

黑蒜饮料杀菌条件的确定及其对理化性质的影响研究

李鑫¹, 张民^{1*}, 张黎明², 兰玲², 王跃猛¹, 胡虹敏¹, 徐锦令¹

(1. 天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457; 2. 徐州黎明食品有限公司, 徐州 221000)

摘要: **目的** 以黑蒜饮料为研究对象, 确定合理的杀菌条件并对杀菌后黑蒜饮料的相关理化性质进行测定。**方法** 对黑蒜饮料的杀菌选择常温(100 °C)杀菌。通过采用无线温度验证仪对黑蒜饮料在 100 °C 下的杀菌过程进行研究, 以确定最佳杀菌时间。**结果** 研究表明, 升温 3 min 后, 黑蒜饮料的中心温度可以达到 70 °C, 对黑蒜饮料中的对象菌——霉菌具有杀菌效果, 且可达到排出空气的作用。继续加热 10 min 后, 实际的 F 值可以达到 6.57 min, 大于安全的 F 值 6 min, 符合 $F_{实际} > F_{安全}$ 的条件, 此时, 既达到了杀菌效果, 又保证了所用的杀菌时间最短。**结论** 通过实验, 确定最佳杀菌条件为升温 3 min, 100 °C 维持 10 min。

关键词: 黑蒜饮料; 杀菌条件; F 值; 理化性质

Study on the determination of sterilization time and its impact on physico-chemical properties of the black garlic beverage

LI Xin¹, ZHANG Min^{1*}, ZHANG Li-Ming², LAN Ling², WANG Yue-Meng¹,
HU Hong-Min¹, XU Jin-Ling¹

(1. College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China;
2. Xuzhou Liming Food Co., Ltd, Xuzhou 221000, China)

ABSTRACT: Objective The black garlic beverage was used as raw materials to determine the suitable sterilizing condition and measure relevant physico-chemical properties. **Methods** The black garlic beverage should be sterilized at 100 °C in order to determine the best sterilizing time. **Results** Research showed that it could kill mould effectively when the center temperature of the black garlic beverage reached 70 °C after heating 3 min. The actual F6.57 min is greater than the safe one 6 min after continuing heating 10 min. It can not only achieve the sterilizing effect, but also use the shortest time under this condition. **Conclusion** The best sterilization condition was heating 3 min, 100 °C for 10 min.

KEY WORDS: black garlic beverage; sterilization condition; F value; physico-chemical properties

基金项目: 十二五国家科技支撑计划重点项目(2012BAD33B08)

Fund: Supported by the National Science and Technology Pillar Program During the 12th Five-year Plan (2012BAD33B08)

*通讯作者: 张民, 教授, 主要研究方向为食品化学和食品营养。E-mail: zm0102@tust.edu.cn

*Corresponding author: ZHANG Min, Professor, College of Tianjin University of Science and Technology, Tianjin, 300457, China. Email: zm0102@tust.cn

1 引言

黑蒜是将大蒜精选、高温高湿处理加工而成的^[1], 具有较高营养价值。它与大蒜相比, 水分、脂肪等显著降低, 微量元素显著提高, 而蛋白质、糖分、维生素等含量则至少为大蒜的2倍以上^[2]。而且, 黑蒜具有杀菌、防治流感, 调节血糖和胆固醇水平, 促进糖尿病康复, 调节血压和血脂, 改善便秘、失眠和较好的抗癌作用、预防血管老化、免疫力衰退等作用^[3,4]。

黑蒜由于其本身成分复杂、营养价值高, 因此加工过程中要尽量保持其营养成分不被破坏或降低损失量。研究证明, 温度是影响黑蒜口感和风味的重要因素, 高温不仅会破坏黑蒜的营养成分, 还会使黑蒜口味变得苦涩。因此在生产过程中的杀菌工艺正确与否, 将直接影响产品的保藏期和质量。导致果蔬汁腐败的主要微生物有细菌、霉菌、酵母菌。目前果蔬汁饮料的杀菌方法主要是进行加热处理^[5-7]。在加热过程中, 实际 F 值($F_{实}$)和安全 F 值($F_{安}$)需要配合应用, 主要体现在通过实验反复比较和调整 $F_{实}$ 和 $F_{安}$ 的大小关系进而找到合适的杀菌时间^[8,9]。

同时, 通过测定未杀菌和杀菌各个时间段后黑蒜饮料的相关理化指标(可溶性固形物含量、粘度、色泽及感官评分), 进一步得到杀菌时间对黑蒜饮料理化性质的影响。因此, 研究黑蒜饮料的杀菌条件, 不仅有利于减少黑蒜营养成分流失和保持黑蒜美味的口感, 同时也可达到经济、节约的目的。这一研究对指导企业实际生产、改善工艺条件都有极大的参考价值。

2 材料与方法

2.1 实验材料及设备

黑蒜饮料(实验室自制)

无线温度验证仪(法国 TMI-ORION 公司); 电磁炉(POVOS 奔腾); 家用锅(广东顺达不锈钢器皿实业有限公司); DV-III+型数字流变仪(Brookfield 工程实验室); 循环水式水浴锅(郑州长城科工贸有限公司); pH 计(上海理达仪器厂); 手持式糖度计(Tokyo Tech Aword ATAGO); DC-P3 型全自动测色色差计(北京星光测色仪器公司)。

2.2 实验方法

经测定, 黑蒜饮料属于酸性食品, pH 为 4.2 左右。对于酸性食品杀菌过程中对象菌的选择, 实际生

产多选用酵母菌和霉菌。通过查阅资料可知, 酵母菌杀菌条件明显比霉菌弱, 且黑蒜饮料在未进行杀菌处理的情况下发生变质体现在饮料上部长出霉菌, 因此, 杀菌过程的对象菌选择为霉菌。霉菌在常温下杀菌(100 °C), Z 值为 8 °C, $D_{90°C}=1\sim 2$ min, 选择 $D_{100°C}=1$ min, 霉菌的热致死条件为 70 °C^[8,10]。将以上条件作为前提, 进行如下实验。

2.2.1 黑蒜饮料升温时间的确定

对无线温度验证仪进行编程, 放入灌满黑蒜饮料的 100 mL 玻璃瓶中, 验证仪的探头处于整瓶饮料的中心部分, 将盖子虚掩, 正放入 100 °C 的沸水中加热一段时间后, 将黑蒜饮料中的无线温度验证仪取出, 擦干, 连接电脑读取数据, 记录黑蒜饮料从加热开始升至 70 °C 的时间(排出空气并有杀菌效果)。重复实验, 保证升温时间的可信度。

2.2.2 黑蒜饮料杀菌时间的确定

待升温时间确定后, 重复步骤 1.2.1, 到达确定的升温时间后, 立即将盖子拧紧, 玻璃瓶放倒, 置于沸水中继续加热杀菌。待指定时间后, 取出玻璃瓶, 对其进行逐级降温直至冷却。冷却后取出黑蒜饮料中的无线温度验证仪, 擦干, 连接电脑, 读取数据并进行数据处理, 确定合适的杀菌时间。待得到合适的杀菌时间后, 重复实验, 保证杀菌时间的可信度。

杀菌时间的确定取决于该杀菌时间下实际 F 值的计算结果。

$$F_{安全}=6D_{100}=6\times 1=6\text{ min} \quad \text{式(1)}$$

当实际 F 值略大于安全 F 值时, 即为合适的杀菌时间。

2.2.3 不同杀菌时间饮料 pH 的测定

采用 pH 计测定未杀菌、杀菌 9 min、10 min、12 min 和 15 min 的 5 份饮料的 pH 值。

2.2.4 不同杀菌时间饮料可溶性固形物含量的测定

使用手持式糖度计测定未杀菌、杀菌 9 min、10 min、12 min 和 15 min 的 5 份饮料的可溶性固形物含量。

2.2.5 不同杀菌时间饮料粘度的测定

采用 DV-III+型数字流变仪, 设定转速为 250 r/min, 测定未杀菌、杀菌 9 min、10 min、12 min 和 15 min 的 5 份黑蒜饮料的粘度, 取稳定后的粘度作图^[11]。

2.2.6 不同杀菌时间饮料色泽的测定

采用 DC-P3 型全自动测色色差计在室温下以标准白板作为标准对未杀菌、杀菌 9 min、10 min、12 min 和 15 min 的 5 份黑蒜饮料的色泽进行测定, 得到相应的 L^* 、 a^* 、和 b^* 。其中: L^* 表示亮度, L^* 值

愈大, 色泽愈白; $a^* > 0$, 表示红色程度, $a^* < 0$, 表示绿色程度; $b^* > 0$, 表示黄色程度, $b^* < 0$, 表示蓝色程度^[12]。

2.2.7 不同杀菌时间饮料感官评价

选取 10 位专业感官评审员分别对未杀菌、杀菌 9 min、10 min、12 min 和 15 min 的 5 份黑蒜饮料从色泽、黑蒜味、滋味、组织状态 4 个项目进行评分。具体标准见表 1^[13]。

表 1 感官评价评分标准
Table 1 Sensory evaluation criteria

| 项目 | 感官品质指标 |
|------------|-------------------------------------|
| 色泽(10 分) | 色泽明亮、均匀(6-10 分) |
| | 色泽暗淡且局部不均匀(0-5 分) |
| 黑蒜味(40 分) | 饮料黑蒜味浓郁、气味协调(28-40 分) |
| | 饮料黑蒜味较重或较轻, 气味较协调(14-27 分) |
| | 饮料黑蒜味过重或几乎没有味道, 气味不协调(0-13 分) |
| 滋味(40 分) | 酸甜适宜, 口味柔和(28-40 分) |
| | 稍微偏酸或偏甜, 酸甜较适口(14-27 分) |
| 组织状态(10 分) | 味道过淡或过酸、过甜, 难以入口(0-13 分) |
| | 饮料澄清、均一透明, 无杂质、分层和沉淀问题(6-10 分) |
| | 饮料较为澄清, 比较均一透明, 略有杂质、分层和沉淀问题(0-5 分) |

2.2.8 不同杀菌时间饮料微生物学检验

黑蒜饮料经加热杀菌、灌装处理, 属于罐头食品中的一种, 按照国标对未杀菌、杀菌 9 min、10 min、12 min 和 15 min 的 5 份黑蒜饮料进行商业无菌检测^[14]。以上所有测定均于样品贮藏 1 d 后进行, 并平行 6 次。

3 结果与讨论

3.1 升温时间的确定

按照步骤 2.2.1, 经过无线温度验证仪的杀菌时间、温度记录情况, 可以得到杀菌过程中的温度随时间的变化情况, 导出数据, 作图如下:

由图 1 可以看到, 随着温度的升高, 黑蒜饮料的中心温度不断增大且在某一点处超过 70 °C。图中, 由红色圆圈标示出的点表示: 加热第 150 s 后, 黑蒜

饮料中心温度达到 71.95 °C(每 10 s 记录一个温度数值, 首次超过 70 °C), 此时开始具有杀菌效果。重复实验, 第一个超过 70 °C 的温度点所用升温时间均为 150 s, 由此, 可以将升温时间确定为 3 min (超额完成排出饮料中空气的目的)。

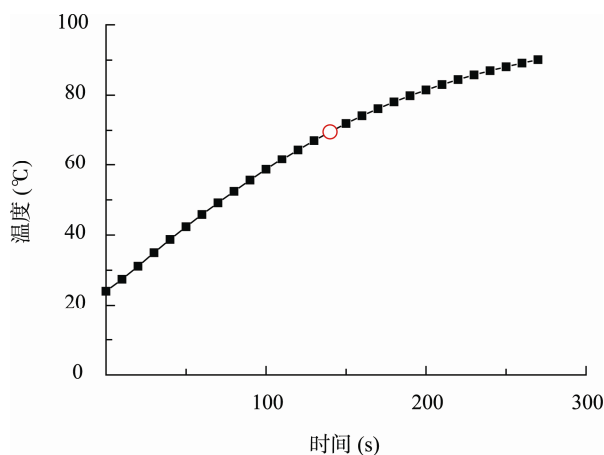


图 1 黑蒜饮料的升温曲线

Fig. 1 Heating curve of the black garlic beverage

3.2 杀菌时间的确定

按照步骤 2.2.2, 拧盖后, 对黑蒜饮料继续加热不同时间后, 取出, 逐级冷却, 通过无线温度验证仪的实时记录, 得到杀菌曲线图如下:

得到杀菌曲线后, 利用无线温度验证仪自带软件 Qlever 程序添加 F_0 值: 编辑→计算栏管理→添加 F_0 计算, 出现如下公式:

$$V = \int_{10}^{\frac{T(t)-T_r}{Z_r}} dt (\forall T(t) \geq T_i) \quad \text{式(2)}$$

式中, T_r 是参考温度(°C); Z_r 是 Z 值(°C); T_i 是门限温度(°C)

由实验前的文献查阅可知, 添加参考温度为 100 °C, Z 值为 8 °C, 门限温度为 70 °C。输入相应数值, 点击确定。经过软件计算及处理得到对黑蒜饮料杀菌不同时间的过程中实际 F 值的变化情况, 体现在图 2 中则为蓝色曲线所示。

由图 2 中 a 可以看出, 加热 15 min, F 值可达 15.36 min, 远大于安全 F 值 6 min, 即杀菌效果远远超过我们所需要的效果, 因此, 选择缩短杀菌时间, 暂设为 12 min, 重复实验(即按照步骤 2.2.2 继续实验), 实验所得结果如图 2 中 b 所示。采取与前述相同的方法对所得杀菌曲线进行数据处理, 通过软件计算得到加热 12 min 时, 实际 F 值为 8.74 min, 也

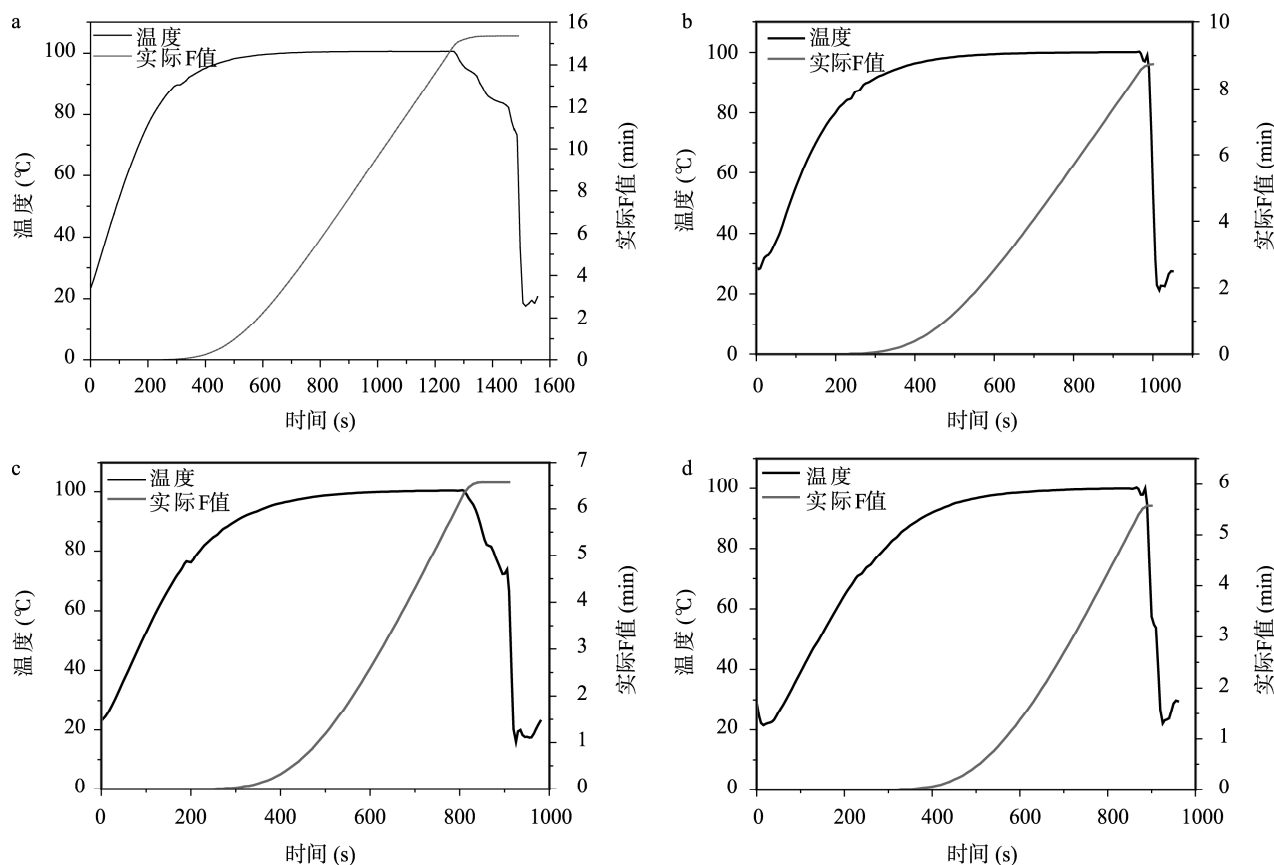


图2 不同杀菌时间杀菌曲线图

Fig. 2 Sterilization curve of different time

a: 杀菌 15 min b: 杀菌 12 min c: 杀菌 10 min d: 杀菌 9 min

远大于 $F_{安全}$, 进而确定杀菌效果也超出了我们所需。继续缩短杀菌时间, 选择加热 10 min。所得数据如图 c。选择加热时间为 10 min, 实际 F 值为 6.57 min, 略大于 $F_{安全}$, 符合我们所需要的合理的杀菌时间。为保证所取杀菌时间的可信度, 重复加热时间 10 min, 得到两次杀菌的实际 F 值依次为: 6.11 min 和 6.39 min, 均略大于 $F_{安全}$, 因此, 所选定的杀菌时间 10 min 可信。

为进一步确定该杀菌时间为实际最小加热时间, 我们选择 9 min 继续实验, 结果如 d 所示。由图 d 可以看出, 加热 9 min, 实际 F 值为 5.57 min, 小于 $F_{安全}$, 达不到我们所需要的杀菌效果。综合图 a、b、c 和 d, 选择杀菌时间为 10 min, 效果最好。

3.3 不同杀菌时间饮料 pH 的测定

由图 3 可以看出, 未杀菌时, 黑蒜饮料的 pH 值为 4.19 ± 0.01 , 杀菌 9 min、10 min、12 min 和 15 min 条件下, 黑蒜饮料的 pH 值分别为 4.17 ± 0.00 、 4.17 ± 0.01 、 4.17 ± 0.00 和 4.16 ± 0.01 , 未杀菌的黑蒜饮料 pH 值与杀过菌的黑蒜饮料相比较, 具有显著性差异

($P < 0.05$), 杀过菌的各组之间没有显著性差异($P > 0.05$)。可以判定, 杀菌对黑蒜饮料的 pH 值有影响, 但杀菌时间少于 15 min 时, 时间对黑蒜饮料 pH 值没有显著影响。

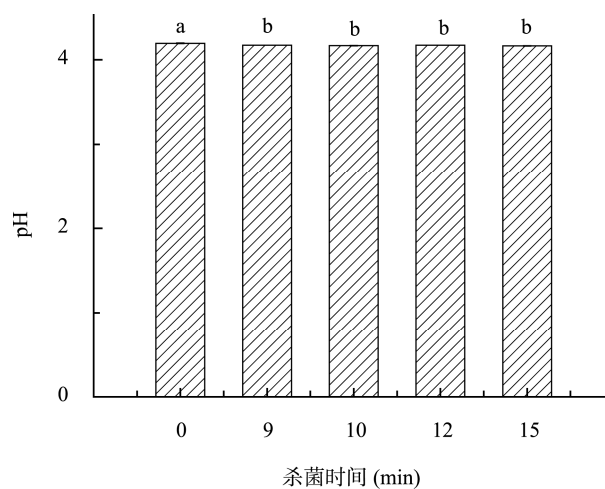


图3 不同杀菌时间对 pH 的影响

Fig. 3 Influence of different sterilization time on pH

3.4 不同杀菌时间饮料可溶性固形物含量的测定

由图4可以看出, 杀菌时间对黑蒜饮料可溶性固形物含量有显著影响($P < 0.05$)。在杀菌时间不超过 10 min 时, 黑蒜饮料可溶性固形物含量之间没有显著性差异, 而杀菌时间达到 12 min 后, 可溶性固形物含量与杀菌 10 min 前相比显著降低。分析原因, 可能是由于高温对黑蒜饮料中某些大分子成分具有破坏作用, 在长时间加热后发生聚集、沉淀的现象, 使黑蒜饮料的可溶性固形物含量降低。但由于成分本身肉眼可见度较低, 所以对于加热处理 15 min 后的饮料, 未能看到肉眼可见的杂质。

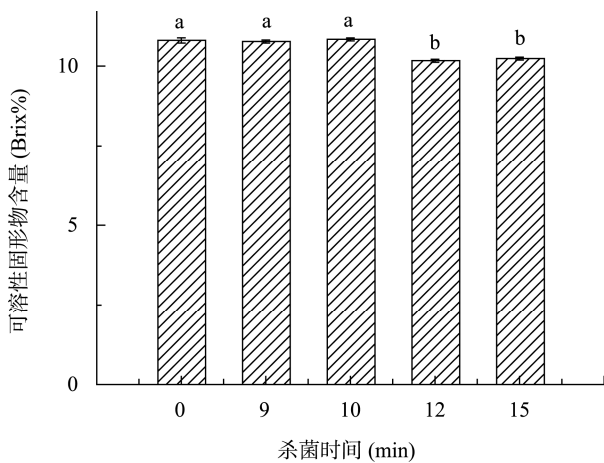


图 4 不同杀菌时间对可溶性固形物含量的影响

Fig. 4 Influence of different sterilization time on the content of soluble solids

3.5 不同杀菌时间饮料粘度的测定

由图5可以看出, 杀菌时间对饮料粘度影响显著, 不同杀菌时间, 饮料粘度均不同。未杀菌时, 黑蒜饮料粘度最小, 杀菌 9 min 时, 黑蒜饮料粘度最大, 且随着杀菌时间的增大, 饮料粘度逐渐降低。分析原因, 可能是由于黑蒜饮料的粘度变化主要反应在饮料中所添加的胶体物质, 由于其稳定性较低, 因此粘度随温度变化较明显。在常温下, 黑蒜饮料中胶体物质粘度小, 加热至 100 °C 后, 粘度又会随着加热时间的增加而逐渐下降。

3.6 不同杀菌时间饮料色差的测定

由图 6 可以看出, 黑蒜饮料较普通果蔬汁饮料 L^* 值偏小, 说明黑蒜饮料颜色偏黑。并且, 随着杀菌时间的增加, L^* 逐渐增大, a^* 和 b^* 都逐渐减小。这说明

随着杀菌时间的增加, 黑蒜饮料的黑色逐渐减弱, 绿色程度逐渐增强, 黄色程度逐渐减弱^[15]。

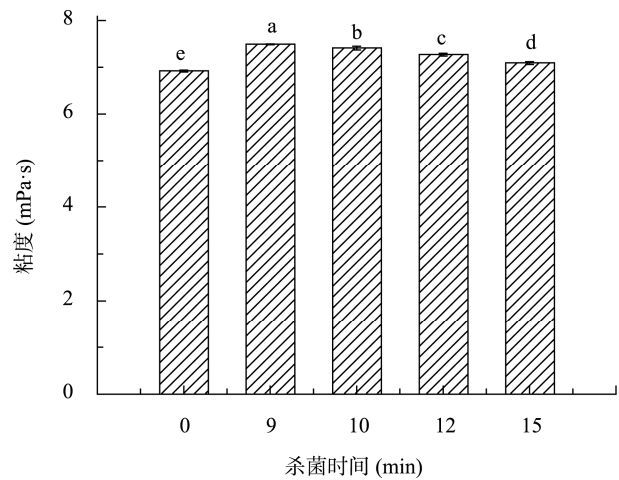


图 5 不同杀菌时间对粘度的影响

Fig. 5 Influence of different sterilization time on viscosity

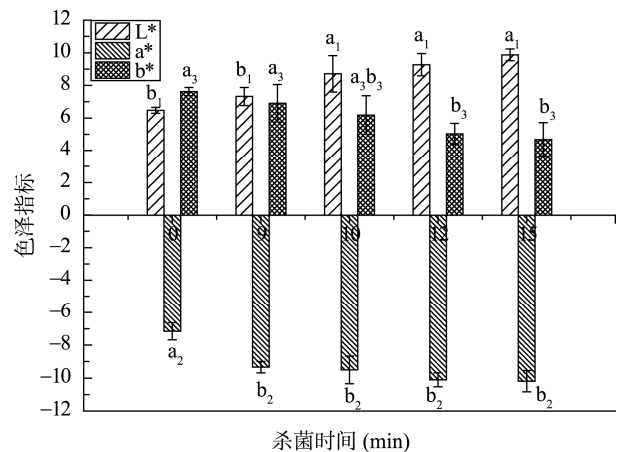


图 6 不同杀菌时间对色泽的影响

Fig. 6 Influence of different sterilization time on color

对于黑蒜饮料而言, 黑色是描述饮料颜色的主要颜色。随着杀菌时间的增加, 黑色逐渐减弱, 说明黑蒜饮料的亮度有所增加, 这可能是由于黑蒜饮料中的胶体物质随着加热时间的增加透明度增大所致。随着杀菌时间的增加, 黑蒜饮料色度变化差异降低。

3.7 不同杀菌时间饮料感官评价

由图 7 可以看出, 在未杀菌时, 感官评价分数为 78.40 ± 11.09 , 随着杀菌时间的增加, 感官评分逐渐降低 ($P < 0.05$)。可见, 杀菌处理对于黑蒜饮料的感官评价影响很大。在选择杀菌条件时我们已经知道, 高温

是影响黑蒜口感和风味的一个重要因素,而且高温会降低黑蒜的营养价值。杀菌时间长,黑蒜饮料处于高温中的时间就长,其营养成分被破坏的几率和数量就大。根据图7也可以清楚地看出,杀菌时间对黑蒜的感官评价影响也具有显著性($P < 0.05$)。因此,在杀菌条件达到的情况下应尽可能选择最短的杀菌时间才能保证黑蒜饮料的口感与风味。

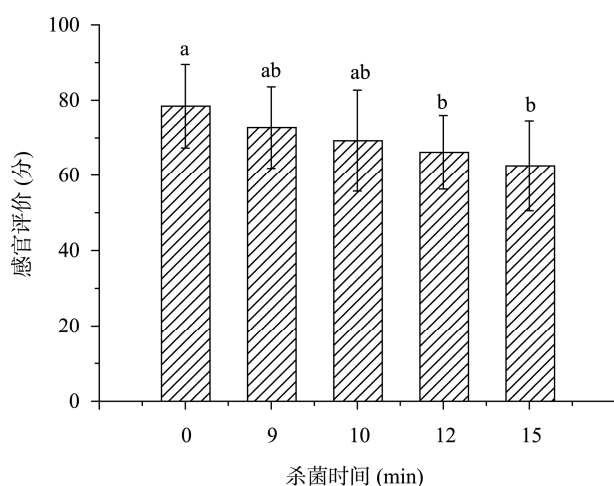


图7 不同杀菌时间对感官的影响

Fig. 7 Influence of different sterilization time on sense

3.8 不同杀菌时间饮料商业无菌检测结果

由表2可以看出,未经过杀菌的黑蒜饮料不符合商业无菌的要求,而各杀菌条件下的黑蒜饮料均可达到商业无菌的要求,证明F值测定的可靠性和必要性。据我们实际测定可知,杀菌9 min时,还未到达所需要的杀菌效果,但由图可知检测结果为商业无菌。分析原因,可能是由于杀菌9 min后,按照商业无菌检测方法保温10 d微生物生长速率较慢,可以达到商业无菌的标准,但贮藏更长时间后,微生物指标可能就会超标,达不到商业上的产品要求。

表2 不同杀菌时间对微生物含量的影响
Table 2 Influence of different sterilization time on microbial content

| 杀菌时间(min) | 检测结果 |
|-----------|-------|
| 0 | 非商业无菌 |
| 9 | 商业无菌 |
| 10 | 商业无菌 |
| 12 | 商业无菌 |
| 15 | 商业无菌 |

4 结论

通过加热升温阶段可以看出,黑蒜饮料在加热3 min后中心温度可以达到70℃以上。因此,选择在加热3 min时将盖子拧紧(即升温时间选择3 min),开始杀菌过程。而杀菌条件为:100℃煮沸10 min,此时的F值为6.57 min,略大于安全的F值($F_{实际} = 6.57 > F_{安全} = 6$)。时间过短,黑蒜饮料本身的营养成分损失小,但达不到所需要的杀菌效果;时间过长,杀菌效果可以达到,但既浪费能源,又对黑蒜饮料本身的营养成分起到破坏作用^[16-18]。

与传统杀菌设备相比较,无线温度验证仪通过连接电脑,编入程序,实时记录饮料中心温度的变化,从而更加精准地得到黑蒜饮料的杀菌曲线。同时,通过其自带的Qlever程序添加 F_0 值,实际的F值可以自动求出,省去了传统方法中繁琐的积分过程,既节省了时间,又可以得到精确的结果。

通过对比未杀菌及杀菌9 min、10 min、12 min和15 min的黑蒜饮料相关理化性质可以看出,杀菌时间对各指标都有一定程度的影响,尤其对感官评价的影响是随着杀菌时间的增加,感官评分越来越低,也验证了高温对黑蒜饮料风味和口感影响显著的特点。

参考文献

- [1] Kim Ji-Sang, Kang Ok-Ju, Gweon Oh-Cheon. Comparison of phenolic acids and flavonoids in black garlic at different thermal processing steps [J]. *J Funct Foods*, 2013, 5(1): 80-86.
- [2] 雷逢超, 郝果, 朱黎, 等. 黑蒜的营养价值及保健作用的研究进展[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(13): 429-432.
Lei FC, Hao G, Zhu L, *et al.* Progress of nutritive value and health function of black garlic [J]. *Food Sci Technol*, 2012, 33(13): 429-432.
- [3] Abel-Salam BK. Immunomodulatory effects of black seeds and garlic on alloxan-induced Diabetes in albino rat [J]. *Allergol Immunopathol*, 2012, 40(6): 336-400.
- [4] Sang EB, Seung YC, Yong DW, *et al.* Changes in S-allyl cysteine contents and physicochemical properties of black garlic during heat treatment[J]. *LWT-Food Sci Technol*, 2014, 55(1): 397-402.
- [5] 李前山, 刘飞宏. 杀菌工艺在果蔬汁饮料中的应用[J]. *科技致富向导*, 2010, 27: 271.
Li QS, Liu FH. Application of sterilizing craft on fruit and vegetable juice [J]. *Guide Sci-tech Magazine*, 2010, 27: 271.
- [6] Terefe NS, Yang YH, Knoerzer K, *et al.* High pressure and thermal inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase in

- strawberry puree [J]. *Innov Food Sci Emerg*, 2010, 11(1): 52–60.
- [7] Patras A, Brunton NP, Pieve SD, *et al.* Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and color of strawberry and blackberry purées [J]. *Innov Food Sci Emerg*, 2009, 10(3): 308–313.
- [8] 刘达玉, 刘清斌. 罐藏食品杀菌 F 值的探讨[J]. *农产品加工*, 2006, 1: 43–45.
Liu DY, Liu QB. Discussion of F value for can sterilization [J]. *Agric Prod Process*, 2006, 1: 43–45.
- [9] Fabiola Munarin, Sabrina Bozzini, Livia Visai, *et al.* Sterilization treatments on polysaccharides: Effects and side effects on pectin [J]. *Food Hydrocolloid*, 2013, 31: 74–84.
- [10] 曾庆孝. 食品加工与保藏原理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
Zeng QX. Food processing and parcel principle[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007.
- [11] 何进武, 梁敏思, 樊伟伟, 等. 澄清苹果汁的流变特性研究[J]. *食品工业科技*, 2008, 29(3): 133–135.
He JW, Liang MS, Fan WW, *et al.* Study on rheological behavior of clarified apple juices[J]. *Food Sci Technol*, 2008, 29(3): 133–135.
- [12] Lutfiye E. Effects of concentration methods on bioactivity and color properties of poppy (*Papaver rhoeas* L.) sorbet, a traditional Turkish beverage [J]. *LWT-Food Sci Technol*, 2014, 56: 40–48.
- [13] QBYQ 0001 S-2013 果味饮料[S]. 保山市源泉商贸有限公司, 2013.
QBYQ 0001 S-2013 Fruit Drinks[S]. Source commerce co. ltd in baoshan, 2013.
- [14] GB/T 4789.26-2003 食品卫生微生物学检验 罐头食品商业无菌的检验[S].
GB/T 4789.26-2003 Microbiological examination of food hygiene Canned food business sterile test[S].
- [15] 陆建良, 梁月荣, 龚淑英, 等. 茶汤色差与茶叶感官品质相关性研究[J]. *茶叶科学*, 2002, 22(1): 57–61.
Lu JL, Liang YR, Gong SY, *et al.* Studies on relationship between liquor chromaticity and organoleptic quality of tea [J]. *Tea Sci*, 2002, 22(1): 57–61.
- [16] 黄菊青, 方婷, 陈锦权. 酱汁鲍鱼硬罐头杀菌工艺及流变学性质研究[J]. *食品科学*, 2011, 32(14): 67–71.
Huang JQ, Fang T, Chen JQ. Sterilization process and rheological properties of canned abalone with sauce [J]. *Food Sci*, 2011, 32(14): 67–71.
- [17] 桑磊, 翁乔丹, 潘超然. 海参罐头杀菌工艺技术研究[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(19): 257–261.
Sang L, Weng QD, Pan CR. Study on sterilization technology of canned sea cucumber [J]. *Food Sci Technol*, 2013, 34(19): 257–261.
- [18] 赵大云, 吴希铭. 罐头杀菌冷点温度和 F 值测定系统的设计[J]. *食品科学*, 2005, 26(14): 118–122.
Zhao DY, Wu XM. A design of cold spot temperature measurement and F value calculation system for can sterilization [J]. *Food Sci*, 2005, 26(14): 118–122.

(责任编辑: 白洪健)

作者简介



李 鑫, 硕士研究生, 主要研究方向为功能性食品。
E-mail: lx89131@163.com



张 民, 教授, 主要研究方向为食品化学和食品营养。
E-mail: zm0102@tust.edu.cn