

同来源的淀粉均对面包质量有所改善，只是对可溶性糊精的生成，差异较大，反映出几种淀粉酶的热稳定性不同。

淀粉酶对白面包质量和可溶性糊精量的影响 表 2

酶的来源	d-淀粉酶 <sup>(1)</sup>	面包体积	面包组织结构评分 <sup>(2)</sup>		可溶性糊精(占包心的%)
			纹理	质地	
对 照	0	2400	80	80	1.5
小 麦 芽	140	2790	90	90	2.2
小 麦 芽	560	3000	85	90	3.1
小 麦 芽	1120	2860	80	85	3.7
霉 菌	140	2750	95	95	1.9
霉 菌	560	2900	85	85	2.1
霉 菌	1120	2950	80	80	1.9
细 菌	7	2600	90	90	2.8
细 菌	85	2600	90	80	5.7
细 菌	140	2640	75	60	10.6

(1)  $\alpha$ -淀粉酶单位为700克面粉中的标准Wohlgemuth法单位；

(2) 面包“纹理”和“质地”均系面包质量的感官标准，采用百分法评分。

一般认为， $\beta$ -淀粉酶能使淀粉水解。

当在配方中添入麦芽粉以增加 $\alpha$ -淀粉酶活性时，也等于在面粉中加入少量的蛋白酶。蛋白酶在烘烤时同样会发生蛋白质的水解过程，加速面筋的熟成，而又使面筋网络变得柔软，易于扩展，促成面包体积增大，柔软和有弹性。而且蛋白酶可将蛋白质水解生成胨、酮、多肽及少量氨基酸物质，从而增加了面包的香味。蛋白酶约在80~85℃时钝化。

另外，在面包烘烤中，酵母中含有的脱羧酶与脱羧辅酶，将丙酮酸经过 $\alpha$ -脱羧作用而生成乙醛，乙醛接收磷酸甘油醛脱下的氧，生成乙醇。这就是面团的无氧发酵。它往往与面团的有氧呼吸同时在面包的熟成中发生作用。

由于面包的品种和配合的原料不同，还有多种酶参与作用，总之面包烘烤中的酶作用的研究是一个相当广阔的课题。

## 丹 贝 培 养 室 的 设 计

丹贝起源于印度尼西亚，是一种大豆发酵食品。丹贝培养室是该产品生产的重要装置。最佳产品的获得源于大豆的最佳发酵，而最佳发效则必须严格控制温度、湿度和良好通风。在大规模生产丹贝时，常常因发酵问题而引起失败。大量接种后的大豆由于真菌代谢作用而产生热积累，其品温会升到100°F以上。一个满载的丹贝培养室，依靠机械方法排出热空气或打开门户尚难以使之冷却。另一困难问题是，温度超过98.6°F时会加促腐败菌和致病菌的生长，这样则会造成发酵不完全的腐败臭味。丹贝生产面临的再一困难是产品过分干燥、感官质量不佳。感官质量差可能是由于氨的积聚、过多细菌污染以及真菌孢子形成过多而引起的。因此必须高度重视上述各问题。

### 一、丹贝培养室的要求

商业规模生产丹贝的培养室要能容人进入。室内加热和冷却由传感器驱动专门的机构。室内空气要通过牛奶过滤纸净化后进入培养室，在冷却循环

时，清洁的新鲜空气进入以置换排出的热空气。培养室内装有空气循环风扇以防止温度成层和有助于均匀发酵。湿度控制系用一个冷却的盘管减湿器使空气湿度保持在70~85%相对湿度之间。

在培养的最初10~15小时用电热器加热培养室。通常把加热型式固定在90°F。虽然由于恒温器差动而有小的加热/冷却循环，但温度可保持在此水平。

在丹贝起子中的孢子已经萌芽和真菌菌丝体开始快速生长后，在豆中产生大量的热。从发酵豆产生的热最后传递到周围空气中，直到水银柱上升到排气风扇恒温器的调整点。典型的冷却型式是调整到在95°F时起动。

如果外界空气在室温，则立即开始冷却即使培养室内的温度下降3~5°F，这随培养室的大小、风扇的能力以及恒温器差异而不同。在培养室已经冷却到合适程度时，冷却循环停止，培养室又由发酵物加热。

使问题复杂化的是,季节性变化引起进入冷却风道的空气的温度波动。例如在冬天时,冷空气进入培养室会使室温快速下降,很可能低于加热器的给定值 90°F。加热器的恒温器会感受到此下降,此时加热和冷却操作会同时相对操作。在夏季时,如环境温度达到 95°F 或以上,问题就变得严重了。当发酵室达到 95°F 需要进行冷却时,进入的冷却用空气会不起作用,此时就需要打开门户、把丹贝架铺开和采取其他紧急措施以防止“烧坏”。即使进入的空气低于培养室温度 5°F,也需要连续开动排气风扇,而这样会使丹贝加速干燥。

## 二、培养的条件

设计一个有效的培养装置,有二个重要的因素必须加以考虑:(1)能使在煮过的大豆上的少孢根霉生长具有最好的环境条件和(2)应用温度原理选择合适的设备以提供这些条件。

周围环境条件会很大程度地影响真菌的生长和繁殖。这些条件包括温度、相对湿度、氧和二氧化碳的浓度以及空气速度等的影响。例如二个极端的温度会威胁真菌的生存,此时,有机体停止消耗能量于生长,转而立即进入繁殖周期,即形成孢子。这种情况在营养物消耗完后也有可能产生,例如,由于大量孢子的发展而使丹贝表面成为灰黑色

第一个问题是什么温度能获得健壮的发酶作用。少孢根霉在 77°F 至 98.6°F 之间能发酶大豆。最初有人认为 98.6°F 是最佳的培养温度,但最近的研究表明在较高温度下,大豆会失去过多的水分和被孢子形成菌所破坏。98.6°F 及更高温度有利腐败型、肠杆菌型以及致病型菌的生长。将培养室恒温器调定在此温度,则在活性霉菌生长时即有可能形成危险区。在此危险区中,由于温度上升到 110°F 以上,霉菌有可能经受自身灭菌或自我破坏。此外,同样重要的是在较高温度发酶的丹贝,其风味不纯。

从现在使用的培养设备看,88~90°F 是均匀发酶和较快发酶的最佳温度范围。当然,为了加速生产,也可以在 95°F 进行发酶,但必须非常严格的控制空气温度。

相对湿度和环境温度密切有关,这是第二个需要考虑的重要问题。在接种的大豆表面有合适的高湿度会促使孢子快速萌芽和霉菌生长,同时又可防止干燥作用。最经常引用的值是 75~80% 相对湿度,当空气湿度超过此值时即有利于细菌在大豆上生

长。

空气循环对发酶作用也有影响。往往在发酵室装置循环风扇以防止室中空气温度分层。但是,强制循环会使发酶丹贝的水分排出室外,特别是在冷却循环中,从培养室中排出空气和引入干燥空气进行冷却。这种情况可以通过用水雾湿润进入空气而加以防止。

空气速度也能调节发酶大豆的气体环境。连续通气以提供真菌菌丝体生长所需要的氧,但是氧气过多会促进形成孢子或产热过多。另一方面,丹贝中的二氧化碳水平可能升高,有报告称 2.5 英寸厚丹贝的底层中的二氧化碳曾达到 21 体积%。这样高的二氧化碳会抑制大豆基质上的少孢根霉的正常生长。显然,氧和二氧化碳之间存在一个平衡问题,但是在设计培养系统时很少考虑到这一因素。由于二氧化碳是真菌代谢的正常付产物,显然在没有新鲜空气进入的密闭培养室中,二氧化碳会覆盖丹贝,从而延缓发酶作用。因此需要向发酶室引入计量好的新鲜空气以调节至合适的温度和相对湿度。

## 三、湿度原理

设计一个有效的丹贝培养系统,不但要注意到少孢根霉的基本生长要求和生物学,而且还应对热力学有所了解。

为保持培养室中的条件恒定,由发酶基质产生的热和从外界通过室壁透入到室内的热,必须由流出的空气以同样的速率带出。需要移去的热叫做热增加。在发酶作用开始时,当基质产生的热很少,而室外空气又比室温为冷时,则必须按通过室壁透出的热的同样速率将热加入到室内。在此情况下热离开的速率叫做热耗。

冷却设备的大小必须能处理可能产生的最坏情况,即最大热增加。这叫做峰冷却负荷。同样,加热设备应能处理最大的热耗,或峰加热负荷。峰加热负荷和峰冷却负荷的估定对合适设计一个培养系统显然是重要的。

为促进最佳的发酶作用而必须提供的大气条件也即设计条件,这些包括湿球温度、干球温度、相对湿度和露点温度。用于处理这些条件的工具叫做湿度图,这是以图来表示的空气的物理性质和热性质。

培养室内部应衬以不锈钢、卫生的纤维玻璃或环氧树脂涂料以保证环境不受污染。

#### 四、计算举例

没有一个通用的规则可以用来确定一个培养室的加热或冷却要求。如果一个培养室的侧壁、地面和房顶都是完全绝热的，则其加热要求比一个未绝热的培养室可减少十倍。因此就需要计算加热负荷和冷却负荷、生产要求、设计条件以及培养室的大小。用图1列出一个简化的标准步骤的例子来进行讨论。

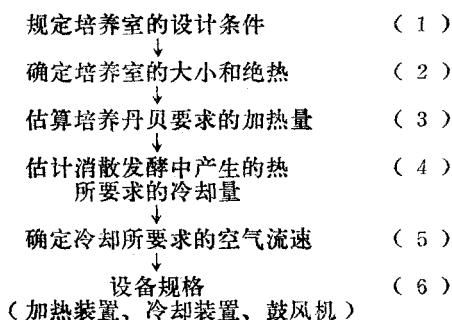


图1 计算一个培养系统的加热、冷却和空气流通设备的要求的步骤

##### (1) 设计条件

设计一个培养系统的第一步是记明工厂和培养室内部所要求的大气条件。必须考虑季节性的温度波动，下面的计算是根据理论的培养系统列出的一个例子。

	夏 季		冬 季	
	工厂空气	培养室空气	工厂空气	培养室空气
干球温度(°F)	95	90	40	90
湿球温度(°F)	83	83	35	83
相对湿度(%)	60	75	60	75
露 点(°F)	79	81	28	81

首先考虑冷却负荷，必须考虑冬季和夏季二者。冬季时，设计温度90°F比培养室周围的空气暖和，因此可忽略从外界进入的热增加。但在夏季时，工厂的热空气可能会显著影响培养室的热增加。光照产生的热也可忽略不计（如果光照或风机电动机放在培养室中，则应当增加到估算的冷却负荷上）。所以主要的热源来自发酵大豆。这种热的大部分传到周围的空气中成为显热增加，一部分热则消耗于蒸发基质中的水分，这一部分最终将加到潜热增加上。

为了合适地冷却发酵大豆的产热峰，首先应知

道每单位重量发酵物质的产热量，由于没有可查到的有关丹贝的此值，因此用日本米曲发酵时的峰热流值代替进行计算，在计算时，加入了20%的安全系数，计算结果如下表：

冷 却 要 求	
已知的或假设的因素	数 值
接种的大豆量：	100 磅
发酵热：	55BTU/小时/磅干物质
煮过的大豆的含水量：	65% (=65磅)
煮过的大豆的固体物：	35% (=35磅)
最终丹贝的含水量：	61%
每100磅煮过大豆的水分蒸发量/24小时培养：	10.3磅
平均蒸发速度：	10.3磅/24小时=0.43磅/小时
产热高峰时的蒸发速度：	0.86磅/小时
90°F时水的蒸发热：	1042.4BTU/磅

##### 产品冷却负荷

$$\begin{aligned}
 \text{产生的总的热量} &= (\text{发酵热}) \times (\text{干物质重量}) \\
 &= (55\text{BTU/小时/磅干物质}) \\
 &\quad \times (35\text{磅干物质}) \\
 &= 1925 \text{ 或约 } 2000\text{BTU/磅}
 \end{aligned}$$

加20%安全系数：

$$\text{总冷却负荷：} \frac{400}{2400\text{BTU/小时}}$$

因为制冷1吨=12000BTU/小时

所以100磅丹贝所需冷却用制冷量

$$\begin{aligned}
 &= 2400\text{BTU/小时} \times \frac{1\text{吨}}{12000\text{BTU/小时}} \\
 &= 0.2\text{制冷吨}
 \end{aligned}$$

加热负荷可以从峰热损失计算。峰热损失是在培养室外部温度最低以及发酵物尚未开始产生热时测定的。热损失主要决定于墙的热传递、由墙隔开的空间的温差以及墙的导热性。下表是夏季和冬季

##### 夏季 加 热 负 荷

	导热性	面 积 (平方英尺)	$t_i - t_o$	夏季负荷 (BTU/小时)
墙 壁	0.04	224	5	44.8
天 花 板	0.04	64	5	12.8
地 面 板	0.21	64	5	67.2
热增加：				124.8
加20%安全系数：				24.9
总热增加：				149.7

即约150BTU/小时或44.1瓦

冬季加热负荷

	导热性	面积 (英尺 <sup>2</sup> )	$t_i - t_o$	冬季负荷 (BTU/小时)
墙 壁	0.04	224	50	448
天 花 板	0.04	64	50	128
地 面 板	0.21	64	50	672
热损失:				1248
加20%安全系数:				249
总热损失:				1497

即约1500BTU/小时或441瓦

的加热负荷计算。

现在需对有效地进行丹贝生产的培养系统作总的考虑,也即加热、冷却、增湿、空气流等协调操作使能量消耗最少、发酵速率最高和产品最好。当然要使一个培养室具有这一特性是要增加成本的,但是损失的减少和产量的增加将会抵偿成本的增加。

要设计一个理想的丹贝培养室,先要了解丹贝的发酵过程,参阅下表:

最佳培养条件下丹贝的发酵阶段

	第一阶段	第二阶段	第三阶段	第四阶段
	8~10小时	10~15小时	15~24小时	24~30小时
真 菌 生 长	孢子萌芽 大豆可见	早期真菌发展, 大豆上有细菌丝	菌丝体大量结合 大豆被霉菌掩盖	孢子形成 大量蛋白质开始分解
大 气 条 件	90~95°F 75~85%相对湿度 轻微紊流	90~95°F 75~85%相对湿度 空气缓慢移动, 新鲜空气开始混合	90~95°F 75~85%相对湿度 新鲜空气继续混合 循环以除去热	90~95°F 75~85%相对湿度

因此,在培养的第一阶段,设备应立即提供加热至设计条件,同时空气有轻微流动以防止温度梯度。在第二阶段时,丹贝饼开始产生热,在冷却开始前培养室温度可以让其上升到95°F。增湿的空气和培养室内轻微循环(每小时换气6次)以防止梯度和培养物干燥。第三阶段时,发酵过程进入产热高峰,需要冷却以防止过热。空气流速不能太快以防止干燥和形成孢子。增加新鲜空气混合有助于冲去任何积聚的CO<sub>2</sub>,同时应增湿以防止发酵物干燥。

根据前面提到的潜热增加和显热以及冷却培养器用的空气的温度,并测定和培养器设计温度的差额,可以估算空气的流速如下表:

空气流速

$$\begin{aligned} \text{潜热增加} &= \text{蒸发速度} \times \text{蒸发热} \times \text{安全系数} 1.2 \\ &= 0.86 \text{磅/小时} \times 1042.7 \text{BTU/磅} \times 1.2 \\ &= 1076 \text{或约} 1100 \text{BTU/小时} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{显热增加} &= \text{总热} - \text{潜热} \\ &= 2400 \text{BTU/小时} - 1100 \text{BTU/小时} \\ &= 1300 \text{BTU/小时} \end{aligned}$$

培养器冷却空气: 80°F

培养器设计空调空气: 90°F

$$\begin{aligned} \text{空气流速} &= \frac{\text{显热增加}}{\text{温度差}} \\ &\times \frac{1}{\text{湿空气的比热} \times \text{空气密度} \times \frac{60 \text{分钟}}{\text{小时}}} \\ &= \frac{1300}{1.08 \times (90 - 80)} \\ &= 120 \text{立方英尺/分钟} \end{aligned}$$

综上所述,培养器设备的规格应该是:

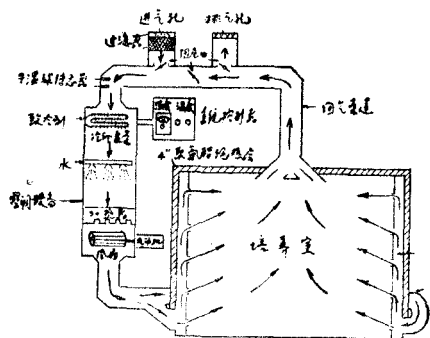
加热设备——441瓦

冷却设备——0.2制冷吨

鼓风机——120立方英尺/分钟

此外,在设计培养器时,墙壁和天花板应至少用4英寸厚的聚氨酯绝热。地板也应很好绝热以防止冷凝和吸热。良好的绝热,可以降低加热和冷却要求,冷表面上的露点冷凝作用也有效地加以控制。

下面是一张培养室设计示意图。应注意使空调空气能均匀地分布在整个培养室。培养室天花板应有足够的高度以防止空气速度增加和产品干燥。排气孔应有网罩以防止昆虫或其他动物进入。进风管



道应配有预过滤器和细菌过滤器使进入的空气没有细菌污染。

发酵室内部应衬以不锈钢、卫生玻璃纤维或食品和药品管理局批准使用的环氧涂料。这些材料是不透性的、无毒的和易于清洗的。不应使用木材，因为难于清洗，且高的水分是有害霉菌和细菌繁殖的优良表面。如果培养室内微生物污染严重，可以安装紫外灯灭菌。

陈祖萌摘译自Soyfoods 1983 Summer  
No.9

## 主食方便食品之淀粉老化问题

安徽食品发酵研究所 吴恭勤

### 一、淀粉老化的实质和机理

#### 1. 淀粉简介:

淀粉是由D-葡萄糖以 $\alpha$ -苷键连接的高分子物质；常温下呈不溶于水的白色粉末，分直链和支链二种结构。淀粉颗粒中有晶状和非晶状二种结构。

自然生淀粉又称 $\beta$ -淀粉，不易膨润，很难受消化酶的作用，不易被人体消化吸收。经热加工的熟淀粉又称 $\alpha$ 化淀粉，易受消化酶的作用，是人体所能消化吸收的。

淀粉粒在适当的温度下（各种不同来源的淀粉所需的温度不同），吸水溶胀，水分子进入非晶区和结晶区，颗粒破碎分裂，形成均匀的糊状溶液，这就是淀粉的糊化（或 $\alpha$ 化）作用。其实质是淀粉粒中有序（晶区）及无序（非晶区）态的淀粉分子间相互缔合的羟基被拆散，氢键断开，形成了熟淀粉（ $\alpha$ 化淀粉）。主食方便食品就是依此原理制做的。

各种食物的淀粉糊化温度见下表：

淀粉来源	颗粒大小( $\mu$ )	糊化温度 $^{\circ}\text{C}$
大米	3~8	68~78
小麦	2~45	59.5~64
玉米	5~25	62~70
马铃薯	15~100	58~66
甘薯		82~83

#### 2. 老化的实质和机理:

大家知道，主食方便食品大都含有大量的淀粉，造成老化的实质是淀粉发生了物性变化，由 $\alpha$ 化淀粉回复为 $\beta'$ -淀粉。

老化机理为经热加工后的 $\alpha$ 化淀粉，在逐渐冷却和贮藏过程中，分子之动能下降，淀粉分子的羟基与水分子间形成的氢键断开，淀粉分子间相邻近的羟基产生缔结形成氢键，挤出水分，恢复微晶状结构，即产生了老化现象。

老化是糊化的逆转作用，但是不可能彻底复原为原淀粉结构的。与生淀粉比较，晶化程度低。

### 二、影响淀粉老化的因素

淀粉老化的影响因素是多方面的。简述如下：

1. 温度：-10 $^{\circ}\text{C}$ 以下，水分子冻结晶化，冰晶阻止了淀粉间羟基的缔结，几乎不发生老化现象；60 $^{\circ}\text{C}$ 以上和0~ -10 $^{\circ}\text{C}$ 之间，能抑制老化；0~ 4 $^{\circ}\text{C}$ 时老化速度最快；5~60 $^{\circ}\text{C}$ 之间，随温度升高老化速度下降。

#### 2. 水分含量:

食品中水分含量65%以上，老化速度缓慢；含水量40~60%的食品，淀粉老化速度