

稻谷储藏过程中发热霉变研究进展

薛飞,渠琛玲*,王若兰,李慧

(河南工业大学粮油食品学院,河南郑州 450001)

摘要:受外界高温高湿环境条件、含水量等因素的影响,稻谷在储藏过程中易发生发热霉变的现象,严重影响稻谷品质及经济效益。本文详细综述了稻谷发热原因、发热类型以及稻谷霉变成因、霉变过程品质变化、霉变防控,为稻谷的安全储藏提供了依据。

关键词:稻谷,发热,霉变,防控

Progress on the fever and moldy of paddy during storage

XUE Fei, QU Chen-ling*, WANG Ruo-lan, LI Hui

(College of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Due to high temperature and high humidity environmental conditions and relative high moisture content, paddy was prone to fever and mildew in storage, which can cause quality deterioration of paddy and economic losses. In this paper, the reasons of rice fever, fever types, the reasons of mildew, quality changes, mildew control methods were reviewed, which supplied the foundation for safe storage of paddy.

Key words: paddy; fever; moldy; control

中图分类号: TS210.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)12-0338-04

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.12.063

稻谷是我国主要的粮食作物之一,产区遍及全国各地,稻谷年总产量高达2亿多吨^[1]。作为主要的粮食食用品种,供应着全世界一半以上的人口^[2]。稻谷相对于小麦来说,属于不耐储藏的品种,一般储备轮换年限为3年。据不完全统计,每年稻谷因在储藏过程中发生的仓储害虫、发热霉变以及自身陈化造成的损失,约占总储量的3.03%,达数百亿斤,损失超过200亿元^[3]。发热霉变会导致稻谷品质严重劣变,滋生大量霉菌,同时部分霉菌的生长繁殖会产生黄曲霉毒素、伏马毒素等真菌毒素,大部分毒素无法通过物理或者化学的方法清除,使得稻谷失去食用价值。

1 稻谷发热

1.1 发热原因

稻谷发热的原因主要包括生物因素和非生物因素两大类,生物因素有微生物、储粮害虫(昆虫、螨类等)、有机杂质等,非生物因素主要为环境温湿度。

1.1.1 稻谷籽粒 稻谷籽粒是活的生命体,在储藏过程中会进行有氧或无氧呼吸,尽管籽粒的呼吸强度相对于微生物或储粮害虫来说弱很多,但在温湿度增高时,与呼吸有关的酶类活性增强,呼吸强度显著增加,会释放大量热量。吴芳等^[4]研究了不同温度(20、30℃)、含水量(13.4%、14.5%、18.5%)条件下稻谷的

呼吸速率,并建立了稻谷呼吸速率的回归模型,数据显示当温度、含水量增加时,稻谷的呼吸速率由10~20 CO₂ mL/(kg·d)增加到了90~100 CO₂ mL/(kg·d),呼吸强度显著增强。稻谷因呼吸强度增强释放的热量可使粮堆出现发热情况,应引起足够重视。

1.1.2 微生物 大量研究发现,对储粮稳定性产生影响最大的微生物种类是霉菌。大多数霉菌生长繁殖的适宜温度范围为20~40℃,其中在28~30℃范围内生长繁殖最为旺盛^[5]。微生物活动在粮食发热过程中提供了大量的热量,霉菌的呼吸强度是粮食籽粒自身呼吸强度的上百倍乃至上万倍,正常干燥稻谷呼吸强度为0.1~1.2 CO₂ mL/(g·24 h),而经过培养2 d后生长的霉菌(黑曲霉)的呼吸强度则为1576~1870 CO₂ mL/(g·24 h)^[6]。粮食在入仓时携带了大量的微生物,在储藏的过程中,高温高湿的环境条件会促进微生物的生长繁殖,释放大量热量。田海娟等^[7]研究了稻谷在不同温度、相对湿度下进行储藏时的霉菌活动,温度30℃,相对湿度在70%~80%、80%~90%、大于90%范围内微生物活性分别增加252、220、597 u,高相对湿度极大程度上促进霉菌等微生物的活性,生理代谢活动大大加强。周建新等^[8]研究了不同储藏温度、含水量条件下稻谷霉菌的活动,结果表明,储藏的温度超过25℃时,不同含

收稿日期:2016-12-12

作者简介:薛飞(1994-),男,硕士研究生,研究方向:粮食储藏与品质保鲜,E-mail:15872384522@163.com。

*通讯作者:渠琛玲(1982-),女,博士,副教授,研究方向:粮食储藏与加工,E-mail:quchenling@163.com。

基金项目:“十三五”国家重点研发计划课题(2016YFD0400104)。

水量的稻谷霉菌量均显著增加,并且曲霉是优势菌,稻谷籽粒的水分与霉菌量的变化也密切相关,温度相同时,含水量越高,霉菌增长越快。

1.1.3 储粮害虫 在安全水分或安全水分以下储藏的稻谷,当储粮害虫爆发时,其生理代谢活动产生的热量能导致稻谷的含水量增大,引起粮堆局部发热。常见的储粮害虫包括米象、玉米象、赤拟谷盗和锈赤扁谷盗等^[9]。袁业宏^[10]进行的实仓实验表明,粮面以下3~4 m处,虫筛得到的玉米象7头/kg,谷蠹3头/kg,锈赤扁谷盗8头/kg,低密度的虫情仍能引起粮温的迅速上升,导致“窝状”发热。当外界环境适宜时,害虫的呼吸代谢作用更为旺盛,对粮温的影响更加巨大。

1.2 发热类型

根据发热部位的不同可将稻谷粮堆发热分为表层发热、底层发热、局部发热、全仓发热等。

稻谷表层发热是由于季节更替和气温变化使稻谷粮堆表层温度与仓内温度或粮堆内部温度的温差较大,或外界环境湿度大,表层稻谷通过毛细管吸收水分,表层出现结露现象,进而导致发热。发热部位多在上表层(粮面以下5~30 cm)^[11]。

底层发热主要是因为仓房地面防潮性能差,或稻谷入仓时机选择不正确,与地面产生较大温差而结露,稻谷吸湿使含水量增加,导致稻谷中下层或底层发热情况的产生。

局部发热的产生主要是因为局部杂质聚集、局部水分偏高和微生物的生长繁殖作用等产生的热量,此时的粮堆不仅孔隙度大大降低,聚集的热量不能及时散失,导致局部发热。

全仓发热主要是因为偏高水分的新稻谷不经烘干晾晒等处理直接入仓导致的,如若不及时进行通风降温降水处理,将造成巨大的经济损失。

2 稻谷霉变

稻谷霉变是指稻谷中的营养物质被粮堆中的微生物降解吸收,是一个连续的且具有一定发生发展阶段的过程。根据对营养物质分解利用的程度可划分为三个阶段:变质、生霉、霉烂^[12]。稻谷在储藏过程中最常见的微生物类群有放线菌、酵母菌、细菌和霉菌等^[13],其中对稻谷品质危害最大且最容易滋生的是霉菌。

2.1 霉变原因

稻谷霉变的发生一般与稻谷含水量、环境温湿度等紧密关联。正常储藏条件下,稻谷属于不易生长霉菌的品种,可能与稻壳的主要成分是霉菌难以分解利用的木质素有关^[14]。但当稻谷出现发热情况时,如不及时进行通风降温降水等有效处理,大多数霉菌会在适宜的温度、湿度条件下大量生长繁殖,稻谷中的有机质被逐渐消耗,霉菌菌落生长造成稻谷霉变板结。唐芳等^[15]研究了稻谷在不同温度(10、15、20、25、30、35℃)、不同含水量(12.5%、13.4%、14.5%、15.6%、16.2%)储藏条件下的霉菌生长情况,数据显示,含水量16.2%的稻谷在35℃条件下储藏40 d就能明显观察到菌丝的生长,并根据所得数据

建立了稻谷储藏温度、含水量对霉菌危害的预测模型。

2.2 霉变稻谷品质变化

稻谷籽粒的主要营养成分包括淀粉、纤维素、蛋白质、脂质、矿物质等,其中淀粉的含量占到了70%左右。微生物不能直接利用稻谷籽粒中的大分子物质,需利用胞外水解酶将稻谷中的大分子物质分解成小分子物质,再经细胞壁、细胞膜等的作用将小分子物质吸收,合成自身所需的营养物质^[16]。J K Misra等^[17]收集了储藏期在1~28个月的不同稻谷品种,使用琼脂平板法筛选霉菌菌群,还对样品的水分含量、发芽率、直链淀粉含量和胶稠度等品质指标进行了研究,结果表明,霉菌菌落数和稻谷品质指标之间存在显著的相关性。Noorlidah A等^[18]也研究了湿度对粮食霉菌活动的影响,以及品质的变化,结果表明,当水分活度(A_w)在0.65时,霉菌基本不生长,稻谷品质劣变不明显。

淀粉是稻谷的主要营养成分之一。研究表明,直链淀粉的含量能够直接影响大米蒸煮后的硬度和粘度等质构特性^[19]。雷玲等^[20]研究了不同稻谷品种在35℃高温条件下储藏6个月淀粉糊化特性的变化,结果表明,不同品种的稻谷的峰值粘度均有所增加,增幅约为500 cp,最终粘度增幅约为800 cp。霉菌等微生物主要将淀粉分解为葡萄糖、麦芽糖等糖类物质。黄永忠等^[21]研究了高温35℃条件下储藏40 d后还原糖和非还原糖含量的变化,实验结果表明,还原糖的含量呈逐渐上升的趋势。

稻谷中的脂肪含量低,但其含量与蒸煮食味品质性状间存在一定程度的内在联系^[22]。脂肪在储藏的过程中是非常不稳定的物质之一,常被霉菌等微生物分解得到脂肪酸等物质,导致稻谷的脂肪酸值升高。周建新等^[23]研究了相对湿度为85%时,不同温度对稻谷微生物区系和脂肪酸值的影响,结果表明,在该湿度条件下,霉菌和脂肪酸值都呈现逐渐增加的趋势,尤其30、35℃高温条件下储藏50 d后,脂肪酸值分别增加到41.1 mg KOH/100 g和42.5 mg KOH/100 g,增加了5.5倍和5.7倍,脂肪在高温条件下被霉菌等微生物严重分解利用,相关性分析表明霉菌量和脂肪酸值呈显著的二元线性关系。杨基汉等^[24]也研究了温度在25、30、35℃下,稻谷储藏20 d后,脂肪酸值分别达到15.9、17.1、23.3 mg KOH/100 g,储藏30 d后,脂肪酸值均超过宜存指标,随着储藏时间的延长,脂肪酸值的变化主要与霉菌的分解有关,经过相关性分析得到稻谷霉菌与脂肪酸值的相关系数为0.7985,呈正相关。其他学者^[25-26]的研究也表明脂肪酸值是一个用来评价稻谷储藏状态的显著指标。

2.3 稻谷霉变的防控

稻谷的防霉是产后储藏过程中亟待解决的问题。防霉剂能够有效地抑制稻谷霉菌的生长,实现安全储藏。防霉剂的主要作用是降低细胞内酶的活性、破坏霉菌等微生物的细胞结构,而且添加的防霉剂对人体、牲畜等无毒害作用^[27]。目前,新型防霉剂

的复配及研发成为国内外学者的重要研究方向。盛强等^[28]通过将食品级防霉剂双乙酸钠和山梨酸钾复配,制成复合防霉剂,按一定剂量与高水分稻谷(含水量15.6%、17.6%)混匀,进行常规储藏,同时设定空白组,结果表明,防霉剂量越大,防霉效果越好,而且经过90 d的储藏期后,脂肪酸值等品质指标仍在宜存范围内,该复合防霉剂对高水分粮食的储藏具有明显的保质保鲜效果。除了食品级防霉剂外,其他类型的防霉方法也逐步运用到储藏实践中。姚明兰等^[29]研究了臭氧处理对高水分稻谷品质与微生物数量的影响,结果表明,臭氧处理能显著降低稻谷中生长的微生物数量,霉变时间明显延迟,而且对稻谷感官品质和发芽率均没有产生影响。国外学者的研究结果也表明臭氧可以抑制霉菌等微生物的生长,杀灭储粮害虫,降低黄曲霉毒素的含量等,且对品质无明显影响^[30-31]。Weerachet等^[32]借助流化床等干燥机设备,将含水率20%~25%的稻谷在40~80℃的热空气条件下干燥至18%以下,然后在相对湿度60%~70%、温度18~30℃的热空气条件下进行就仓干燥至14%以下,结果表明,这种分段干燥方式可以获得较高的烘后品质,而且储藏稳定性大大提高,不易生霉。在降低稻谷含水量的基础上,通过机械通风、环流熏蒸、气调储粮等技术手段,就能保证稻谷的安全储藏。

2.4 霉变监测

稻谷霉变的监测对后期处理有着明确的指导意义。粮温的变化能直观反映稻谷的储藏状态,粮情测控系统的部分功能正是利用了霉菌等微生物生理活动产生大量热量导致粮温上升的原理,准确监测粮温的变化^[33]。感官检测在粮情监测方面具有重要的地位,有丰富经验的保管员能对储粮的情况作出准确可靠的判断,并拟定有效的处理措施。传统实验室检测一般通过平板菌落计数法直接取样培养,监测微生物的生长情况,该方法也是我国粮食食品监测的国家标准方法^[34],具有良好的重复性和平行性,能直接检测粮食内外菌及全菌情况,获得活菌的信息,但该方法微生物培养时间也比较长,大约一周时间才能得到检测结果,对操作人员和操作环境要求高,对粮堆的及时处理不利。另外,有研究者对储藏期间粮堆气体成分进行分析检测。霉变过程中微生物的生长代谢主要释放出烃类、醇类、醛类、羟基类和硫化物等气体成分,含量较高的是烃类物质^[35]。此外,根据仿生概念发明的电子鼻技术,作为粮食感官评价的一种延伸,在粮食储藏行业得到了快速发展^[36]。潘天红等^[37]利用自主研发的厚膜MOS气体传感器阵列的电子鼻装置,测得粮食霉变过程中挥发气体的响应数据,提取传感器与气味反应的特征值,采用径向基函数神经网络分析,准确判断稻谷的霉变情况,正确率高达92.19%,缺点是不能识别微生物种类。国外学者也通过研究CO₂等气体成分,证明霉菌等微生物的代谢程度与CO₂的释放速率有极为显著的相关性^[38-39]。近年来,一些高新检测技术高速发展,例如顶空固相微萃取—气质联用技术,在

气体分析检测方面日趋成熟。Janeš等^[40]利用HS-SPME/GC-MS技术分析谷物的挥发性成分,得出主要成分为(E,E)-2,4-癸二烯醛、2,5-二甲基-4-羟基-3(2H)-呋喃酮、苯乙醛等。

3 讨论

发热霉变是两个不同的发展过程,但又有着相互促进的关系。在稻谷日常储藏的过程中,发热霉变的现象时有发生,使稻谷在短时间内严重劣变。为了预防发热霉变,延缓品质变化,必须加强日常的管理,实时监测,建立及时的预警机制,采取切实可行的方法有效处理发热霉变的问题,保证储粮安全,减少储藏的损失。

参考文献

- [1] 孙强,刘心雨,张三元,等.我国稻米产业现状及发展对策[J].北方水稻,2011,41(4):69-71.
- [2] Seong Yeong Kim, Ho Lee. Effects of eating quality on milled rice produced from brown rice with different milling conditions [J]. The Korean Society for Applied Biological Chemistry, 2013, 56(5):621-629.
- [3] 云昌杰.我国农村储粮问题研究[J].粮食储藏,1996,25(4):24-27.
- [4] 吴芳,何洋,柳彩虹,等.自然带菌稻谷和玉米呼吸速率回归模型研究[J].粮食储藏,2016,45(3):24-27.
- [5] 舒在习,徐广文,周天智,等.储粮有害生物综合防治[J].粮食储藏,2007,36(5):3-6.
- [6] 陈福海,曹琨.综合储粮技术在处理粮堆发热中的应用[J].中国粮油学报,2006,21(3):380-383.
- [7] 田海娟,蔡静平,黄淑霞,等.稻谷储藏中温湿度变化与微生物活动相关性的研究[J].粮食储藏,2006(4):40-42.
- [8] 周建新,鞠兴荣,孙肖东.不同储藏条件下稻谷霉菌区系演替的研究[J].中国粮油学报,2008,23(5):133-136.
- [9] 马晓辉,王殿轩,李克强,等.中央储备粮中主要害虫种类及抗性状况调查[J].粮食储藏,2008(1):7-10.
- [10] 袁业宏.害虫引起粮堆“窝状”发热的处理措施[J].粮油仓储科技通讯,2016(2):47-48.
- [11] 罗斌,邓晓兵,陈红霞.储粮发热的系统研究[J].粮油仓储科技通讯,2006(1):23-26.
- [12] 韩玲.粮食霉变的阶段、预测及处理[C].中国粮油学会储藏分会第六次学术年会论文集,2009:309-310.
- [13] 负婷婷.稻谷储藏中水分含量与霉变关系的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.
- [14] 黄淑霞,蔡静平,田海娟.主要粮食品种储藏期间霉菌活动特性研究[J].中国粮油学报,2010,25(1):99-103.
- [15] 唐芳,程树峰,张海洋,等.稻谷储藏真菌危害早期预测的研究[J].粮食储藏,2015(1):24-32.
- [16] 蔡静平.储粮微生物活性及其应用的研究[J].中国粮油学报,2004,19(4):76-79.
- [17] Misra J K, Gergon E B, Mew T W. Storage fungi and seed health of rice: A study in the Philippines [J]. Mycopathologia, 1995, 131(1):13-24.
- [18] Noorlidah A, Nawawia A, Othman I. Fungal spoilage of starch-based foods in relation to its water activity (aw) [J].

Journal of Stored Products Research, 2000, 36: 47-54.

[19] 吴莉莉, 李琦, 熊宁, 等. 不同储藏条件对稻谷直链淀粉含量变化的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2015(12): 27-30.

[20] 雷玲, 孙辉, 姜薇莉, 等. 稻谷储存过程中品质变化研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(12): 101-106.

[21] 黄永忠. 高温高湿地区稻谷储藏品质变化[J]. 农业工程, 2014, 4(6): 71-73.

[22] 于永红, 周鹏, 段彬伍, 等. 水稻脂肪含量分布及与食味品质的相关性分析[J]. 浙江农业科学, 2006(6): 669-671.

[23] 周建新, 张瑞, 王璐, 等. 储藏温度对稻谷微生物和脂肪酸值的影响研究[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(1): 92-95.

[24] 杨基汉, 张瑞, 王璐, 等. 高湿条件下温度对储藏稻谷水分和脂肪酸值的影响研究[J]. 粮食储藏, 2011, 40(1): 45-47.

[25] Clarke P A. The effect of dehusking on the quality of brown rice[J]. Tropical Science, 1998, 28(2): 141-142.

[26] 朱有光, 张玉荣, 贾少英, 等. 国内外糙米储藏品质变化研究现状及展望[J]. 粮食与饲料工业, 2011(10): 1-4.

[27] 蒋伟鑫, 陈银基, 陈霞, 等. 高水分稻谷品质劣变与防控技术研究进展[J]. 粮食与饲料工业, 2014(6): 11-16.

[28] 盛强, 伍松陵, 王若兰. 复合型防霉剂对高水分稻谷的防霉保鲜效果研究[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(8): 77-80.

[29] 姚明兰, 包月红, 周建新, 等. 臭氧处理高水分稻谷储藏的研究[J]. 中国粮油学报, 2014, 24(8): 106-110.

[30] Tiwari B K, Brennan C S, Curran T, et al. Application of ozone in grain processing[J]. Journal of Cereal Science, 2010, 51(3): 248-255.

[31] Bock M D, Beeck M O D, Temmerman L D, et al. Ozone dose

-response relationships for spring oilseed rape and broccoli [J]. Atmospheric Environment, 2011, 45(9): 1759-1765.

[32] Weerachet J, George S, Robert D. Corn, rice, and wheat seed drying by two-stage concept [J]. Drying Technology, 2010, 28(6): 807-815.

[33] 王晶磊, 肖雅斌, 李增凯, 等. 储粮粮情测控系统的应用效果研究[J]. 粮食与食品工业, 2013, 20(5): 68-70.

[34] 中华人民共和国国家标准, GB/T 4789.15-2010, 食品微生物学检验霉菌和酵母计数[S]. 中华人民共和国卫生部, 2008-12-01.

[35] 任佳丽, 唐云鹏, 张紫莺, 等. 黄曲霉污染稻谷贮藏期间典型挥发性成分的变化[J]. 食品与机械, 2016, 32(8): 49-54.

[36] 韩枫, 蔡静平, 黄淑霞. 储粮昆虫及真菌危害实仓监测应用与研究进展[J]. 粮食与油脂, 2016, 29(4): 12-15.

[37] 潘天红, 陈山, 赵德安. 电子鼻技术在谷物霉变识别中的应用[J]. 仪表技术与传感器, 2005(3): 51-52.

[38] Bartosik R, Cardoso L, Rodriguez J. Early detection of spoiled grain stored in ermetic plastic bags (silo-bags) using CO₂ monitoring [C]. Proceedings of the 8th international conference on controlled atmosphere and fumigation in stored products. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 2008.

[39] Fernandez A, Strohshine R, Tuite J. Mold growth and carbon dioxide production during storage of high-moisture corn [J]. Cereal Chemistry, 1985, 62(2): 137-143.

[40] Janeš D, Kantar D, Kreft S, et al. Identification of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) aroma compounds with GC-MS [J]. Food Chemistry, 2009, 112(1): 120-124.

(上接第 337 页)

[38] 赵文竹, 张瑞雪, 于志鹏, 等. 食源性植物糖蛋白研究进展[J]. 食品工业科技, 2016, 37(22): 309-314.

[39] 王艳, 胡一鸿, 陈秋志, 等. 玉竹糖蛋白分离纯化及其体外抗氧化能力[J]. 食品科学, 2015, 36(2): 52-56.

[40] 吕婧. 魔芋甘露聚糖肽的制备工艺及理化特性研究[D]. 西安: 陕西科技大学, 2015.

[41] 袁菊如, 徐国良, 蒋维, 等. 紫山药糖蛋白提取工艺研究[J]. 食品工业, 2014, 35(7): 87-89.

[42] 邹柯婷, 李森, 陈双, 等. 玉竹糖蛋白的分离纯化及理化性质的研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(8): 191-197.

[43] WANG Y, ZOU TT, XIANG MH, et al. Purification and characterization of soluble glycoprotein from garlic (allium sativum) and its *in vitro* bioactivity[J]. Preparative Biochemistry & Biotechnology, 2016, 46(7): 709-716.

[44] HILZ H, JONG LE, KABEL M A, et al. A comparison of liquid chromatography, capillary electrophoresis, and mass spectrometry methods to determine xyloglucan structures in black currants [J]. Journal of Chromatography A, 2006, 1133(1): 275-286.

[45] SARBU M, ZHU F, PETER - KATALININ J, et al. Application of ion mobility tandem mass spectrometry to compositional and structural analysis of glycopeptides extracted from the urine of a patient diagnosed with Schindler disease [J]. Rapid Communications in Mass Spectrometry, 2015, 29(21):

1929-1937.

[46] 孙伟. 枸杞糖蛋白 LbGp5-B 的分离纯化及其 TV-糖链的结构解析[D]. 西安: 西北大学, 2015.

[47] SHIMURAK, KASAIK. Affinity Capillary Electrophoresis - A Sensitive Tool for the Study of Molecular Interactions and Its Use in Microscale Analyses [J]. Analytical Biochemistry, 1997, 251(1): 1-16.

[48] LI LM, WANG CJ, QIANG S, et al. Mass spectrometric Analysis of N-Glycoforms of Soybean allergenic Glycoproteins Separated by SDS-PAGE [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2016: 1-38.

[49] 王明丽, 韩大正, 晁玮霞, 等. 二维电泳和质谱技术鉴定肝细胞癌相关 N-连接糖蛋白 [J]. 解剖学报, 2015, 46(4): 495-502.

[50] 齐义军, 王攀, 牛保华, 等. 植物凝集素串联法富集纯化血清多个亚糖蛋白质组 [J]. 中国科学: 生命科学, 2011(5): 377-383.

[51] 邹宁, 宫卫东, 周媛, 等. ConA 识别的高甘露糖型糖蛋白在肿瘤患者血清中表达的研究 [J]. 广东医学, 2006, 27(6): 859-860.

[52] ROSENFELDF R, BANQIO H, GERWIQ GJ, et al. A lectin array-based methodology for the analysis of protein glycosylation [J]. Journal of Biochemical & Biophysical Methods, 2007, 70(3): 415-426.