

## 微波对茶叶中霉菌的灭菌效果研究

朱金国 张运北 文国华 何文斌 黄志强 袁智能  
(湖南出入境检验检疫局,湖南 长沙 410007)

**摘要:**为解决茶叶中霉菌的污染问题,研究了不同微波条件对茶叶中霉菌的杀灭效果,以达到在茶叶加工中综合利用微波实行加热制作和杀除霉菌的双重目的。试验结果表明:微波对茶叶中霉菌的处理效果随茶叶水分含量的增加而增强,同时与茶叶的处理物料量、容器介质及水分扩散条件有关。使用 800 W 功率的微波炉,处理 135 s,可将 250 g 茶叶中的霉菌完全杀灭。处理 120 s,可将鲜茶料和发酵茶料中的霉菌完全杀灭。轻度的微波作用对茶叶中霉菌生长有激活效应,微波加热超过 150 s,会对茶叶本身的品质造成损害。在茶叶的初制加工过程中,进行微波处理,可有效地控制茶叶中的霉菌,同时实现对茶叶料的热烘干。

**关键词:**微波;茶叶;真菌类;灭菌

### Study on sterilizing effect of microwave on tea moulds

ZHU Jin-guo, ZHANG Yun-bei, WEN Guo-hua, HE Wen-bin, Huang Zhi-qiang, Yuan Zhi-neng  
(Hunan Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Hunan Changsha 410007, China)

**Abstract:** Moulds have been a long-standing hazardous problem in food industry because it produces harmful mycotoxins. How to control moulds in the processing of tea has been a difficult technical problem for a long time. This work studied the mould-preventing effect of microwave treatment on tea products and their controlling conditions. It was shown that the microwave sterilizing treatment grew more effective with the increased moisture of the tea. And the effect is also related to the quantity of tea treated, the material of

取效率不受影响。

2.4.2 pH 值对 SPE 萃取效率影响 研究表明,葡萄酒的 pH 值不影响 SPE 的萃取效率。

2.4.3 操作温度对测定的影响 在标准和试样测试过程中,应保持操作时的温度基本恒定,一般在室温下操作即可保证有足够的灵敏度,处理后的试样也应尽快分析。

2.4.4 天然色素的影响 在红葡萄酒中,存在葡萄酒红天然色素,在 SPE 柱上它和待测防霉剂具有相似的吸附和解吸附性质,但在本法色谱条件下,其保留时间小于 2 min,早于最先出峰的多菌灵 ( $R_t = 2.99$  min),所以该色素成分不干扰 6 种防霉剂的测定。

### 参考文献

[1] 沈小婉. 色谱法在食品分析中的应用 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1992, 162.

- [2] 黄志强, 熊芳. 微量化学气相色谱快速测定葡萄酒中腐霉利残留量 [J]. 色谱, 1993, 11 (4): 246-247.
- [3] 张学俊, 吴仁安. 葡萄酒中酚类高效液相色谱分析 [J]. 分析化学, 1998, 26 (12): 1523-1523.
- [4] 金锋, 译. 工业生产中的有害物质手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1986, 193.
- [5] 凌关庭, 王亦云, 唐述潮. 食品添加剂手册 (上册) [M]. 北京: 化学工业出版社, 1989, 300.
- [6] 邵俊杰. 食品理化检验 [Z]. 湖北商检局情报资料中心, 1992, (3): 3-4.
- [7] 柿本幸子. 高速溶媒提取液相色谱法测定水果中杀菌剂 [J]. 食品卫生学杂志 (日), 1997, 38 (5): 358-362.
- [8] 金恒亮. 高压液相色谱法 [M]. 北京: 原子能出版社, 1987, 71.
- [9] S Navarro, A Barba, G Navarro, et al. Multiresidue method for the rapid determination in grape, must and wine of fungicides frequently used on vineyards [J]. J Chromatogr A, 2000, 882: 221.

[收稿日期: 2004-12-26]

中图分类号: R15; Q378.3; TS254.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456 (2005) 02-0160-04

作者简介: 朱金国 男 高级工程师

微波对茶叶中霉菌的灭菌效果研究——朱金国 张运北 文国华等

— 163 —

container and the diffusion of water. An 800 W microwave oven killed all the moulds in 250 g tea within 135 seconds and in 250 g fresh or fermented tea within 120 seconds. Conversely, slight microwave heating augmented the growth of moulds in tea. A microwave treatment over 150 seconds harmed the quality of the tea. It was concluded that microwave treatment in the preliminary processing of tea can effectively control the growth of moulds, and at the same time dry the products. The conditions in which moulds are under control in the processing of tea with microwave are also discussed here.

**Key Words:** Microwaves; FOLIUM THEAE; EUMYCOPHYTA; Sterilization

在当前的茶叶生产加工方式和环境条件下,有相当数量的茶叶污染霉菌甚至发生霉变,影响茶叶的观感和品质,更重要的是,由于一些霉菌代谢所产生的真菌毒素会对消费者的健康带来危害,引起人们对茶叶食用安全的关注。茶叶的卫生质量同样也是制约我国茶叶出口的主要障碍,有些茶叶进口和消费国已对茶叶中的霉菌含量提出了限制指标,茶叶中霉菌污染和超标问题开始作为茶叶贸易中的卫生要求,影响我国的茶叶对外出口。在茶叶的生产和加工过程中,在注重茶叶农残控制,实行茶叶生产“有机化”和“绿色化”的同时,应采取有效和经济可行的技术措施,对茶叶中霉菌进行杀灭和控制,这对于进一步提高茶叶的卫生质量,维护消费者的健康,促进我国的茶叶对外出口都具有重要意义。

由于霉菌对其生长的营养和环境条件要求不高,在较干燥的茶叶介质中霉菌都能生长和繁殖,导致茶叶生产和贮存中霉菌一直难以有效地控制,同时由于茶叶特有的品质特性要求,也限制了在茶叶中采用熏蒸和加抑菌剂等常用的杀灭霉菌方法。茶叶加工过程的加热烘烤和复火工艺,其烘干温度和时间条件一般难以控制到有效杀灭霉菌的程度。有报道用射线辐射的方法对茶叶进行除霉<sup>[1]</sup>,但存在成本高、处理难,在实际中难以应用的缺点。目前,微波已开始应用于制茶过程的加热杀青和烘干,本文根据我国红茶和绿茶加工工艺的特点,研究不同的微波条件对茶叶中霉菌的杀菌效果,同时探讨微波在茶叶生产过程中除霉的工艺条件。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料和器材

绿茶(绿片茶 5841)和红茶(春分碎一)均为湖南长春茶厂 2003 年产品。

微波炉 Galanz WD800B 型,输出功率:800 W,微波频率:2450 MHz,广东顺德市格兰仕电器实业有限公司产品。拍击式均质器 STOMACHER 400 CIRCULATOR,英国 sward 公司产品。

孟加拉红培养基 北京陆桥有限公司产品。

### 1.2 茶叶水分测定

在已知重量的铝盒内,称取茶样 10.0 g,然后将铝盒移入预热至(120 ±2) 的烘箱内,烘干 60 min。加盖后取盒,置于干燥器内冷却,称重,计算失水百分率。

### 1.3 茶叶中霉菌数测定

在无菌条件下,称取茶样 25.0 g,加入到 225 ml 的灭菌生理盐水中,用均质器均质 1 min,制成  $10^{-1}$  稀释液;再吸取 10 ml  $10^{-1}$  稀释液到 90 ml 灭菌生理盐水中,制成  $10^{-2}$  稀释液,如此继续,再分别制成  $10^{-3}$ 、 $10^{-4}$  稀释度。每一个稀释度分别取 2 ×1 ml 加入 2 个培养皿中,然后分别倾注约 15 ml 5~50 孟加拉红培养基混匀制成平板,(26 ±1) 培养 3~5 d,计数生长的霉菌菌落数。

1.4 茶叶品质评审 取微波处理后的适量茶样,倒入样匾摇动混匀,称取茶样 3.0 g,用约 150 ml 开水冲泡 5 min,由有经验的评茶师对茶叶的汤色、香气和滋味进行品尝评定。

## 2 结果与分析

### 2.1 微波对不同水分含量绿茶的处理效果试验

选取含水量分别为 4.02%、5.18%和 9.18%的 3 种绿片茶,通过不同的微波作用时间来测试微波对其霉菌的杀灭效果。每个水分含量的茶样(约 5 kg)在测试前充分混匀,以达到水分和霉菌数的均一。称取 150 g 茶样置于灭菌干燥的直径 18 cm 培养皿中,堆厚 2.4 cm,放入微波炉中,按其设置的处理时间进行微波加热处理。每个处理时间(15、30、45、60、90、120、150 s)分别用 2 个培养皿样本做双份测试。微波处理冷却后立即进行霉菌数测定。表 1 的结果显示:茶叶的水分含量对微波杀灭霉菌的效果有显著影响,茶叶的水分含量越高,微波对霉菌的杀菌效果越好。在茶叶水分含量为 4.02%和 5.18%的情况下,需加热 135 s 以上才能达到 100% 的杀菌率,而对含水量为 9.18%的茶叶,只需 90 s。另外较短时间的微波处理(45 s、60 s),反而造成茶叶中霉菌计数的增高,这可能由于微波在一定程度上可刺激孢子囊产孢或激活休眠孢子的萌发和加速诱导孢子后熟(after ripening)<sup>[5]</sup>的作用,与烘干时出现

的霉菌数增加现象<sup>[7]</sup>有相似之处。

## 2.2 茶叶物料量和容器介质的对微波处理效果的影响

用 1 000 ml 的玻璃烧杯和 35 cm ×43 cm 复合薄膜袋(聚乙烯/聚丙烯,PE/PP),同时分别装 100 g、150 g、200 g、250 g 的茶叶。每一装量的茶叶分别用微波处理 90 s、120 s 和 135 s。测定微波处理后茶叶中的霉菌数,并计算霉菌的存活百分率,结果见表 2。在两种容器介质中,都体现微波加热时间越长,对霉菌的杀灭效果越好;容器介质不同,对霉菌

的杀灭效果有差别,用复合薄膜袋装比用玻璃烧杯装杀菌效果要好,这可能与玻璃杯对微波具有一定程度的反射或阻隔作用有关。微波对霉菌的杀灭效果与茶叶物料量有关,微波加热 90 s 时,在复合薄膜袋中,装量越少,杀菌率越高。而在玻璃烧杯中,存在物料量及其它因素的多重影响,在装量 200 g 时,杀菌效果好;再多增加物料量,则杀菌效果就会降低。说明一定量的茶叶物料量,可使微波加热产生的热蒸汽不能及时扩散,对霉菌的杀灭有一定程度的后续增效作用。在玻璃杯中这种效应更为明显。

表 1 微波对不同水分含量绿茶中霉菌的杀菌效果

| 微波作用时间<br>(s) | 茶叶水分含量 %       |            |                |            |                |            |
|---------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|
|               | 4.02           |            | 5.18           |            | 9.18           |            |
|               | 霉菌数<br>(CFU/g) | 杀菌率<br>(%) | 霉菌数<br>(CFU/g) | 杀菌率<br>(%) | 霉菌数<br>(CFU/g) | 杀菌率<br>(%) |
| 0             | 2800           | 0          | 11000          | 0          | 6200           | 0          |
| 15            | 1800           | 35.71      | 5700           | 48.18      | 4050           | 34.68      |
| 30            | 2400           | 14.29      | 5500           | 50.00      | 3200           | 48.39      |
| 45            | 3200           | 14.29      | 14300          | 30.00      | 2700           | 56.45      |
| 60            | 3500           | 25.00      | 12500          | 13.64      | 2300           | 62.90      |
| 90            | 3300           | 17.86      | 4850           | 55.91      | <10            | 100.00     |
| 120           | 420            | 85.00      | 230            | 97.91      | <10            | 100.00     |
| 135           | <10            | 100.00     | <10            | 100.00     | <10            | 100.00     |
| 150           | <10            | 100.00     | <10            | 100.00     | <10            | 100.00     |

注:本霉菌计数方法对霉菌的检测下限为 10 CFU/g, <10 为未检出霉菌,在本表中以 0 计算。

表 2 微波处理不同容器和物料量的绿茶中霉菌的存活率

| 微波处理时间<br>(s) | 玻璃杯茶叶装量(g) |       |       |       | 复合薄膜袋茶叶装量(g) |      |       |       | % |
|---------------|------------|-------|-------|-------|--------------|------|-------|-------|---|
|               | 100        | 150   | 200   | 250   | 100          | 150  | 200   | 250   |   |
|               | 90         | 12.45 | 53.75 | 2.04  | 3.06         | 0.00 | 3.57  | 17.35 |   |
| 120           | 16.33      | 11.22 | 0.00  | 16.84 | 0.00         | 0.00 | 16.33 | 1.02  |   |
| 135           | 0.00       | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00         | 0.00 | 0.00  | 0.00  |   |

注:未经微波处理对照茶:霉菌数为  $2.4 \times 10^3$  CFU/g,水分含量为 7.15 %

在微波处理 120 s 时,对霉菌的杀灭效果,表现为装量、介质、蒸汽后续热效应等多种因素的综合影响。微波对茶叶的霉菌的作用除杀菌时间外,应结合微波功率,考虑物料量、包装介质和微波辐射面积等多种因素的综合效应。

## 2.3 微波加热对红茶初制发酵叶和鲜茶叶中霉菌的杀灭效果

将经初制揉切发酵后的红茶和新采的一芽二三叶鲜茶叶分别混匀后,各称取 250 g 在干燥灭菌的直径 20 cm 玻璃培养皿中,放入微波炉中按设置的

时间处理 30、60、90、100、120 s,每个时间做 3 个重复处理,冷却后立即进行霉菌数的测定,表 3 结果表明,微波对含水量高的初制发酵茶的霉菌杀灭效果比对干燥茶好,短时间的微波处理即可达到相当好的杀菌效果。处理 60 s,对霉菌的杀菌效果可达 99.85 %,处理 100 ~ 120 s,可完全杀灭初制发酵茶叶中的霉菌。对鲜茶叶中的霉菌杀灭效果,微波加热 90 s,杀菌率为 96.41 %,加热 120 s 可将霉菌完全杀灭,说明用于绿茶的杀青加工的微波加热也具有优异的杀灭霉菌效果。

表 3 微波对鲜茶叶和发酵叶中霉菌的杀灭效果

| 微波处理时间(s)      | 0                 | 30                | 60                | 90   | 100   | 120   |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|-------|-------|
| 茶发酵叶霉菌数(CFU/g) | $3.3 \times 10^4$ | $1.8 \times 10^2$ | 48.0              | 15.0 | <10.0 | <10.0 |
| 鲜茶叶霉菌数(CFU/g)  | $2.4 \times 10^3$ | $1.6 \times 10^3$ | $1.5 \times 10^2$ | 86.0 | 44.0  | <10.0 |

## 2.4 微波处理对茶叶品质的影响

将红茶(水分含量 6.1 %)和绿茶(水分含量 7.4 %)分为 2 组,各称取 150 g 茶样分别置于直径 18 cm 干净培养皿中,堆厚 2.4 cm,放入微波炉中,分别进行 60、90、120、150、180 s 的微波加热试验。

冷却后用开水冲泡并进行茶叶品质评审,结果见表 4。红茶和绿茶经 60 ~ 135 s 的微波处理后,具有正常茶的汤色、香气和味道,未影响茶叶的正常品质,但微波处理时间超过 150 s,绿茶和红茶都会产生焦火味。因此在考虑完全的杀灭霉菌效果的同时,应

根据微波的热功率,选择好适度的作用时间,以避免微波的过度作用而损伤茶叶的品质。

表4 微波处理后茶叶冲泡品质评定

| 微波处理时间(s) | 红茶          | 绿茶          |
|-----------|-------------|-------------|
| 60        | 茶汤色、香气正常    | 茶汤色、香气正常    |
| 90        | 茶汤色、香气正常    | 茶汤色、香气正常    |
| 120       | 茶汤色、香气正常    | 茶汤色、香气正常    |
| 135       | 茶汤色、香气正常    | 茶汤色、香气正常    |
| 150       | 茶汤色正常、略带焦火味 | 茶汤色正常、略带焦火味 |
| 180       | 茶汤色正常、有焦火味  | 茶汤色正常、有焦火味  |

注:红茶的水分含量为7.17%,绿茶的水分含量为9.08%。

### 3 讨论

微波的生物学作用机制至今尚无明确一致的解释,有关微波杀菌的机理目前尚不清楚,一部分认为是“热效应”所致,另一部分认为不仅有热效应,还有电磁场效应、量子效应、超电导作用等非热效应,微波的生物作用是否存在非热效应尚有争论<sup>[4]</sup>。从我们的实验结果表明微波对茶叶中霉菌的杀菌效果与茶叶水分含量显著相关,证实了微波对茶叶中霉菌的杀菌效应主要是热效应的作用。微波的能量转换效率一般为30%~60%,在热能上,微波炉比煤和电加热方式节省能耗约50%,同时具有省时和污染少的优点,在茶叶生产过程中具有良好的实用性和发展潜力。

微波杀菌需一定的水分作为介质,茶叶的水分含量对微波杀霉菌效率有重要影响,在应用微波除菌时,茶叶物料水分含量最好大于5%,水分量过低,需要增加微波作用时间,会导致茶叶产生焦火味,同时也相应增加能耗。微波对霉菌的杀菌效果与容器介质、处理物料量和水蒸汽的扩散等因素都有关,在实际应用中,根据微波加热的功率、物料水分含量,结合物料量和水蒸汽的扩散等因素确定微波处理时间。综合我们的实验结果可以证明,采用微波的方法对于杀灭茶叶中的霉菌效果好,方法实用、可行。使用WD800B型微波炉(输出功率:800W,频率:2450MHz)微波作用时间135s,对250g绿茶(水分含量7.15%,霉菌含量 $2.4 \times 10^3$ CFU/g)中霉菌的杀灭效果为100%。

微波对初制茶发酵叶的良好杀菌效果,也为茶叶初制过程霉菌的控制提出了有效可行的方法,一些文献资料认为,微波用于高水分物料干燥经济上不合理。在茶叶初制烘干过程中可先采用微波与其它热烘干相结合的方法,在微波作用90~135s,将霉菌有效杀除的同时,将发酵叶物料升至一定的温

度,以利于后续加热烘干,以快速和有效地去除大量水分,达到干燥和终止酶活性反应的工艺目的,同时充分发挥微波杀灭霉菌的特效作用。实验结果证明了微波可有效地应用于红茶、绿茶初制加工中的霉菌控制,为茶叶中的霉菌控制提供一种新的有效手段。

由于霉菌对其生产和繁殖的营养和环境条件要求不高,加之茶叶多酚类物质对霉菌的抑制作用不明显,在干燥的茶叶物料中,少量残余的霉菌还可以在一定的数量范围内生长繁殖,因此对茶叶中霉菌的控制,应考虑对茶叶中的霉菌的彻底消除,防止霉菌重新大量地繁殖,才能真正控制霉菌对茶叶的污染危害。在实施微波杀菌时,应以霉菌的完全杀灭为控制目标制定合理的微波处理条件,做到既能有效地杀灭霉菌,又能避免过度的微波处理损伤茶叶的品质。

由于目前对微波的生物学效应的机制有待深入研究和验证,各国在实际应用时安全标准差异较大。美、英等国建议以不超过10mW/cm<sup>2</sup>为安全标准<sup>[4]</sup>。当前微波技术已广泛应用于食品工业和食物加工,尚未见有关微波处理引起物质结构变异的报道。汪兴平等用微波处理茶叶浸提物,发现短时间的微波处理,茶多酚的化学结构无明显变化,对其主要浸出成分儿茶素的组成有影响<sup>[3]</sup>。由于射线处理存在引起物质成分结构的变化或变异的可能,过度的射线辐射引起茶叶成分的变化<sup>[4]</sup>,欧盟等国对射线辐射处理有严格的限制。从食品安全性和使用危害上考虑,微波在茶叶上的应用比射线的危害风险小得多。

### 参考文献

- [1] 彭玲. 红碎茶辐照杀菌工艺的研究[J]. 茶叶通讯, 2000, (2): 39-40.
- [2] 王盛良, 许悦, 陈修定. 茶叶霉菌污染现状及微波防霉研究[J]. 食品科学, 1998, 19(10): 44-46.
- [3] 汪兴平, 周志, 张家年. 微波对茶多酚结构及其儿茶素组成的影响[J]. 食品科学, 2002, 23(1): 37-39.
- [4] 薛广波. 实用消毒学[M]. 北京: 人民军医出版社, 1986.
- [5] 邢来君, 李明春. 普通真菌学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [6] 沈伟桥, 王忠华, 傅俊杰, 等. 不同辐照处理对茶叶品质的影响[J]. 茶叶科学, 2002, 22(1): 90-92.
- [7] 朱金国, 文国华, 张运北, 等. 烘干工艺条件对茶叶中霉菌的控制研究[J]. 实用预防医学, 2003, 11(1): 67-69.

[收稿日期:2004-12-22]

中图分类号:R15;Q949.32;TS272 文献标识码:A

文章编号:1004-8456(2005)02-0163-04