

文章编号: 1000-5692(2006)02-0145-04

欧姆加热对苹果汁中酸土脂环芽孢杆菌的杀灭作用

耿敬章, 仇农学

(陕西师范大学 食品工程系, 陕西 西安 710062)

摘要: 利用自行设计的批式欧姆加热装置, 研究了欧姆加热对苹果汁中酸土脂环芽孢杆菌 *Alicyclobacillus acidoterrestris* 的杀灭作用。分析了欧姆加热的温度、电压、加热时间、pH 值及加热体积等对杀菌效果的影响。结果表明欧姆加热可以有效地杀灭苹果汁中的酸土脂环芽孢杆菌。杀菌率随电压、温度和加热体积的升高而增大, 随 pH 值的降低而增大。由于电压、pH 值和加热体积的变化会改变欧姆加热系统中的电流, 从而可以降低杀菌的操作条件, 提高杀菌效率。图 4 参 15

关键词: 食品工业; 欧姆加热; 酸土脂环芽孢杆菌; 杀菌

中图分类号: TS255.44; TS201.3 **文献标识码:** A

酸土脂环芽孢杆菌 *Alicyclobacillus acidoterrestris* 俗称嗜酸耐热菌, 可以耐受巴氏杀菌, 并在酸性果汁及果汁饮料中生长繁殖, 产生具有特殊气味的愈创木酚等酚类物质, 严重影响产品质量^[1~5]。研究发现, 每 10 g 苹果汁中只要存在 1 个耐热菌即可导致果汁的品质劣变^[6]。因此, 嗜酸耐热菌的控制已成为相关行业最为棘手的难题。欧姆加热又称通电加热, 电阻加热等, 其加热原理主要是利用 50 Hz 或 60 Hz 的低频交流电提供电流, 在所加热的食品内部产生能量, 具有物料升温快, 加热均匀, 无污染, 热能利用率高, 加工产品质量好等优点^[7~9]。应用欧姆加热杀菌, 除具有一般的热效应外, 还具有非热效应^[10~12], 可以导致微生物细胞膜破裂, 细胞内容物渗漏, 造成细胞死亡, 从而可以降低杀菌温度, 因此极具开发潜力。文章旨在研究欧姆加热技术对苹果汁中的酸土脂环芽孢杆菌的杀灭效果, 以期为一项新技术的工业应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设备

苹果浓缩清汁: 取自陕西眉县恒兴果汁有限责任公司, 用去离子水配制成可溶性固形物含量为 11.5° Brix 清汁备用。

酸土脂环芽孢杆菌 *Alicyclobacillus acidoterrestris* DSM No. 3922: 购自德国菌保中心 (the Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH, DSMZ), 接种于 K 培养基 (按美国库格实验室 (Krueger Food Laboratories, INC 标准配制^[13]), 于 4 °C 冰箱中保存。

收稿日期: 2005-08-16; 修回日期: 2005-11-01

基金项目: “十五” 国家重大专项(2001BA501A21)

作者简介: 耿敬章, 硕士研究生, 从事现代果汁加工技术及食品加工新技术研究。E-mail: lugeng@stu.snnu.edu.cn。通讯作者: 仇农学, 教授, 博士生导师, 从事现代果汁加工技术研究。E-mail: nongxueq@snnu.edu.cn

批式欧姆加热装置: 自行设计制造, 由电源、加热装置和控制系统组成。电源由TDGC-5接触调压器及相应电路组成; 加热装置包括4个加热槽, 由聚丙烯板焊接而成, 尺寸为30 cm (25, 20和15 cm) × 20 cm × 15 cm; 极板(钛板, 规格为20 cm × 15 cm × 2 mm); 控制系统由PT100温度传感器及控制反馈电路组成。

手提式不锈钢蒸气消毒器, 超净工作台, PHS-4CT精密pH计, 电热恒温培养箱, 电热恒温水浴锅, 磁力加热搅拌器, 快速混匀器和糖度计等。

1.2 试验方法

1.2.1 欧姆加热装置的操作 将接种有菌悬液的苹果汁置于加热槽中, 连接电路, 将电压调到需要的电压值, 通过XTD-7000温控仪预先设定加热温度, 进行加热。当果汁加热到设定温度时, 系统自动断电, 开始保温, 当果汁温度降至低于设定温度1 °C时, 系统自动接通电路, 重新进行加热。此过程中, 保温占主导因素, 这样就可以实现保持温度而改变加热时间, 并在不同温度和时间取样, 用以测定杀菌效果。

1.2.2 嗜酸耐热菌的培养与测定 先将在冰箱中冷冻保存的菌种进行活化培养, 做成斜面保存, 45 °C恒温培养48 h, 然后接种到K液体培养基中, 45 °C恒温培养48 h, 进行菌种的扩大培养。将稀释后的苹果汁于121 °C下杀菌15 min, 再取10 mL菌悬液接种在3 L苹果汁中, 充分混匀。使果汁中嗜酸耐热菌的数量达到 $106 \sim 107$ 个 $\cdot\text{mL}^{-1}$ 。然后进行欧姆加热处理, 处理后平板涂布, 于45 °C恒温培养48 h, 然后平板记数^[14,15]。

1.2.3 嗜酸耐热菌杀灭效果的测定 欧姆加热对嗜酸耐热菌的杀菌效果可以用杀菌率来表示。计算公式如下:

$$\eta = (M - M_0) \times 100 / M.$$

其中: η 为杀菌率(%); M_0 为欧姆加热处理后的嗜酸耐热菌数(个 $\cdot\text{mL}^{-1}$); M 为欧姆加热处理前的嗜酸耐热菌数(个 $\cdot\text{mL}^{-1}$)。

2 结果与分析

2.1 温度对欧姆加热杀灭嗜酸耐热菌的影响

在电压为250 V, pH分别为3.5, 3.7, 3.9时, 用欧姆加热装置进行杀菌处理, 测定不同温度(达到设定温度时瞬时取样)对嗜酸耐热菌杀菌率的影响, 实验结果如图1所示。在其他条件相同时, 随着温度的升高杀菌率增大, 70 °C以前增速较快, pH为3.5温度为70 °C时的杀菌率可达99.9%, 70 °C以后杀菌率趋于稳定。基于最大程度保持果汁的营养成分考虑, 最佳的杀菌温度为70 °C。

2.2 电压对欧姆加热杀灭嗜酸耐热菌的影响

在pH为3.9, 温度分别为60, 65, 70, 75, 80, 85和90 °C时, 用欧姆加热装置进行杀菌处理, 测定不同电压对嗜酸耐热菌杀菌率的影响。实验结果如图2所示。

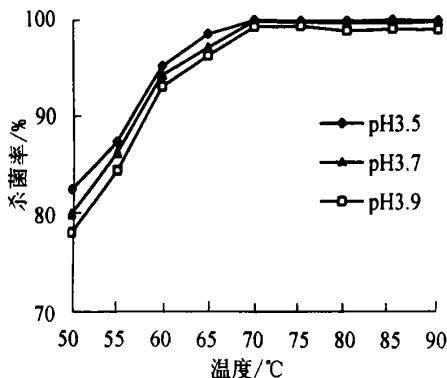


图1 加热温度对杀菌率的影响

Figure 1 The effect of sterilizing temperature on

Alicycobacillus acidoterrestris

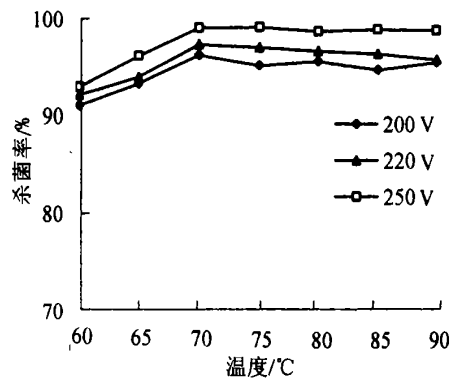


图2 电压对杀菌率的影响

Figure 2 The effect of sterilizing voltage on

Alicycobacillus acidoterrestris

由图 2 可知, 在其他条件相同时, 随着电压的升高杀菌率增大。由于电压升高, 电流变大, 电流密度增强, 从而加速了菌体死亡。

2.3 加热时间对欧姆加热杀灭嗜酸耐热菌的影响

在 pH 为 3.9, 电压为 250 V 时, 用欧姆加热装置进行杀菌处理, 测定不同加热时间对嗜酸耐热菌杀菌率的影响。实验结果如图 3 所示。在其他条件相同时, 欧姆加热时间对杀菌率几乎没有影响, 由于此过程中, 保温占主导因素, 可以认为欧姆加热对嗜酸耐热菌的杀灭过程中, 单纯的热效应对杀菌效果影响很小。

2.4 pH 值对欧姆加热杀灭嗜酸耐热菌的影响

在温度分别为 50, 60, 70, 80 和 90 °C, 电压为 250 V 时, 用欧姆加热装置进行杀菌处理, 测定不同 pH 值对嗜酸耐热菌杀菌率的影响, 实验结果如图 1 所示。在其他条件相同时, 杀菌率随 pH 值的降低而增大。pH 值的降低导致溶液中离子密度增加, 导电特性增强, 电导率增大, 电流变大, 电流密度增强, 促使菌体死亡。

2.5 加热体积对欧姆加热杀灭嗜酸耐热菌的影响

在 pH 为 3.9, 电压为 250 V, 加热温度分别为 60, 65, 70, 75, 80, 85 和 90 °C 时, 用欧姆加热装置进行杀菌处理, 测定不同加热体积(以液面高度表示, 单位 cm)对嗜酸耐热菌杀菌率的影响, 实验结果如图 4 所示。在其他条件相同时, 杀菌率随加热体积的增大而增强。加热体积的增大导致溶液的电流变大, 促使菌体死亡。

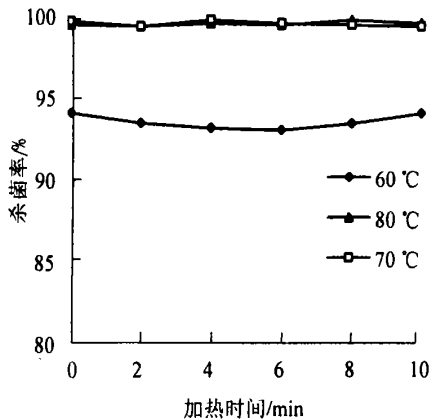


图 3 加热时间对杀菌率的影响

Figure 3 The effect of sterilizing time on *Alicyclobacillus acidoterrestris*

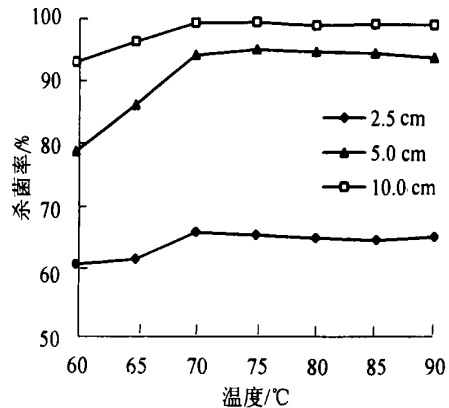


图 4 加热体积对杀菌率的影响

Figure 4 The effect of sterilizing volume on *Alicyclobacillus acidoterrestris*

3 结论

欧姆加热可以有效地杀灭苹果汁中的酸土脂环芽孢杆菌。研究发现杀菌效果主要与欧姆加热的电压有关, 杀菌率随电压的升高而增大, 同时还受加热温度、加热体积和 pH 值的影响, 杀菌率随温度的升高和加热体积的增加而增大。基于最大程度保持果汁的营养成分和节约能源考虑, 最佳的杀菌温度为 70 °C。低 pH 值也有利于欧姆加热杀菌。在电压为 250 V, pH 为 3.5, 温度为 70 °C 时的杀菌率可达 99.9 %。电压、pH 值和加热体积的变化会改变系统中的电流, 与通用的巴氏杀菌相比, 可以降低杀菌的操作条件, 促进菌体死亡。由于欧姆加热杀菌除具有一般的热效应外, 还具有非热效应, 可以降低杀菌的温度, 有利于保持果汁中的营养成分, 因此极具开发前景。

参考文献:

- [1] CERNY G, HENNLICH W, PORALLA K. Fruchtstftverderb durch Bacillen; isolierung und charakterisierung des verderbserregers [J]. *Z Lebensmitt Unters Forsch*, 1984, 179: 224.

- [2] PETTIPHER G L, OSMUNDSON M E, MURPHY J M. Methods for the detection and enumeration of *Alicyclobacillus acidoterrestis* and investigation of growth and production of taint in fruit juice and fruit juice-containing drinks [J]. *Lett Appl Microbiol*, 1997, **24**: 185.
- [3] WALLS I, CHUYATE R. *Alicyclobacillus*—Historical perspective and preliminary characterization study [J]. *Dairy Food Environ Sanit*, 1998, **18**(8): 499—503.
- [4] YAMAZAKI K, TEDUKA H, SHINANO H, *et al.* Isolation and identification of *Alicyclobacillus acidoterrestis* from acidic beverages [J]. *Biosci Biotech Biochem*, 1996, **60**: 534.
- [5] WALLS I. *Sporeformers That can Grow in Acid and Acidified Foods* [R]. Washington, D. C.: NEPA 1994.
- [6] BAUMGART J, MENJE S. The impact of *Alicyclobacillus acidoterrestis* on the quality of juices and soft drinks [J]. *Fruit Processing*, 2000, **10**(7): 251—254.
- [7] 杨铭铎, 邓云. 食品的通电加热研究 [J]. 食品科学, 2000, **21**(12): 146—155.
- [8] 贾原媛, 李修伦. 欧姆加热在食品加工中的应用 [J]. 天津轻工业学院学报, 2002, **41**(2): 13—17.
- [9] 周亚军, 殷涌光, 刘微, 等. 含颗粒液态食品通电加热研究动态 [J]. 农业工程学报, 2004, **20**(1): 26—29.
- [10] CHO H Y, SASTRY S K, YOUSEF A E. Kinetics of inactivation of *Bacillus subtilis* spores by continuous or intermittent ohmic and conventional heating [J]. *Biotechnol Bioeng*, 1999, **62**(3): 368—372.
- [11] IMAI T, UEMURA K, ISHIDS N, *et al.* Ohmic heating of japanese white radish *Rhaphanus sativus* [J]. *Int J Food Sci Technol*, 1995, **30**: 461—472.
- [12] LEE C H, YOON, S W. *Effect of Ohmic Heating on the Structure and Permeability of Nihe Cell Membrane of Saccharomyces cerevisiae* [R]. Chicago: 1999 IFT Annual Meeting 1999.
- [13] KRUEGER FOOD LABORATORIES, INC. *Analytical Servies for the Food Industry* [DB/OL]. 2005-03-06 [2005-07-10]. <http://www.kfl.com/index.html>.
- [14] HARRIGAN W F. 食品微生物实验室手册 [M]. 李卫华, 译. 北京: 中国财政经济出版社, 2004.
- [15] 陈颖. 臭氧对耐酸耐热菌杀灭作用的研究 [D]. 西安: 陕西师范大学, 2004.

Sterilizing effect of Ohmic heating on *Alicyclobacillus acidoterrestis* in apple juice

GENG Jing-zhang, QIU Nong-xue

(Department of Food Engineering, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, Shaanxi, China)

Abstract: Using self-made Ohmic heating installation to study its sterilizing effect on *Alicyclobacillus acidoterrestis*. The postvaccinal apple juice was treated by different temperatures, voltages, heating times, pH values and volumes. The results showed that Ohmic heating could destroy *Alicyclobacillus acidoterrestis* efficiently. The sterilizing effect was improved with the increasing of temperature, voltage and volume, but was reduced with the raising of pH value. These parameters could alter the electrical current of the liquid, and then it could enhance sterilization effect. So the sterilization condition of Ohmic heating can be simplified. [Ch, 4 fig. 15 ref.]

Key words: food industries; Ohmic heating; *Alicyclobacillus acidoterrestis*; sterilization