

文章编号:1673-1689(2005)02-0055-05

冷冻甘薯片的护色工艺

李淑媛, 张 愍, 王亚楠

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214036)

摘 要: 冷冻甘薯片在贮藏过程中发生的褐变与多酚氧化酶(PPO)的活性呈正相关. 实验研究了甘薯片中多酚氧化酶的性质, 并采用各种护色剂抑制甘薯片在冷冻加工过程中产生的褐变. 结果表明, 甘薯中多酚氧化酶在 70 ℃下很不稳定, 随着恒温时间的延长, 活性迅速降低; 甘薯中多酚氧化酶的最适 pH 值分别为 5.0 和 7.5; 甘薯片的最佳护色方法为热处理结合护色剂, L-半胱氨酸是较理想的护色剂, 它不仅能够很好地抑制甘薯片在冷冻过程中发生的褐变, 而且对甘薯的营养成分如 VC 具有保护作用.

关键词: 冷冻甘薯片; 多酚氧化酶; 褐变

中图分类号: TS 205

文献标识码: A

Studies on Color-Protecting of Frozen Sweet Potato Slices

LI Shu-yuan, ZHANG min, WANG Ya-nan

(School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China)

Abstract: Browning of sweet potato slices during frozen storage was found to be correlated with polyphenol oxidase(PPO) activity. The aims of this paper were to determine the heat stability and optimum pH of PPO and to find the condition to inhibit browning of frozen sweet potato slices. The optimum pH of PPO was 4.5 and 7.5 and PPO became very unstable above 70℃. The best method to preserve the color of frozen sweet potato slices was to use color preserving agents combining with heat treatment. L-cysteine was the best agent for protecting color and vitamin C.

Key words: frozen sweet potato slices; polyphenol oxidase; browning

甘薯(*Ipomoea batatas*)是旋花科甘薯属的一个重要栽培品种, 又名甘薯、白薯、地瓜、番薯、山芋或红苕等. 甘薯原产于南美洲, 在我国已有 400 余年的种植历史, 种植区域除高寒地区外, 几乎遍布全国. 甘薯的营养价值较高, 富含淀粉, 一般占鲜甘薯质量分数的 15%~26%, 高的可达 30%左右, 其含量随品种的不同而异. 可溶性糖约占鲜甘薯质量

分数的 3%, 据测定, 每 100 g 鲜甘薯中蛋白质 2.3 g, 脂肪 0.2 g, 粗纤维 0.5 g, 矿物质元素 0.9 g(其中 Ca 18 mg, P 20 mg, Fe 0.4 mg), 胡萝卜素 1.31 mg, VC 30 mg, VB₁ 0.21 mg, VB₂ 0.04 mg, 尼克酸 0.5 mg, 热量 531.4 kJ, 其中 VB₁ 和 VB₂ 为米、小麦面粉的 2 倍, VE 为小麦的 9.5 倍, 维生素为米、小麦面粉的 10 倍. 此外甘薯还含有 18 种氨基酸, 所

收稿日期: 2004-06-30; 修回日期: 2004-09-25.

作者简介: 李淑媛(1979-), 女, 江西万载人, 食品科学与工程硕士研究生.

万方数据

含蛋白质虽然不及米和小麦面粉多,但是其生物价比米和小麦面粉高,且蛋白质的氨基酸组成全面。可见甘薯含有丰富的淀粉、维生素、纤维素等人体必需的营养成分,还含有丰富的镁、磷、钙等矿物质和亚油酸等,营养丰富^[1]。

甘薯中富含酚类物质,在冷冻过程中很容易由于氧化使颜色加深,产生褐变,从而严重影响外观,影响甘薯的商业价值。本实验探讨了甘薯片在冷冻过程中的防褐问题。

1 材料与方法

1.1 材料

原料采用江苏徐州生产的新鲜、表皮无霉、粗细均匀、无病虫害、个体完整的甘薯,品种为脱毒“徐薯18号”。

所用试剂均为分析纯。

1.2 实验方法

1.2.1 冷冻甘薯片的工艺流程 新鲜甘薯切片(约2 mm)→漂烫(沸水漂烫15 s)→浸泡、护色(浸泡时间30 min)→装盘→冷冻

1.2.2 冷冻甘薯片的护色方法 甘薯护色剂处理的原理,是利用添加剂通过物理或化学的方法使甘薯中的多酚氧化酶失活,或使褐色产物通过化学反应重新生成无色的物质,从而达到护色目的。护色剂的种类主要有酸性护色剂,如抗坏血酸(质量分数0.05%,0.10%,0.15%)^[3]、柠檬酸(质量分数0.01%,0.05%,0.10%)、草酸^[4];含硫护色剂,如L-半胱氨酸(质量分数0.05%,0.10%,0.15%)、亚硫酸钠(质量分数0.05%,0.10%,0.15%)^[3];蛋白酶护色剂^[5],如木瓜蛋白酶(质量分数0.2%,0.4%,0.6%)、菠萝蛋白酶(质量分数0.3%,0.5%,1.0%);金属螯合剂,如乙二胺四乙酸(EDTA)(质量分数0.05%,0.10%,0.15%)。

1) 木瓜蛋白酶的处理方法:将甘薯用清水洗净,切成4~5 mm的甘薯片,在100℃沸水中漂烫15 s,迅速冷却;冷却的甘薯片分别放入不同质量浓度木瓜蛋白酶溶液中,在60℃水浴中保温30 min后取出,放入冷柜(BC/BD-388A冷冻柜,青岛海尔特种电冰柜有限公司生产)中冷冻保藏。7 d后进行指标测试。

2) 菠萝蛋白酶的处理方法:将甘薯用清水洗净,切成4~5 mm甘薯片,在100℃沸水中漂烫15 s,迅速冷却;将冷却好的甘薯片分别放入不同质量浓度菠萝蛋白酶溶液中,在37℃水浴中保温1 h后取出,放入冷柜冷冻保藏。7 d后进行指标测试。

3) 其它护色剂的处理方法:将甘薯用清水洗净,切成4~5 mm甘薯片,在100℃沸水中漂烫15 s,迅速冷却,分别放入不同护色液中浸泡30 min后取出,于冷柜中冷冻保藏。7 d后进行指标测试。

1.2.3 甘薯中多酚氧化酶的提取 称取预先冷冻好的甘薯100 g与-26℃的丙酮400 mL混合,于高速组织捣碎机中捣碎,迅速离心(3 000 r/min,15 min),得到澄清粗酶液。制得的粗酶液保存在4℃冰箱(BCD-205UT电冰箱,青岛海尔股份有限公司产品)中冷藏待用^[2]。

1.2.4 甘薯中多酚氧化酶的热稳定性 吸取0.5 mL的粗酶液,分别在30,40,50,60,70,80℃温度下保温1,2,4,6,8,10 min,迅速冷却到室温。然后加入0.5 mL 0.015 mol/L邻苯二酚溶液2 mL, pH值6.5磷酸缓冲液,充分混匀后迅速用分光光度法在波长410 nm处测量其残留酶活。以未经热处理的酶活为100,热处理后的酶活为处理前酶活的百分数,即为该酶经热处理后的相对酶活。做出相对酶活-热烫时间曲线,从而确定多酚氧化酶的热稳定性。

1.2.5 多酚氧化酶pH值的稳定性 吸取粗酶液0.5 mL,底物0.015 mol/L邻苯二酚溶液0.5 mL, pH值分别为2.0,2.5,3.0,3.5,4.0,4.5,5.0,5.5,6.0,6.5,7.0,7.5,8.0的缓冲液2 mL,混合后迅速放入比色皿中,用分光光度法在波长410 nm处测定其在不同时间下的吸光度,从而确定多酚氧化酶在不同pH值下的酶活。以粗酶液最大吸光度的酶活为100,在其他条件下的酶活为最大吸光度酶活的百分数即为该酶在此pH值条件的相对酶活。

以多酚氧化酶的相对酶活为纵坐标, pH值为横坐标做出相对酶活-pH值关系曲线,从而确定多酚氧化酶的pH值的稳定性。

1.2.6 VC的测定方法 甘薯中VC的测定采用2,6-二氯酚方法^[6]。实验结果以每100 g样品中含VC的毫克数计。

1.2.7 感官评定的方法 采用排序法评定(国标GB 12315—90)。

1.2.8 褐变的测定方法 色差L值是表示亮度的一个指标,L值越大,表示越亮。甘薯片在冷冻加工过程中由于多酚氧化酶的氧化作用产生褐变,褐变的产生影响到了色差中的L值,褐变越严重,L值越低,因此本试验采用L值表示褐变程度的大小。实验样品的色差L值的测量采用WSC-S测色色差计(上海精密科学仪器有限公司产品)法。

2 结果与讨论

2.1 多酚氧化酶的热稳定性

多酚氧化酶对热非常稳定,图 1 是甘薯中多酚氧化酶的热稳定性曲线。从图中可以看出,随着恒温时间的延长相对酶活逐渐下降,当温度达到 70℃ 时,下降速率明显加快;当温度达到 80℃ 时,恒温 2 min 后,相对酶活只有 47%,说明多酚氧化酶大部分已失活。

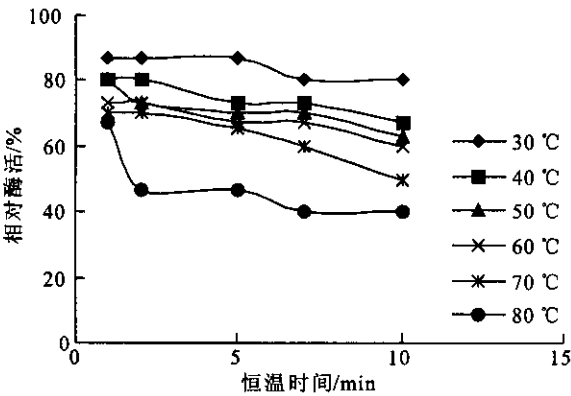


图 1 多酚氧化酶的热稳定性曲线
Fig. 1 The heat stability of PPO

2.2 多酚氧化酶 pH 值的稳定性

从图 2 可以看出,多酚氧化酶随着 pH 值的升高,相对酶活出现了 2 个峰值,分别是 pH 5.0 和 pH 7.5. 这说明多酚氧化酶在这 2 个 pH 值附近都具有很高的活性,尤其是在 pH 7.5 附近. 在 pH 值 3.0 以下,多酚氧化酶已基本失活,这可为加工过程中抑制多酚氧化酶的活性提供参考;加工过程中环境的 pH 值控制在 3.0 左右最好,否则也应尽量远离 pH 值 5.0~7.5 这一区域。

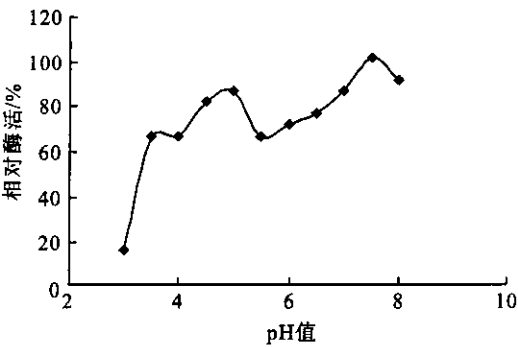


图 2 多酚氧化酶 pH 值的稳定性
Fig. 2 The pH stability of PPO

2.3 护色剂的效果比较

用于防止冷冻甘薯片褐变的护色剂很多,如调

节 pH 值使多酚氧化酶失活的添加剂有柠檬酸、草酸等;抑制酚类物质氧化反应的有亚硫酸钠、L-半胱氨酸;使褐色产物转变成无色物质的有 L-抗坏血酸. 通过螯合多酚氧化酶中的铜离子从而使多酚氧化酶失活的有 EDTA;分解多酚氧化酶从而使其失活的有木瓜蛋白酶、菠萝蛋白酶等。

2.3.1 护色剂对冷冻甘薯片色差 L 值的影响 图 3 是护色剂 L-半胱氨酸、抗坏血酸、柠檬酸、亚硫酸钠、EDTA 的质量浓度对甘薯片 L 值的关系. 从图中可以看出,应用 L-半胱氨酸作为护色剂的冷冻甘薯片, L 值最大,说明其褐变程度最小,且随着 L-半胱氨酸质量浓度的增加, L 值反而缓慢减小,表明 L-半胱氨酸并非质量浓度越大越好;相反,其质量浓度在比较低的情况下能明显抑制多酚氧化酶的活性. 亚硫酸钠和柠檬酸作为护色剂,冷冻甘薯片的 L 值相差不大,且随着质量浓度的增加,两者的 L 值均增大. EDTA 和抗坏血酸的效果略差于其他几种,其 L 值也是随着质量浓度的升高有所上升。

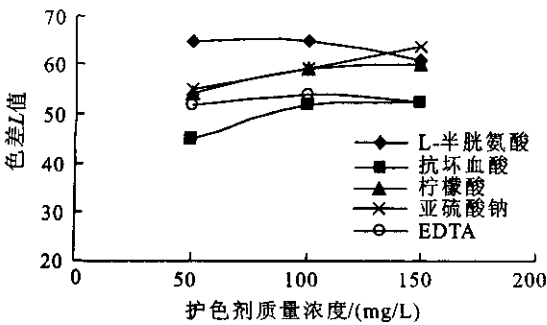


图 3 护色剂对色差 L 值的影响
Fig. 3 The effect of different agents on Hunter L

图 4 为护色剂木瓜蛋白酶和菠萝蛋白酶质量浓度对冷冻甘薯片色差 L 值的影响. 从图中可以看出,应用木瓜蛋白酶作为护色剂的冷冻甘薯片,其 L 值与护色剂质量浓度呈正比,护色剂的质量浓度越大,其 L 值越大;用菠萝蛋白酶做护色剂时,其 L 值与护色剂的关系不是很明显,且 L 值的绝对值较低,护色效果并不好。

结合图 3,4,以各种护色剂对应的最大 L 值与护色剂种类做图,得图 5. 从图 5 可以明显看出,各种护色剂对应的最大 L 值由大到小的排序为 L-半胱氨酸(100 mg/L)、亚硫酸钠(150 mg/L)、柠檬酸(150 mg/L)、木瓜蛋白酶(600 mg/L)、EDTA (100 mg/L)、抗坏血酸(150 mg/L)、菠萝蛋白酶(1 000 mg/L). 也就是说,通过 L 值评价护色效果,最好的是 L-半胱氨酸,其次是亚硫酸钠,效果最差的是菠萝蛋白酶。

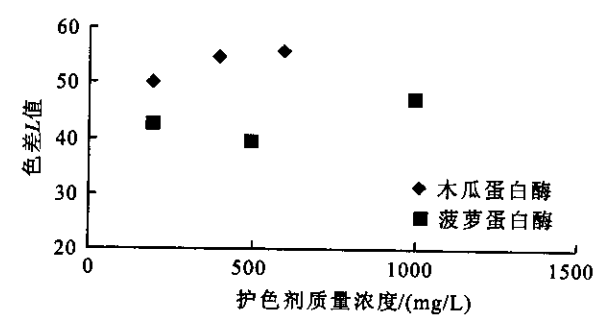
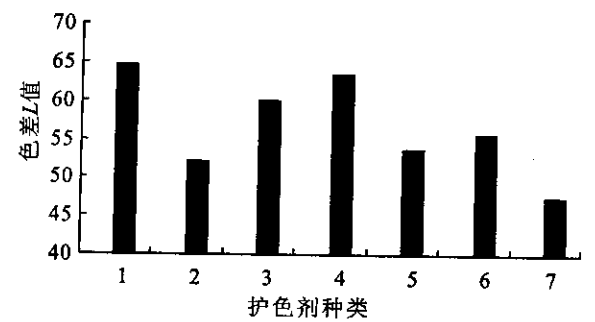


图 4 木瓜蛋白酶质量浓度与色差 L 值的关系

Fig. 4 The effect of concentration of papain and bromelin on Hunter L



1. 菠萝蛋白酶;2. 木瓜蛋白酶;3. EDTA;4. 亚硫酸钠;5. 柠檬酸;6. 抗坏血酸;7. L-半胱氨酸

图 5 护色剂与色差 L 值的关系

Fig. 5 The relation between agents and Hunter L

2.3.2 各种护色剂感官评价结果 感官评价也是一种重要的方法,食品质量的好坏、可接收性等最终由消费者的感官来评价,感官评价可以弥补实验数据评价带来的缺陷。

根据感官分析方法——排序法(GB 12315—90)对各种护色剂的护色效果进行排序,每种护色剂挑选其中一种最好的参与比较。护色剂有:L-半胱氨酸(A)、抗坏血酸(B)、柠檬酸(C)、亚硫酸钠(D)、EDTA(E)、木瓜蛋白酶(F)、菠萝蛋白酶(G)。根据国标规定,评价员人数需要 2 个以上专家或 5 个以上优选评价员,本实验选择 3 个专家对其进行评价,结果见表 1、2。

用 Friedman 检验对被检样品之间是否有显著性差别作出判定。

统计量 $F = [12/JP(P+1)] \times (R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_p^2) - 3J(P+1)$

式中: J 为评价员人数, P 为样品数; R_1, R_2, R_p 为每种样品的秩和;其中, $J = 3, P = 7, R_1 = 3, R_2 = 11, R_3 = 12, R_4 = 6, R_5 = 18, R_6 = 13, R_7 = 21$ 。

因此, $F = 16.85 > F_{0.01} = 16.81$,所以可以认为,在 0.01 显著水平上这 7 种样品的褐变程度有显著性差别。

经过多重比较和分组后确定 7 个样品的排序为:A、D、B、C、F、E、G,即 L-半胱氨酸、亚硫酸钠、抗坏血酸、柠檬酸、木瓜蛋白酶、EDTA、菠萝蛋白酶。这与通过色差 L 值的大小进行的排序(L-半胱氨酸、亚硫酸钠、柠檬酸、木瓜蛋白酶、EDTA、抗坏血酸、菠萝蛋白酶)略有差别,但总趋势相近,说明采用亮度 L 值表示冷冻甘薯片的褐变强度是可行的,但也要结合感官评定结果,最终还应以感官评定结果为准。

表 1 评价员的排序

Tab. 1 The sequence done by judges							
评价员	秩次						
1	A	D	C	B	F	E	G
2	A	D	F	B	C	E	G
3	A	D	B	C	F	E	G

表 2 样品的秩次和秩和

Tab. 2 The sequence and sum of samples								
评价员	样品							秩和
	A	B	C	D	E	F	G	
1	1	4	3	2	6	5	7	28
2	1	4	5	2	6	3	7	28
3	1	3	4	2	6	5	7	28
每种样品的秩和 R	3	11	12	6	18	13	21	84

2.3.3 护色剂对冷冻甘薯片中 VC 含量的影响 从图 6 可以看出,冷冻甘薯片中 VC 含量随着护色剂的不同而变化,对于同一种护色剂,其含量也会随着护色剂质量浓度的不同而变化。EDTA 对 VC 的影响最大,EDTA 的加入大大降低了甘薯中 VC 的含量,但 VC 含量与 EDTA 的质量浓度无关;柠檬酸对 VC 的影响很大,随着柠檬酸质量浓度的增加,VC 的含量具有上升趋势;抗坏血酸对 VC 的影响也比较大,随着其质量浓度的增大,VC 含量大大升高;亚硫酸钠对 VC 的影响相对较小,随着其质量浓度的增加,VC 的含量具有下降趋势;L-半胱氨酸对 VC 的含量影响最小,随着其质量浓度的增加,VC 含量迅速降低,尽管如此,其 VC 的含量也均高于其他护色剂。

从图 7 中可以看出,采用菠萝蛋白酶作护色剂的冷冻甘薯片中,VC 含量比用木瓜蛋白酶的高。结合图 6、7,以各种护色剂对应的 VC 含量的最大值与护色剂的种类做图,得到图 8。从图 8 可以明显看出,各种护色剂对应的最大 VC 的含量由大到小的

排序为 L-半胱氨酸(50 mg/L)、抗坏血酸(150 mg/L)、菠萝蛋白酶(1 000 mg/L)、柠檬酸(150 mg/L)、木瓜蛋白酶(1 000 mg/L)、亚硫酸钠(50 mg/L)、EDTA(100 mg/L). 也就是说,从对 VC 的保留程度来看,最好的是 L-半胱氨酸,其次是抗坏血酸,EDTA 最差.

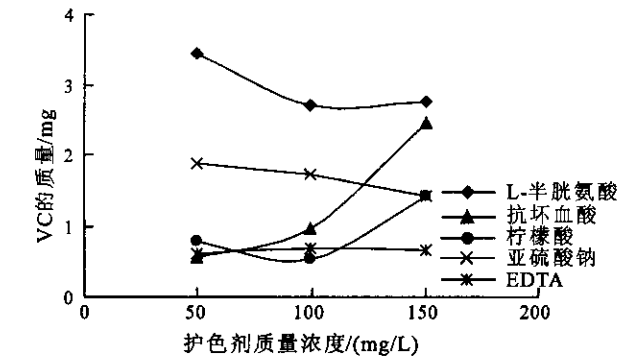


图 6 护色剂对冷冻甘薯片中 VC 的影响

Fig. 6 The effect of different agents on Vitamin C in frozen sweet potato slices

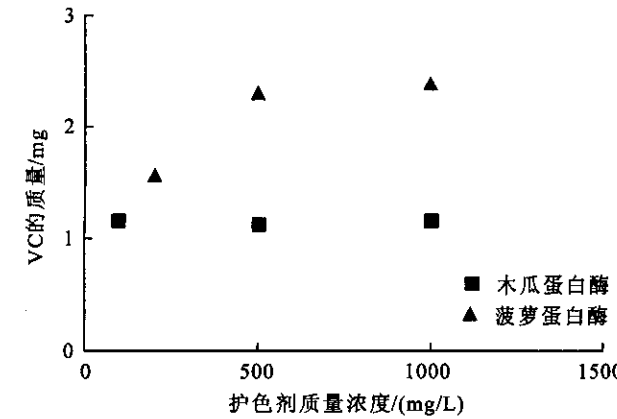
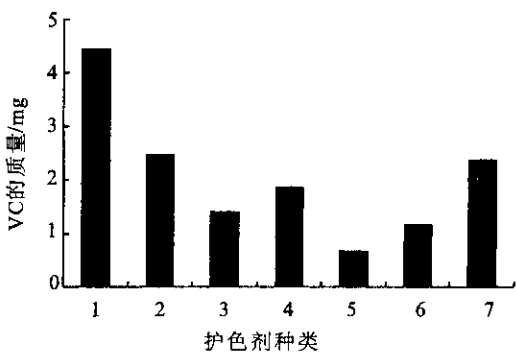


图 7 护色剂对冷冻甘薯片中 VC 的影响

Fig. 7 The effect of different agents on Vitamin C in frozen sweet potato slices



1. 菠萝蛋白酶;2. 木瓜蛋白酶;3. EDTA;4. 亚硫酸钠;5. 柠檬酸;6. 抗坏血酸;7. L-半胱氨酸

图 8 护色剂与甘薯片中 VC 的关系

Fig. 8 The relation between agents and Vitamin C

综合以上结果,L-半胱氨酸是比较理想的护色剂. 亚硫酸钠虽然效果也不错,但由于存在二氧化硫的超标问题,因而尽可能不用其作护色剂,其次,可选择抗坏血酸和柠檬酸.

3 结 论

1) 甘薯中多酚氧化酶的活性随着恒温时间的延长而缓慢下降,达到 70 ℃ 以上时,下降速率迅速加快,80 ℃ 恒温 2 min 多酚氧化酶大部分已失活.

2) 甘薯中多酚氧化酶在 pH 值 5.0 和 7.5 附近都具有很高的活性,而在 pH 值 3.0 以下,几乎全部失活.

3) 在各种护色剂中,L-半胱氨酸是抑制冷冻甘薯片发生褐变的最理想的护色剂,其次,可选择抗坏血酸和柠檬酸.

参考文献:

[1] 金文林. 特种作物优质栽培技术及加工技术[M]. 北京:化学工业出版社,2003. 248—358.

[2] 王璋. 食品酶学试验讲义[M]. 无锡:无锡轻工大学,2000.

[3] 罗志刚,姜绍通,杨连生,等. 抗坏血酸和亚硫酸钠在甘薯破碎中抗褐变的研究[J]. 食品工业科技,2002,23(5):52—53.

[4] Son S M, Moon K D, Lee C Y. Kinetic study of oxalic acid inhibition on enzymatic browning[J]. Journal of Agricultural and Chemistry,2000,48:2071—2074.

[5] Labuza T P, Lillemo J H, Taoukis P S. Inhibition of polyphenoloxidases by proteolytic enzymes[J]. Fluessiges-obst,1992, 59(1): 15—20.

[6] 黄晓钰,刘邻渭. 食品化学综合实验[M]. 北京:中国农业大学出版社. 2001.

(责任编辑:杨 勇)