因此 915 MHz 解冻后的配菜比 2 450 MHz 微波解冻后配菜品质好,适于推广应用。

参考文献(References):

- [1] 刘钟栋. 微波技术在食品工业中的应用[M]. 北京:中国轻工业出版社,1998.
- [2] 王绍林. 微波加热技术的应用——干燥和杀菌[M]. 北京:机械工业出版社,2003.
- [3] 陈炜,王德军,乔惠同. 出口脱水蔬菜中微生物的污染及其控制[J]. 检验检疫科学. 2003, 13(3):35-36.
CHEN Wei, WANG De-jun, QIAO Hui-tong. Microbial contamination and control of dehydrated vegetables for export[J]. *Inspection and Quarantine Science*, 2003, 13(3): 35-36. (in Chinese)
- [4] 许韩山,张愨,孙金才. 速冻毛豆漂烫工艺[J]. 食品与生物技术学报. 2009, 28(1):38-43.
XU Han-shan, ZHANG Min, SUN Jin-cai. Blanch Treatment Technology of Vegetable before Quick Freezing[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2009, 28(1):38-43. (in Chinese)
- [5] 陈卫,钱建亚,张灏. 微波食品[M]. 北京:中国轻工业出版社,1999.
- [6] 张水华. 食品分析[M]. 北京:中国轻工业出版社,2004.
- [7] 陈卫,张灏,赵建新,等. 冷冻馒头微波复热过程中温度和水分变化的研究[J]. 中国粮油学报. 2002, 17(5):21-23.
CHEN Wei, ZHANG Hao, ZHAO Jian-xin. Change of temperature and moisture within frozen steamed bread under microwave reheating[J]. *Journal of the Chinese Cereals Oils Association*, 2002, 17(5):21-23. (in Chinese)
- [8] 王瑞,张愨,范柳萍,等. 麦苗粉的微波杀菌研究[J]. 食品与生物技术学报, 2009, 28(2):150-155.
WANG Rui, ZHANG Min, FAN Liu-pin, et al. Study on barley grass powder sterilization by microwave heating[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2009, 28(2):150-155. (in Chinese)
- [9] 袁春新,唐明霞,王彪,等. 解冻方法对冷藏部分玻璃态西兰花品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2009, 25(3):660-664.
YUAN Chun-xin, TANG Ming-xia, WANG Biao, et al. Effects of thawing methods on quality of frozen broccoli with partial glassy state[J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2009, 25(3):660-664. (in Chinese)
- [10] Henk H J, Van Remmen. Microwave heating distributings in slabs sphere and cylinders with relation to food processing [J]. *J Food Sci*. 1996, 61(6):1105-1113.
- [11] 杨增军,张华云. 果蔬贮藏学实验指导[M]. 莱阳:莱阳农学院. 2000.
- [12] Welt B A, Tong C H, Rossen J L, et al. Effect of microwave radiation on inactivation clostridium sporogenes(PA 3679) spores[J]. *Applied And Environmental Microbiology*, 1994, 60(2):482-488.
- [13] Woo I S, Rhee I K, Park H D. Differential damage in bacterial cells by microwave radiation on the basis of cell wall structure[J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 2000;66(5):2243-2247.
- [14] 郑琳,刘玖梅,高洪飞. 微波杀菌处理牛肉干效果研究. 安徽技术师范学院学报[J]. 2002, 16(4): 55-57.
ZHENG Lin, LIU Jiu-mei, GAO Hong-fei. Study on effect of microwave sterilization disposed beef-jerky[J]. *Journal of Anhui Teachers College*, 2002, 16(4): 55-57. (in Chinese)