

文章编号 :1009-038X(2003)05-0025-05

气调包装条件下草莓、平菇呼吸特性变化规律

肖功年 , 张 慙 , 汤 坚
(江南大学 食品学院 江苏 无锡 214036)

摘 要 :温度和包装内的气体组分是控制新鲜果蔬呼吸、延长超市新鲜果蔬货架期的有效手段. 实验对草莓和平菇在 MAP 条件下呼吸特性的变化进行了研究,建立了以 $\varphi[\text{CO}_2]$ 、 $\varphi[\text{O}_2]$ 、温度(T)和贮藏时间(t)的多元方程,并与其呼吸作用的酶的米氏模型进行了比较,结果显示三次项模型略优于米氏方程模型.

关键词 :气调包装;呼吸;草莓;平菇;模型

中图分类号 :S 601

文献标识码 :A

Respiration Characteristics Research of Strawberry(*Fragaria ananassa* Duch.) and Mushroom(*Pleurotus ostreatus*) under Modified Atmosphere Packaging

XIAO Gong-nian , ZHANG Min , TANG Jian
(School of Food Science and Technology , Southern Yangtze University , Wuxi 214036 , China)

Abstract : Respiration of fruits and vegetables was one of the most important factors effecting the storage time. The respiration changes of strawberry(*fragaria ananassa* duch.) and mushroom(*pleurotus ostreatus*) under modified atmosphere packaging were studied in this paper. In addition , a respiration model which correlated $\varphi[\text{CO}_2]$, $\varphi[\text{O}_2]$, temperature(T) and storage time(t) was built. The results showed the CO_2 evolution and O_2 consumption decreased with the extention of storage time. The model was also contrasted with Michell-Menten model.

Key words : respiration ; modified atmosphere ; strawberry ; mushroom ; model

果蔬采后 ,光合作用基本停止 ,呼吸作用成为生命的主要特征 ,干物质不断消耗 ,所以 ,果蔬采收后的贮藏应尽可能的降低其呼吸强度. 果蔬采后虽然总干物质不再增加 ,但仍有种种合成过程——主要是新的酶促合成过程 ,这些过程只能利用体内原有的物质通过分解和再组合实现. 果蔬的呼吸失调则发生生理障碍 ,不仅各种过程不能正常进行 ,还出现病害症状——生理病害.

果蔬的呼吸作用是通过一系列由酶参与的生

化反应来实现的 ,它受到温度、底物浓度等因素的影响. 许多研究表明 ,降低氧气体积分数或升高二氧化碳体积分数可以抑制果蔬的呼吸作用^[1 2]. 因此果蔬的呼吸速率应该是氧气和二氧化碳体积分数的函数 ,而不仅仅是氧气体积分数的函数. 线性、二次方和酶的米氏方程模型是用来描述氧气和二氧化碳体积分数影响的 3 种方式. Hayakawa 等^[3]提出了一种简单的线性回归模型 ,并得到了广泛的应用. 然而 ,这类模型没有考虑氧气和二氧化碳之

收稿日期 2003-04-15 ; 修回日期 2003-06-03.

基金项目 江苏省农业攻关项目(BE20022320)资助课题.

作者简介 肖功年(1976-),男,江西萍乡人,农产品加工与贮藏工程博士研究生.

间的潜在的交互作用 ,显然 ,这种交互作用也能影响果蔬的呼吸特性.

Yang 和 Chinnarf^[4]提出把酶动力学原理应用到呼吸速率方程中 ,属于二次方程式模型.

$$R_{O_2} \text{ 或 } R_{CO_2} = \alpha_0 + \alpha_1 \varphi[O_2] + \alpha_2 \varphi[CO_2] + \alpha_3 T + \alpha_4 \varphi[O_2]^2 + \alpha_5 \varphi[CO_2]^2 + \alpha_6 T^2 + \alpha_7 \varphi[O_2] I [CO_2] + \alpha_8 \varphi[O_2] T + \alpha_9 \varphi[CO_2] T \quad (1)$$

Talasila^[5]报道了草莓的呼吸速率方程不仅与两种气体的体积分数相关 ,还与贮藏时间相关 .其他人则提出了一种更加符合逻辑的方法 ,即酶的米氏方程模型 ,这种模型更加符合果蔬的呼吸特性 .有关资料表明^[6,7] ,果蔬采后采用 MAP 时 ,呼吸反应动力学满足米氏方程 ,在没有 CO₂ 的情况下 ,MAP 中 O₂ 的消耗速率为

$$R_{O_2} = \frac{V_m \varphi[O_2]}{K_m + \varphi[O_2]} \quad (2)$$

Lee^[7]提出把二氧化碳作为氧气的非竞争性抑制建立了如下果蔬呼吸速率方程 ,并测定了青椒的呼吸速率方程系数 :

$$R = \frac{V_m \varphi[O_2]}{K_m + (1 + \frac{\varphi[CO_2]}{K_i}) \cdot \varphi[O_2]} \quad (3)$$

式中 :R 为呼吸速率 ,mL/(kg · h);K_m 为米氏常数 ,%(O₂ 体积分数);K_i 抑制常数 ,%(CO₂ 体积分数).

式(3)只有果蔬处于有氧呼吸条件下才能成立 .上述米氏方程描述同一体系中果蔬正常呼吸时 CO₂ 与 O₂ 体积分数的关系 .

然而 ,一些研究者认为 ,酶的非竞争性抑制模型不能恰当地描述新鲜果蔬的氧气消耗速率 ,因为呼吸作用是由许多代谢反应步骤组成 ,各个反应的呼吸底物均不同^[8] .呼吸速率不仅与 $\varphi[CO_2]$, $\varphi[O_2]$ 有关 ,而且与温度(T)和贮藏时间(t)相关 .因温度与贮藏时间是相互独立的影响因素 ,不存在相互关系 .因此结合式(1)有

$$R = \alpha_0 + \alpha_1 \varphi[O_2] + \alpha_2 \varphi[CO_2] + \alpha_3 T + \alpha_4 \varphi[O_2]^2 + \alpha_5 \varphi[CO_2]^2 + \alpha_6 T^2 + \alpha_7 \varphi[O_2] I [CO_2] + \alpha_8 \varphi[O_2] T + \alpha_9 \varphi[CO_2] T + \alpha_{10} t + \alpha_{11} t^2 + \alpha_{12} t \varphi[O_2] + \alpha_{13} t \varphi[CO_2] + \alpha_{14} t \varphi[O_2] I [CO_2] + \alpha_{15} t \varphi[O_2] I [CO_2] \quad (4)$$

式(4)属于三次方模型(以下称“三次模型”).在国内 ,对于 MAP 条件下果蔬的呼吸特性研究较少 .本实验以草莓(*Fragaria ananassa* Duch.)和平菇(*Pleurotus ostreatus*)为研究对象 ,以式(4)模型模拟草莓和平菇在贮藏过程中呼吸特性的变化 ,并与米氏模型进行比较 ,以期气调包装设计提供应用基础 .

1 材料与方法

1.1 材料

草莓、平菇来源于苏州虎丘农贸市场 ,其中草莓品种为丰香 ,7~8 月成熟 ;平菇品种为夏丰 962.

1.2 试验方法

1.2.1 气体配气方法 气体配比按图 1 流程进行 .采用 DQZ360 真空气调包装机(上海青葩食品包装机械有限公司产品).

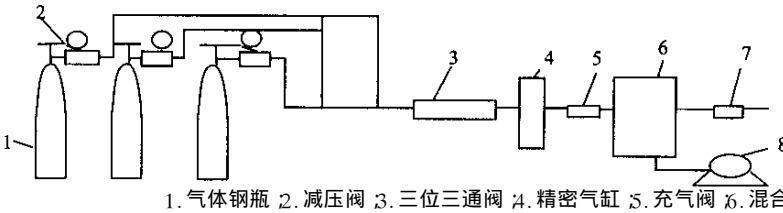


图 1 气调包装配气示意图

Fig.1 Mixing system of modified atmosphere packaging

1.2.2 气调包装方法 3 种原料经清洗后 ,草莓采用 LDPE 和 PVC 复合膜 ,包装内充入体积分数 2.5% O₂ 和 16% CO₂ ;平菇去蒂部 ,采用 LDPE 膜 ,充入体积分数 7% O₂ 和 12% CO₂ ,分别贮藏于 2 ,6 ,10 ,20 ℃ 条件下 .

1.3 测试方法

气体成分采用改良式奥式气体分析仪测定 .将各条件下各次测得的 CO₂ 体积分数值换算成呼吸

强度 [mL/(kg · h)]:

$$R_{O_2} = \frac{\Delta y_{O_2} \times V}{100 \times m \times \Delta t} \quad (5)$$

$$R_{CO_2} = \frac{\Delta y_{CO_2} \times V}{100 \times m \times \Delta t} \quad (6)$$

式中 :Δy 为任意时刻在 Δt 内 ,CO₂ 增加的体积 ,m³ ;V 为贮藏空间 ,V = V_总 - $\frac{m}{\rho}$;m 为包装内果蔬的质量 ,kg.

2 结果与分析

2.1 草莓 MAP 条件下呼吸变化规律

已有研究表明,在正常的植物生活温度范围内(2~35℃),温度对呼吸的关系基本上符合一般化学反应的温度系数,即 Q_{10} 为2~4。从图2可以看出,草莓贮藏温度为2℃时,氧气的消耗速率几乎呈一直线;在3h时为10.74 mL/(kg·h),72h为9.15 mL/(kg·h),二氧化碳的产生速率也类似;温度为20℃时,在3~42h之间氧气、二氧化碳的消耗速率几乎呈直线下降,其线性回归方程为 $y = -1.5831x + 41.674$,相关系数为0.8979。氧气的消耗速率在3h时为42.78 mL/(kg·h),72h为6.02 mL/(kg·h);二氧化碳的产生速率在3h时为43.05 mL/(kg·h),72h为10.85 mL/(kg·h),此时 $\varphi[O_2]$ 为0.5%, $\varphi[CO_2]$ 为18.7%,说明此时还没有进行无氧呼吸。随着贮藏期延长,氧气的消耗速率曲线有不断向二氧化碳的产生速率曲线交叉趋势,说明随贮藏时间的延长,氧气的消耗速率和二氧化碳的产生速率两者相互影响。呼吸速率下降,这说明呼吸作用得到了抑制。

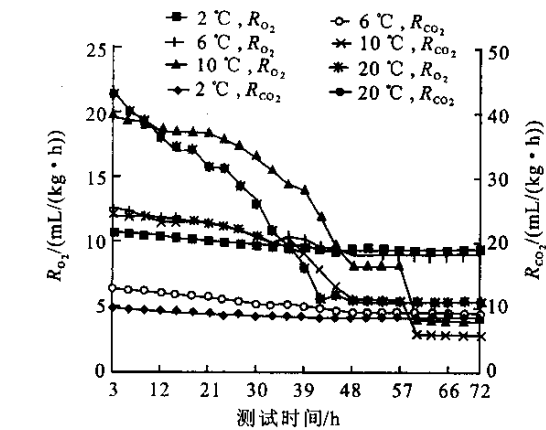


图2 草莓气调包装中O₂消耗速率(R_{O₂})和CO₂的产生速率(R_{CO₂})

Fig.2 CO₂ evolution and O₂ consumption of strawberries under modified atmosphere packaging

2.2 平菇 MAP 条件下呼吸变化规律

平菇在体积分数7% O₂和12% CO₂的条件下呼吸特性变化见图3。从图中可以看出,平菇贮藏温度为2℃时,氧气的消耗速率呈下降趋势,但趋势较平缓,在3h时为30.11 mL/(kg·h),72h时为20.22 mL/(kg·h);二氧化碳的产生速率也类似;温度为20℃时,O₂、CO₂的消耗速率在开始阶段快速下降,3h时为79.38 mL/(kg·h),51h后几乎下降

至0,可能此时已经有无氧呼吸发生。相比较而言,气调和温度对其呼吸特性影响显著,能降低平菇的呼吸作用。

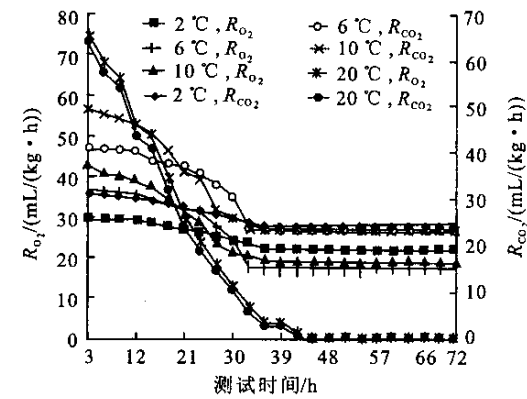


图3 平菇气调包装中O₂消耗速率(R_{O₂})和CO₂的产生速率(R_{CO₂})

Fig.3 CO₂ evolution and O₂ consumption of mushrooms under modified atmosphere packaging

2.3 呼吸模型

2.3.1 三次项模型参数 利用测得的包装袋内[CO₂]和[O₂]的体积分数,由公式(6)和(7)计算出R_{O₂}和R_{CO₂}值后,使用统计回归软件多重线性回归得出呼吸方程的参数,结果见表1。因此,可得到回归模型为

1) 草莓

$$R_{O_2} = -13.2048 - 0.0204\varphi[O_2] - 3.002\varphi[CO_2] - 0.0594T + 0.0594\varphi[O_2]^2 + 0.5963\varphi[CO_2]^2 + 7.029 \times 10^{-5}T^2 - 0.023\varphi[O_2][CO_2] + 0.0016\varphi[O_2]T + 0.409\varphi[CO_2]T + 1.6552t - 0.0484t^2 + 0.0201t\varphi[O_2] + 0.0059t\varphi[CO_2] + 0.0004T\varphi[O_2][CO_2] + 0.1968t\varphi[O_2][CO_2]$$

$$R_{CO_2} = -8.8594 - 0.0050\varphi[O_2] - 3.3790\alpha_2\varphi[CO_2] - 0.1042\alpha_3T + 0.0437\varphi[O_2]^2 + 0.8697\varphi[CO_2]^2 + 7.175 \times 10^{-5}T^2 - 0.0127\varphi[O_2][CO_2] + 0.0030\varphi[O_2]T + 0.3414\varphi[CO_2]T + 1.4990t - 0.0440t^2 - 0.0373t\varphi[O_2] + 0.0087t\varphi[CO_2] + 0.0011T\varphi[O_2][CO_2] + 0.062t\varphi[O_2][CO_2]$$

2) 平菇

$$R_{O_2} = 1.0866 - 0.0004\varphi[O_2] - 1.7366\varphi[CO_2] - 0.05051T + 0.0584\varphi[O_2]^2 + 0.0853\varphi[CO_2]^2 + -0.0002T^2 + -0.0032\varphi[O_2][CO_2] + 0.0015\varphi[O_2]T + 0.0859\varphi[CO_2]T + 0.5979t + -0.0394t^2 + 0.0558t\varphi[O_2] + -0.0203t\varphi[CO_2] + 0.0014T\varphi[O_2][CO_2] + 0.0278t\varphi[O_2][CO_2]$$

$$R_{\text{CO}_2}=3.1304-0.0012\varphi[\text{O}_2]-2.085\varphi[\text{CO}_2]-0.0707\varphi[\text{CO}_2]T+0.3826t-0.0340t^2+0.0677t\varphi[\text{O}_2]-0.0220t\varphi[\text{CO}_2]+0.0015T\varphi[\text{O}_2\text{I}\text{CO}_2]+0.0340T^2-0.002\varphi[\text{O}_2\text{I}\text{CO}_2]+0.0019\varphi[\text{O}_2]T+0.0262t\varphi[\text{O}_2\text{I}\text{CO}_2]$$

表 1 草莓、平菇三次多项式呼吸模型参数

Tab.1 Tri-item model parameters of strawberries and mushrooms

草 莓						平 菇					
R_{O_2}			R_{CO_2}			R_{O_2}			R_{CO_2}		
参数值	标准差		参数值	标准差		参数值	标准差		参数值	标准差	
a_0	-13.2048	2.2320	a_0	-8.8594	2.2793	a_0	1.0866	4.570	a_0	3.1304	3.9426
a_1	-0.0204	0.0031	a_1	-0.0050	0.0011	a_1	-0.0004	0.0022	a_1	-0.0012	0.0008
a_2	-3.002	0.7726	a_2	-3.3790	0.9050	a_2	-1.7366	0.7657	a_2	-2.085	0.8080
a_3	-0.0594	0.0373	a_3	-0.1042	0.0418	a_3	-0.0051	0.0358	a_3	-0.0050	0.03582
a_4	0.0594	0.0037	a_4	0.0437	0.0020	a_4	0.0584	0.0030	a_4	0.0555	0.0015
a_5	0.5963	0.2264	a_5	0.8697	0.2512	a_5	0.0853	0.0379	a_5	0.1110	0.0433
a_6	7.029×10^{-5}	0.0001	a_6	7.175×10^{-5}	0.0002	a_6	-0.0002	0.0001	a_6	-0.0340	0.0083
a_7	-0.0230	0.0037	a_7	-0.0127	0.0030	a_7	-0.0032	0.0020	a_7	-0.0021	0.0012
a_8	0.0016	0.0009	a_8	0.0030	0.0010	a_8	0.0015	0.0010	a_8	0.0019	0.0011
a_9	0.4091	0.0330	a_9	0.3414	0.0339	a_9	0.0859	0.0166	a_9	0.0707	0.0093
a_{10}	1.6552	0.1447	a_{10}	1.4990	0.1641	a_{10}	0.5979	0.4297	a_{10}	0.3826	0.3836
a_{11}	-0.0484	0.0033	a_{11}	-0.0440	0.0037	a_{11}	-0.0394	0.0094	a_{11}	-0.0340	0.0083
a_{12}	0.0201	0.0472	a_{12}	-0.0373	0.0524	a_{12}	0.0558	0.0387	a_{12}	0.0677	0.0392
a_{13}	0.0059	0.0181	a_{13}	0.0087	0.0215	a_{13}	-0.0203	0.0077	a_{13}	-0.0220	0.0074
a_{14}	0.0004	0.0006	a_{14}	0.0011	0.0006	a_{14}	0.0014	0.0004	a_{14}	0.0015	0.0004
a_{15}	0.1968	0.0333	a_{15}	0.062	0.0154	a_{15}	0.0278	0.0260	a_{15}	0.0295	0.0262

2.3.2 米氏方程模型参数 将式(3)改写成

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{V_{\text{m}}}+\frac{K_{\text{m}}}{V_{\text{m}}\varphi[\text{O}_2]}+\frac{1}{K_i\cdot V_{\text{m}}}\varphi[\text{CO}_2]\quad(7)$$

通过测得包装袋内 $[\text{CO}_2]$ 和 $[\text{O}_2]$ 的体积分数,由公式(5)(6)计算出 R_{O_2} 和 R_{CO_2} 值后,使用统计回归软件按式(7)多重线性回归得出呼吸方程的参数,结果见表2,3.

表 2 草莓气调包装米氏方程模型参数

Tab.2 Michell-Menten model parameters of strawberries

温度/ ℃	$V_{\text{m}}/$ [mL/(kg·h)]	$K_{\text{m}}/$ (O_2 ,%)	$K_i/$ (CO_2 ,%)	R^2
R_{O_2} (氧气消耗率)模型中的参数值				
2	23.27 ±1.56	0.25 ±0.01	15.23 ±0.64	0.9984
6	27.36 ±1.22	0.92 ±0.031	22.11 ±0.57	0.9819
10	55.47 ±2.31	1.48 ±0.024	26.54 ±0.91	0.9979
20	177.44 ±2.11	4.39 ±0.54	42.21 ±1.03	0.9668
R_{CO_2} (二氧化碳产生率)模型中的参数值				
2	21.91 ±0.98	0.33 ±0.008	14.98 ±0.58	0.9569
6	28.63 ±2.25	0.99 ±0.009	21.46 ±0.61	0.9962
10	61.22 ±2.09	1.63 ±0.06	24.96 ±0.74	0.9941
20	182.14 ±1.87	4.56 ±0.009	44.28 ±0.63	0.9814

表 3 平菇气调包装米氏方程模型参数

Tab.3 Michell-Menten model parameters of mushrooms

温度/ ℃	$V_{\text{m}}/$ [mL/(kg·h)]	$K_{\text{m}}/$ (O_2 ,%)	$K_i/$ (CO_2 ,%)	R^2
R_{O_2} (氧气消耗率)模型中的参数值				
2	63.27 ±4.58	2.27 ±0.01	15.23 ±0.64	0.9984
6	77.36 ±1.22	3.92 ±0.031	25.18 ±0.57	0.9819
10	89.47 ±1.38	4.48 ±0.024	36.54 ±0.91	0.9979
20	157.48 ±2.11	4.31 ±0.54	52.27 ±1.03	0.9668
R_{CO_2} (二氧化碳产生率)模型中的参数值				
2	61.38 ±0.98	1.36 ±0.008	15.32 ±0.58	0.9569
6	78.69 ±2.25	1.99 ±0.009	21.74 ±0.61	0.9962
10	101.27 ±2.09	3.93 ±0.06	34.67 ±0.74	0.9941
20	172.66 ±1.87	5.55 ±0.009	34.20 ±0.63	0.9814

从表2,3中可以看出, V_{m} 随温度的升高而增大. V_{m} 的物理意义代表的是最大呼吸速率, V_{m} 与温度的关系满足Arrhenius方程.

2.4 模型结果比较

因米氏方程模型未考虑到温度对呼吸速率的影响,因此以6℃试验测定的值与6℃时的米氏方

程及三次项模型计算的值进行比较.从图 4 中可以看出,三次项模型的计算值和米氏模型的计算值与

测定值吻合,其中三次项模型的吻合度更高.

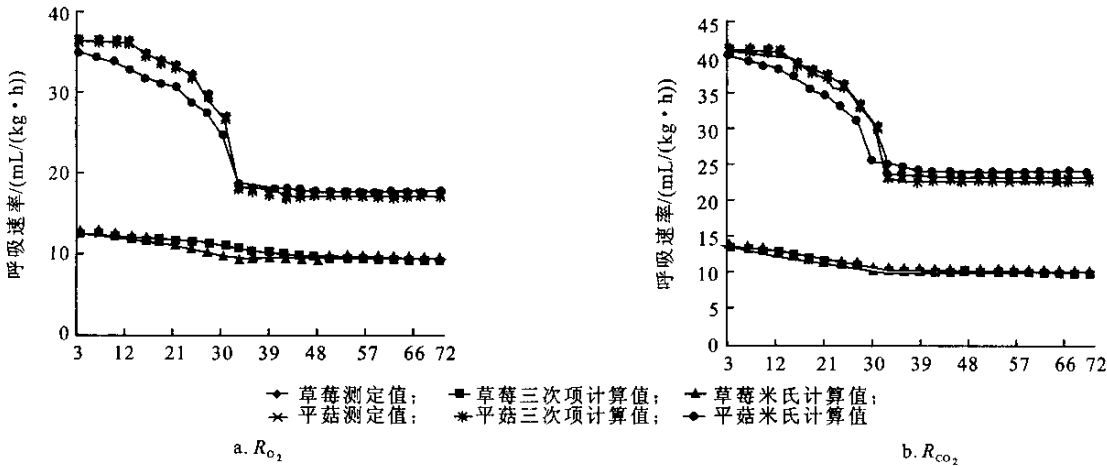


图 4 草莓、平菇呼吸速率三次项、米氏计算值与测定值的比较

Fig.4 Comparison of measured value with calculated values by Tri-item model and Michell-Menten model

3 结 论

1)对不同温度条件下草莓和平菇的呼吸特性进行了系统研究,结果表明温度和气调条件能有效地抑制呼吸作用的进行.

2)在前人工作的基础上建立了三次项呼吸速率模型:

草莓 : $R_{O_2} = -13.2048 - 0.0204\varphi[O_2] - 3.002\varphi[CO_2] - 0.0594T + 0.0594\varphi[O_2]^2 + 0.5963\varphi[CO_2]^2 + 7.029 \times 10^{-5}T^2 - 0.023\varphi[O_2][CO_2] + 0.0016\varphi[O_2]T + 0.409\varphi[CO_2]T + 1.6552t - 0.0484t^2 + 0.0201t\varphi[O_2] + 0.0059t\varphi[CO_2] + 0.0004T\varphi[O_2][CO_2] + 0.1968t\varphi[O_2][CO_2]$

$R_{CO_2} = -8.8594 - 0.0050\varphi[O_2] - 3.3790\alpha_2\varphi[CO_2] - 0.1042\alpha_3T + 0.0437\varphi[O_2]^2 + 0.8697\varphi[CO_2]^2 + 7.175 \times 10^{-5}T^2 - 0.0127\varphi[O_2][CO_2] + 0.0030\varphi[O_2]T + 0.3414\varphi[CO_2]T + 1.4990t -$

$0.0440t^2 - 0.0373t\varphi[O_2] + 0.0087t\varphi[CO_2] + 0.0011T\varphi[O_2][CO_2] + 0.062t\varphi[O_2][CO_2]$

平菇 : $R_{O_2} = 1.0866 - 0.0004\varphi[O_2] - 1.7366\varphi[CO_2] - 0.0051T + 0.0584\varphi[O_2]^2 + 0.0853\varphi[CO_2]^2 + -0.0002T^2 + -0.0032\varphi[O_2][CO_2] + 0.0015\varphi[O_2]T + 0.0859\varphi[CO_2]T + 0.5979t + -0.0394t^2 + 0.0558t\varphi[O_2] + -0.0203t\varphi[CO_2] + 0.0014T\varphi[O_2][CO_2] + 0.0278t\varphi[O_2][CO_2]$

$R_{CO_2} = 3.1304 - 0.0012\varphi[O_2] - 2.085\varphi[CO_2] - 0.0050T + 0.0555\varphi[O_2]^2 + 0.1110\varphi[CO_2]^2 - 0.0340T^2 - 0.002\varphi[O_2][CO_2] + 0.0019\varphi[O_2]T + 0.0707\varphi[CO_2]T + 0.3826t - 0.0340t^2 + 0.0677t\varphi[O_2] - 0.0220t\varphi[CO_2] + 0.0015T\varphi[O_2][CO_2] + 0.0262t\varphi[O_2][CO_2]$

3)三次项模型和米氏方程模型与计算值均比较吻合,但三次项模型略优于米氏方程模型.

参考文献:

[1] Kader A, Zagory D, Kerbel EL. Modified atmosphere package of fruits and vegetables[J]. **CRC-Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 1989, 28: 1-30.

[2] Ben-Yehoshua S, Shapiro B, Evenchen Z, et al. Mode of action of plastic film extending life of lemon and bell pepper fruit by alleviation of water stress[J]. **Plant Physiol**, 1983, 73: 87-93.

[3] Hayakawa K, Hening Y S, Gilbert S G. Formlae for predicting gas exchange of fresh produce in polymeric film package[J]. **J Food Sci**, 1975, 40: 186-191.

[4] Yang C C, Chinnan M S. Modeling the effect of O₂ and CO₂ on respiration and quality of stored tomatoes[J]. **Trans ASAE**, 1988, 31(3): 920-925.

[5] Talasila P C, Chau K V, Brecht J K. Effects of gas concentrations and temperature on O₂ consumption of strawberries[J]. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, 1992, 35: 221-224.

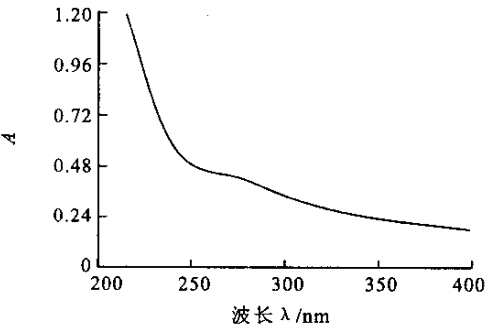


图 7 WGPP2 前紫外吸收光谱图

Fig.7 UV spectra of WGPP2 (without NaOH)

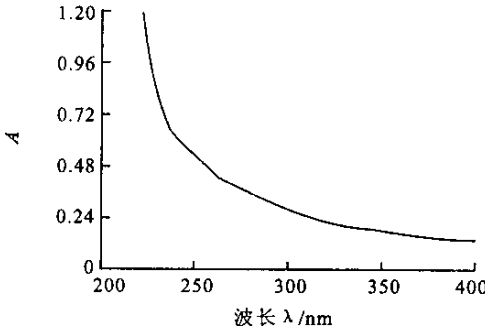


图 8 WGPP2 后紫外吸收光谱图

Fig.8 UV spectra of WGPP2 (with NaOH)

单糖与蛋白质中某一肽段的连接是糖蛋白的重要结构特征. 目前发现的多种连接方式中, 主要有两类 :一类是糖链与天冬酰胺连接, 称为 N-连接

参考文献 :

[1] Amado R , Arigoni E. Nutritive and functional properties of wheat germ[J]. **International Food Ingredients** , 1992 , 4 : 30 - 34.

[2] Ge Y , Sun A , Ni Y *et al* . Some Nutritional and functional properties of defatted wheat germ proteir[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** , 2000 , 48(12) : 6215 - 6218.

[3] Krings U , El Saharty Y S , Berger R G. Antioxidant activity of extracts from roasted wheat germ[J]. **Food Chemistry** , 2000 , 71(1) : 91.

[4] 李建武 ,袁明秀. 生物化学实验原理和方法[M]. 北京 : 北京大学出版社 , 1994. 216.

[5] Lowry O H , Rosebrough N J , Farr A L , *et al* . Protein measurement with the folin phenol reagen[J]. **J Biol Chem** , 1951 , 193 : 265 - 275.

[6] 张惟杰. 复合多糖生化研究技术[M]. 杭州 : 浙江大学出版社 , 1999. 37 - 38.

[7] Plarter J J , Carlson C M. Studies of mucin-tyoe glycoprotein[J]. **Anal Biochem** , 1975 , 65 : 153 - 163.

(责任编辑 : 杨 萌)

(上接第 29 页)

[6] Lee D S , Haggar P E , Lee J. *et al* . Model for fresh produce respiration in modified atmosphere based on principles of enzyme kinetic[J]. **J Food Sci** , 1991 , 56 : 1580 - 1585.

[7] Weichmann J. The effect of controlled atmosphere storage on the sensory and nutritional quality of fruits and vegetables[J]. **Hort Rev** , 1986 , 8 : 101.

[8] Makino Y , Iwasaki K , Hirata T. A theoretical model for oxygen consumption in fresh produce under atmosphere with carbon dioxide[J]. **J Agri Eng** , 1996a , 65 : 193 - 203.

(责任编辑 : 杨 勇)