

微波钝化酶的机理及其设备开发^①

王绍林

(中国农业大学)

提 要 该文以酶对物料相互作用和影响的机理分析探讨抑制酶活性,以提高物料干燥加工后品质。并由此确定对某些物料,诸如人参等药用植物干燥钝化酶的新工艺,以及其微波设备设计和开发应用。

关键词 钝化酶的机理 设备 微波

Mechanism and Microwave Equipment for Passivate Enzyme

Wang Shao-lin

(China Agricultural University, Beijing)

Abstract Based on systematical study of mechanism of passivate enzyme, this paper investigated processing of passivate enzyme. A new kind of microwave equipment was introduced for high quality production.

Key words Mechanism of passivate enzyme Equipment Microwave

1 引 言

酶是生命活动的基础——新陈代谢过程中的催化剂。由于各种酶所催化的反应互相配合,从而维持着复杂的生命生理活动的延续,酶是必不可少的。例如农副产品加工或储藏期间,希望抑制酶的活动,防止产品的风味、品质下降。但另一些场合,则需要利用酶的活性增强物品风味(如烤面包时)。这种对酶活性的两种截然相反的要求需酌情而定。本文将就前者的要求,以鲜人参干制为例,探讨微波钝化酶的机理及其影响,并由此确定一项微波灭酶新工艺及其设备的设计。

2 微波场对酶钝化失活的影响

从物理化学本质说,酶是一种由生物活细胞构成并具有催化功能的蛋白质。它与其它蛋白质一样,也有等电点和蛋白质变性作用。由此蛋白质变性的不可逆性,可成为用加热方法使酶钝化失活的物理基础。为此,在食品加工业中常规加热方式的“煮白”,或者加热干燥都有抑制酶活性的积极意义。但是,常规加热法有时因干燥物料本身要求,不能用较高温度(例如40~50℃)致使酶失活的时间较长。在该期间,当加热温度还不足以使其失活之前,酶将

^① 收稿日期:1996-03-30

^② 王绍林,副教授,北京市海淀区清华东路 中国农业大学(东校区)72 信箱,100083

继续其催化反应从而消耗物料内部养分,使产品品质下降,风味改变。这对产品品质保持是极不利的。微波加热物理环境有二:温度场和电磁场。试验证实:1)两种场合作用,与单一温度场相比,大大加强被加热物料的蛋白质变性作用;2)以温度场与电磁场的作用相比,后者大大强于前者^[1]。文中试验是以耐热性较强的枯草芽孢菌为对象,通过该菌种加热致死率来表明两种场作用之间差别的。由于细菌是由细胞核等蛋白质组成,就其蛋白质变性致死状况与具有催化功能的蛋白质-酶的失活状况是相通的。这一点以酶在微波电磁场失活曲线可以印证。

试验所得微波法与水浴加热法酶活性失活曲线如图1a和图1b所示。图中横坐标和纵坐标分别为酶液失活时间(其失活温度标于坐标值下方)和残余酶活力的百分率。酶试验品种为过氧化物酶。数据表明,固定微波能量密度时,酶活力下降至40%~50%仅需1~2min。而常规水浴加热法中欲达到同样效果则需时12min以上。将中试试验中两种灭酶的加工方法比较,也得到类似结果(有关技术数据从略)。

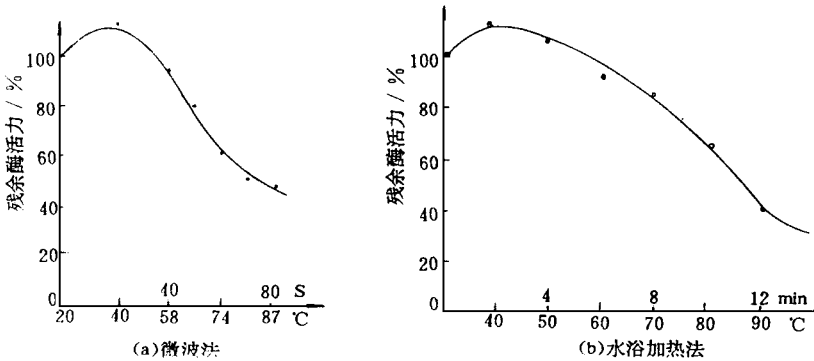


图1 酶液的失活曲线

由图中酶失活曲线可见,无论是微波法还是常规加热法均出现峰值,其对应的温度都在30~40左右的范围内。从时间上说,常规加热法酶失活曲线峰值出现时间远滞后于微波法。它们间的差别表明,微波法能缩短物料中酶的存活时间。换句话说,在物料酶失活过程中,两种加工方法逾越酶活力峰值时间各不相同。微波法逾越酶失活峰值时间极短,这将十分有利于减少物料处理时因酶的活动而对物料内营养物质的过多损耗。由此,微波使酶失活的较强能力成为微波钝化酶新工艺的理论依据。

3 固形物料中钝化酶对提高物料品质的作用

如下试验以人参为例,观察固形物料中钝化酶对物料品质提高的作用。

为保持品质,人参采收后需及时蒸煮、干制。一般对生晒参、西洋参干燥方法是在户外凉棚下阴干。因为在其表面干燥之前曝晒会使其商品品质下降。为缩短参的干制总时间,也有在干燥室中通风干燥的。整个干燥时间长达30~40天,其干燥温度要求分成16~27和22或32等阶段^[2]。

由酶失活曲线中酶活性与温度关系可知,不同温度下酶的活性是不同的。如前述,在某

适宜的温度下酶的活力出现最大值,在未达到该温度前,酶失活曲线斜率大于零,表明该温度前酶活力随温度升高而加大,当超过该温度时曲线斜率出现相反变化,表明超过该温度后酶就很快失活。从酶失活或激活所对应的温度看,常规干燥人参温度恰好落在酶活性活力较强范围内,以及加上常规干燥工艺周期(总时间)过长,在人参未完全达到干燥要求的含水率之前,体内酶活性依然存在并且活力正强。它的活动必将消耗人参养分造成品质下降。

上述常规干燥(包括远红外加热干燥)方法的弊病是与常规热介质加热的传热机理有关。常规热介质加热是依靠人参表面将热介质的热量向里层传导加热的,其干燥区由表及里地扩展。如果外层因热传导出现过高的温度(> 40)时,将使人参表面结硬壳层或爆裂。为此必须用延长干燥时间来避免上述现象,但如果是在酶活性较强的温度下用过长时间干燥,因酶的活性又将额外损耗物料养分,结果出现有形损失(结硬壳层或爆裂)转为无形损失(物料养分损耗)的顾此失彼的后果。

微波加热的机理有别于常规加热。它能透入物料使物料整体升温加热,省去常规加热所需的由表及里导热时间。其次,微波在物料内转化为热能,内部水分汽化加强了向外驱出物料内水分的动力,使其干燥脱水的速率高于常规加热法,这在导热能力差的物料中,以及低含水率($< 8\%$ 含水率)物料脱水干燥时效果更为明显。其三,微波干燥物料的干燥层扩展方向由里向外,物料表面不易结硬壳层。最后一点,微波干燥物料的同时,微波电磁场的非热效应对诸如细菌、虫和虫卵、霉菌以及酶等均具有强烈的杀灭作用。

利用上述微波加热特点,完全可以缩短人参制品干燥时间,以及使酶迅速失活获得较高品质的干制品。其工艺流程如图2所示。

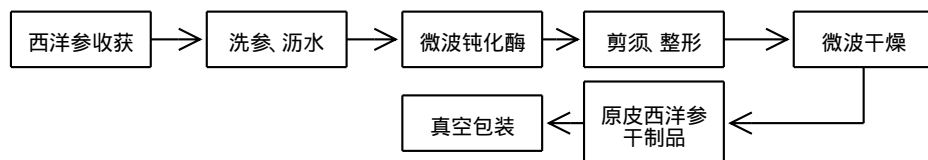


图2 西洋参微波干燥工艺流程图

上述工艺流程是对西洋参干制而言。若对生晒参干制,则需将流程中“微波钝化酶”位置与“剪须、整形”互换,并把剪须、整形改为捆扎即可。两者所需钝化酶的时间也不同。

表1列举的是采用微波钝化酶新工艺人参干制品测试数据,以示新工艺效果。为与自然日晒干燥人参干制品取得可比拟状态,新工艺中仅使用微波钝化酶工序加自然干燥而未作微波干燥过程。由表1知,试样组# 21中各单体皂甙相对总体皂甙的含量,除R_f外均高于对照组# 17(自然干燥)的含量。若以对照组# 17为基准值比较,则试样组# 21各成分超过的绝对含量与相对含量的百分率如表2所示。该表所列的R_{b1}, R_{b2}, R_c和R_d为20S- 原人参二醇甙元,R_e和R_g为20S- 原人参三醇甙元。它们统称四环三萜达玛烷型皂甙,是人参、西洋参和三七等特有药效的有效成分,它们的含量高低是判别这些药物质量优劣、区分等级的重要标志之一。

上列表格中编号# 9, # 13, 和# 21试样组干燥方式均为微波灭酶加日晒自然干燥,它们之间的差别仅是工艺参数不同而已。其中以编号为# 21试样组的工艺参数加工结果最佳。

表1 微波钝化酶的人参皂甙含量分析试验测定数据*

编号	干燥方式	总皂甙含量 /%	对总皂甙的相对含量 / %						
			Rb1	Rb2	Rc	Rd+ Re	Rf	Rg	Rh2
9		4.83	17.60	6.63	9.52	18.42	3.93	12.84	0.62
13	微波+日晒	5.06	17.79	10.47	9.88	20.55	4.15	14.82	0.59
21		5.14	17.90	10.51	9.53	21.44	4.67	20.43	0.78
17	日晒	5.89	13.75	9.51	8.83	19.52	5.09	20.03	0.68

*: 表中所有数据测定单位为中国医学科学院药用植物资源开发研究所

表2 试样组# 21和对照组 # 17 的人参皂甙含量比较值

	Rb1	Rb2	Rc	Rd+ Re	Rf	Rg	Rh2
绝对量	+ 4.15	+ 1.00	+ 0.70	+ 1.88	- 0.42	+ 0.40	+ 0.10
相对量 / %	+ 30.2	+ 10.5	+ 7.90	+ 9.60	- 8.30	+ 1.98	+ 14.7

4 微波钝化酶装置设计

常用的隧道式箱型微波加热干燥设备, 适合工厂连续性自动生产线要求。物料由输送带送入微波加热器入口处, 经微波加热区和冷却区再由出口处送出, 整个生产连续自动化进行。其机械结构包括微波源及电路控制、箱型微波加热器、微波漏能抑制器和产品输送、冷却系统。微波钝化酶装置机械结构与之相仿, 但因微波钝化酶工艺要求标准高于干燥加工工艺, 故在如下方面作出特别设计:

加热区均匀性设计: 隧道式箱型微波钝化酶装置的微波加热区为矩形箱体部分, 是微波与物料起钝化酶作用的区域。该区域微波功率密度分布均匀性, 将直接影响物料灭酶的均匀性。因此, 微波加热区域加热均匀性设计, 实际上是对箱内微波功率密度分布均匀性的设计。

电磁场理论指出, 矩形谐振腔具有多谐性, 不是单一模式的振荡。箱内微波能量分布均匀性取决于所能激起谐振波型模式数目及它们相互叠加状态, 所以设计者的任务是如何选择矩形箱体尺寸使其具有尽可能多的振荡模式, 以及各模式频率均匀间隔状态, 为取得较均匀能量分布创造先决条件。

由微波电路分析表明, 不同的矩形谐振腔尺寸有不同谐振模式和模式数目组合, 必须优化设计谐振腔尺寸。其优化设计工作应包括计算矩形谐振腔谐振模式总数, 相应模式标号所对应的频率, 以及各模式沿频率轴上的频谱分布图形和其优化结果显示。它们都可以编出相应程序由计算机完成。据推导:

若 a 、 b 和 l 分别表示矩形谐振腔的边长, 则空载时腔体的频谱计算公式为

$$f_0 - \Delta f \quad \frac{C}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2 + \left(\frac{p}{l}\right)^2} \quad f_0 + \Delta f \quad (1)$$

式中 f_0 和 Δf 为谐振腔工作频率中心值和频偏宽度; m 、 n 和 p 分别为对应腔体边长 a 、 b 和 l 的上模式标号; C 为光速。

有效传输线理论指出, 矩形谐振腔在加载后, 其谐振频率会发生偏移。需对上述公式作

出必要修正, 据计算, 得近似公式如下

$$f_0 - \Delta f < m \cdot f < f_0 + \Delta f \tag{2}$$

而

$$m = 1 + \left\{ \frac{[1 + (1 + \text{tg}^2 \delta)^{1/2}]^{1/2}}{2\epsilon(1 + \text{tg}^2 \delta)} - 1 \right\} \frac{V_1}{V_0} \tag{3}$$

式中 V_0 和 V_1 分别为腔体体积和充填物料的体积; ϵ 和 $\text{tg} \delta$ 为充填物料的相对介电常数和介质损耗角正切; m 为修正系数。

经计算机优化计算选取的谐振腔尺寸, 其谐振频率的模式数目大于25个。又因工艺需要, 以采用两箱体或三箱体串联组合及设置均衡区结构组成微波钝化酶装置机械系统。其微波输出功率数值由3~ 20 kW 范围内组合。该装置机械结构外形图

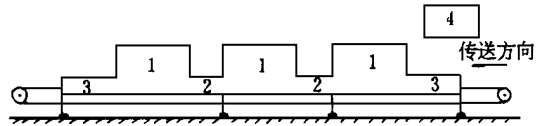


图3 微波钝化酶装置机械结构示意图

如图3所示。按国际电子技术委员会制定的微波加热箱(腔)内微波能量密度分布均匀性检测规范测定, 得到各检测点水温差 ± 1 , 符合原设计钝化酶加热均匀性要求。

图3中的1为微波钝化酶区域; 2为被加工物料温度均衡区域; 3为微波装置出入口处能量衰减抑制区域, 其结构能有效防止微波由该处外泄; 控制箱4的面板配有微波功率输出、钝化酶时间、动态温度等显示, 以及微机数据设定输入键盘和手动控制钮等。装置中非接触式动态温度测定传感器和冷却区域在图中未画出。装置的微波输出功率确定视被加工物料数量而定, 使用的工作频率为2 450 MHz。

整个控制电路采用单片机MCS- 51线路来实现, 其系统原理框图如图4所示。

微机逻辑管理功能包括设备启动和退出工作状态的自动操作程序; 电源、冷却、微波输出功率(通过温度)自动监测调节, 以及设备运行状态、物料加工动态监测调节等, 使设备能适应各种工作负载并能实时调配。

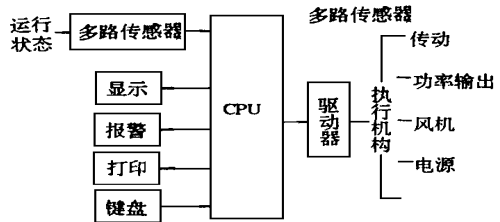


图4 控制电路系统原理框图

5 结束语

据上述微波钝化酶机理分析和技术制造的微波钝化酶设备可用于人参、枸杞等药用植物、速冻蔬菜、水果保鲜以及其它需要钝化酶处理的各种物料。并使产品外观色泽、营养成分保留率高, 工作环境大大改善。

参 考 文 献

- 1 王绍林 微波电磁场对菌热致死作用分析. 北京农业工程大学学报, 1993, 13(4): 85~ 89
- 2 崔德琛, 高镇生主编 西洋参. 北京: 科学出版社, 1990 140