

活性-智能包装在肉类工业中的应用进展

王长安, 陈杰, 陈玉婷, 邹永德, 李桢枝, 罗敏

(南海出入境检验检疫局, 南海 528200)

摘要: **目的** 对活性-智能包装在肉类工业中的应用进行综述, 为肉类保鲜提供研究依据。**方法** 从活性-智能包装(AIP)的主要类型、原理及其优缺点入手, 查阅相关文献, 重点论述了气体吸收/释放型、传感器型、指示器型和射频识别指示器等在肉类工业中的应用。**结果** 与传统包装相比, AIP 能更好地保证食品的质量安全。**结论** 开发新型天然抗菌包装以及各种 AIP 的组合应用, 将成为肉类包装工业应用研究的热点。

关键词: 活性-智能包装; 肉类; 细菌; 货架期

中图分类号: TB489 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)09-0130-05

Advances of Active and Intelligent Packaging Applications in Meat Industry

WANG Chang-an, CHEN Jie, CHEN Yu-ting, ZOU Yong-de, LI Rui-zhi, LUO Min

(Nanhai Entry-exit Inspection and Quarantine Bureau, Nanhai 528200, China)

ABSTRACT: The work aims to review the applications of active and intelligent packaging (AIP) in meat industry to provide a research basis for meat preservation. Starting with the main types, principles, and advantages and disadvantages of AIP, the applications of gas absorption/release systems, sensor, indicators and radio frequency identification (RFID) systems were mainly discussed based on related literatures. Compared with the traditional packaging, AIP can be more prospective in ensuring food quality and safety. The development of new natural antimicrobial package and the integrated application of a variety of AIPs will be the hot spots of application researches in the meat industry.

KEY WORDS: active and intelligent packaging; meat; bacteria; shelf life

肉类作为人体蛋白质、脂肪、维生素、矿物质等营养成分的重要来源, 近年来的消费量逐年攀升, 2015 年中国人均年消费量达到 59 kg^[1]。随着消费者对肉类品质、安全性等要求的提高, 以及食品生产、销售、储运方式的变化, 例如畜禽养殖规模化、屠宰加工方式集约化, 这均对食品包装提出了更高的要求。活性-智能包装(AIP)在肉类工业中的应用, 既能更好地保持肉类产品有消费者可以接受的颜色, 又能有效地减少肉类食品受到的物理、化学或微生物等方面的危害, 更好地保证了食品“生产-流通-消费”过程中的质量和安全^[2-10]。

1 活性食品包装

活性食品包装是一类能延长食品货架期、保持或

改善食品品质的包装。材料本身具有或预先加入特殊物质来释放或(和)吸收食品或(和)食品周围物质的能力, 但也可能会引起食品成份或感官特征的变化^[11-13]。

1.1 抗菌型

生鲜肉在加工、储运过程中极易腐烂变质, 并可能引发食源性疾病。抗菌包装能通过使用抗菌喷雾等方式抑制肉类表面微生物的生长, 达到延长其货架期保证肉类食品质量安全的目的^[14-19]。Kerry 等综述了不同包装形式用于肉类食品的抗菌效果^[9]。常见的商业化抗菌剂有 AgION™ 抗菌母料等, 然而抗菌剂在肉类表面分解, 或由表面渗入食品可能造成抗菌效果减弱。

1.2 湿度控制型

合适的湿度是保证食品质量的关键, 尤其是对多

收稿日期: 2016-10-20

作者简介: 王长安(1978—), 男, 南海出入境检验检疫局工程师, 主要研究方向为进出口食品及其包装的检验监管。

有渗出物的禽肉类产品。吸收其流出物后相对湿度降低,能抑制某些微生物的生长^[7,20]。湿度过低会加速肉类脂肪的氧化,使得肉质变硬、口感变差。

湿度的调控分为对液态水的吸收和湿气调节。前者多采用聚丙烯酸酯等高吸水性多层聚合物膜或纤维素垫片来实现;后者常使用湿度调节剂来控制,如 Showa Denko 将丙二醇夹在聚乙烯醇薄膜之间制成的 PITCHIT 膜,它可以将鱼类等的保质期延长 3~4 d,而且洗净后能多次使用^[11]。

1.3 气体吸收/释放型

O₂ 吸收型包装作为真空包装和气调包装 (MAP) 的有益补充,能有效延长肉类产品的货架期,减少因 O₂ 导致的颜色变暗、脂类氧化、微生物增加及营养流失,是目前商业化最为成功的预包装熟肉制品包装^[21-23]。Emco 公司的 ATCO[®] 用于预包装肉制品后,能吸收 10~20 mL 的 O₂, 目前该公司已开发出吸收 100~200 mL O₂ 的大容量标签。Cryovac 的紫外引发型 OS2000[™] 多层聚合物膜,实现了 O₂ 的可控清除,在 4~10 d 内可以将肉制品包装内 O₂ 的体积分数由 1% 降至百万分之一的级别。Kerry 等详细论述了 Ageless[®]、Freshpax[®] 在防止鲜牛肉变色、改善猪肉 (制品) 品质等方面的应用^[9]。

高含量 CO₂ 型包装有利于禽畜类食品的储存,如用于生鲜肉的 Verifrais[™]。它包含标准 MAP 的托盘,并置有含抗坏血酸和碳酸氢钠混合物的多孔小袋。当肉类渗出物滴落在小袋上后放出 CO₂, 能抑制微生物生长的同时及时补充被肉类吸收的 CO₂, 并避免由此引起的可能的包装塌陷。含有碱 (土) 金属 (氢) 氧化物的 CO₂ 吸收小袋,也能清除食品贮存过程中产生的 CO₂, 从而避免包装的胀裂^[3]。

当包装中残留的 O₂ 被清除或部分 CO₂ 溶于食品中后会形成部分真空,导致柔性包装的塌陷,此时包装中的 CO₂ 释放小袋若能在放出 CO₂ 的同时消耗 O₂, 则是最为理想的状态。Ageless[®] G, FreshPax[®] M 就是具有 CO₂ 释放、O₂ 吸收双重功能的活性装置^[11]。值得注意的是,利用活性包装抑制腐败菌生长的同时减少了菌类的竞争,有带来肉毒杆菌等致病菌的风险^[2]。

2 智能食品包装

智能食品包装是指能监测食品或包装内部环境变化的包装。它可以监测食品安全卫生状况,或/和提供食品存储、运输过程中时间/温度等独立变化的情况,具有监测数据不可逆,与食品质量状况响应良好等特点^[24-27]。目前,温度变化型、时间-温度相关型的指示器应用最为广泛,然而生产和应用成本较高、某些安全顾虑及相对有限的应用要求,都影响了

它在肉类工业中的应用。食品质量保障、产品追踪方面越来越大的压力,将会成为智能包装在肉类工业中拓展应用的巨大助力。

2.1 传感器型

2.1.1 气体型

气体传感器是一种通过物理参数变化,定量响应包装中特定气态分析物的设备。MAP 内部 O₂, CO₂ 浓度的相对变化,是肉制品质量的指示剂,它受到食品种类、储藏条件、包装材料及其完整性等的影响^[28-29]。目前主要有电化学 O₂ 传感器、CO₂ 电位传感器等^[2]。

传统型电化学 O₂ 传感器存在消耗分析底物 (O₂)、对 CO₂ 和 H₂S 有交叉敏感性和污染传感膜、破坏食品包装等的不足。光学型 O₂ 传感技术是一种非破坏、化学惰性、可穿过透明材料的气体分析手段。目前已有基于能量转换的 pH 敏感型相位荧光检测器,实现了利用单一装置同时测定 O₂, CO₂ 浓度,因此,气体传感型智能包装技术提供了一种快速、价廉地监测肉类质量及包装完整性方法^[30]。

2.1.2 荧光型

荧光型 O₂ 传感器是目前最有应用前景的肉类包装远程监测分析气体的方法^[2]。它的活性组件主要是包封在固体聚合物中的长延迟的荧光或磷光染料,如以 PS 封装的 Pt-卟啉。Kerry 等对食品包装用 O₂ 传感器的结构、染料及封装基材的选取等提出了具体要求^[9]。

包装内的 O₂ 通过扩散穿过传感敏感涂层,由碰撞而引发淬灭发光,从而根据预先设定的校准曲线来测量荧光参数的变化,实现 O₂ 的定量检测。该方法不消耗染料和 O₂, 无污染、无副产物生成,重现性良好,而且能与简单的光电测试装置 (如二极管) 相匹配,将由散射和样品荧光引起的干扰最小化,能长期操作而无需多次校准。目前已开发出价格低廉的可抛弃型 O₂ 荧光传感器。

2.1.3 生物传感型

生物传感技术的发展为其在肉类智能包装领域的应用提供了广阔的空间。这是一种便携式、有优异专一性和可信度的底物分析检测设备,它可将生物信号转化为可定量的电信号,实现相关生化反应信息的监测、记录、传输^[31]。Alocilja 等非常看好生物传感器在病原体、食品包装安全监测领域的发展^[32]。

Guard[™] 是一种印刷在聚乙烯基包装上的、含有抗体的生物传感器,可以监测沙门氏菌、大肠杆菌等病原体^[2]。监测过程出现阳性反应时,给出一个明显的视觉信号作为警示。Toxinguard[™] 不仅可以监测肉类新鲜度的变化,甚至可以给出某些特定药残或基因产品的信号。

2.2 指示器型

指示器是用来显示某种物质及其浓度的装置,以肉类食品相关的代谢物为指标物是它发展的基础,例如发酵过程的乙醇,它通过某种特征变化(尤其是颜色)来监测特定物质的浓度,多用于包装完整性的监测^[33-34]。与传感技术相比,指示器没有接收器和转换器部件,直接通过一个可视化的变化来传递信息^[2],甚至可用RFID阅读器来读取、存储。

2.2.1 泄露指示型

它可以反映食品流通过程中包装的完整性,一般通过可视性的颜色变化或与标准色卡的比对来实现,这种无创型的指示体系能提供定性或半定量的信息。

UPM公司有一种监测肉类MAP完整性的标签,含有的敏感性染料既能与O₂反应引起颜色的变化又能吸收O₂,这是一种成功的组合型AIP。MAP中仅有CO₂、N₂或二者混合物时,该标签是无色透明的,当包装泄露空气进入MAP后变为蓝色。与传统的人工确认包装完整性的方法相比,该监测方法更为快捷,却有敏感性过高(体积分数为0.1%的O₂足以引起颜色变化)等不足^[3]。

2.2.2 新鲜度型

该类包装可以提供微生物生长或生化反应的直接信息,如肉类挥发性代谢物(如胺类)浓度变化以及由此引起的pH变化,这取决于食品类型、腐败菌种类、储藏条件等^[9,35-37]。

氨基酸脱羧产生的胺类是微生物生长和食品腐败的重要指标。FQSI的SensorQ™标签,能监测挥发性的生物胺且不受MAP内气体的干扰。新鲜产品的标签显橘色,当细菌生长达到临界值后变为棕褐色。UPM有一种监测禽类或鱼类产品MAP中含氮化合物的指示器,同时能满足EU1935/2004的相关要求。

半胱氨酸的分解产物H₂S有强烈的异味,这是某些细菌导致畜禽类产品腐败过程中产生的。它与肌红蛋白结合后显绿色,这种颜色经琼脂糖固定化后可作为鸡肉新鲜度指标,而且不受N₂或CO₂的影响。

基于颜色变化的指示器最大问题是缺乏特异性,即某些化合物干扰目标代谢物的监测,进而影响对食品新鲜度变化的判断,这在某种程度上也阻碍了该类指示器的应用^[9,38]。生物传感器型和微电子技术型新鲜度监测器,对挥发性物质的变化响应非常敏感,它能够通过生物信号的转换、电性能变化,或结合其他理化参数的变化,来定量监测分析食品中的特定物质^[39]。

2.2.3 时间-温度型指示器(TTI)

高温条件下食物中的生化反应加剧,会导致食品变质加快,TTI则是能定量显示这种时间-温度相关性变化的装置,它能准确测量、记录食品生产到消费过

程中温度随时间的变化情况。TTI的使用是基于理化反应、酶或微生物的变化,通常以颜色变化来实现响应,这种响应是持续的、不可逆的。这就要求TTI与食品腐败变质过程有类似的反应活化能,失效时间与食品的保质期相关性良好,而且不会受到温度外其他环境因素的影响。目前市售TTI主要有3类^[2,40]。

1) 扩散型。Mark®是3M扩散型TTI,其能定量的响应是多孔卡纸上着色脂肪酸酯熔化后从原点扩散前端的距离。它的温度适用范围和响应寿命由酯的类型和浓度决定。

2) 酶促型。CheckPoint®是Vitsab酶促反应型TTI,它是由脂肪的酶促水解引起pH变化激活的,呈现琥珀色-橙色-紫红色的不可逆变化。该指示器包含独立的2部分:含脂类水解酶的溶液,脂类底物和悬浮于水性介质中的pH值指示器。该过程是在外力作用下,2部分包装破裂混合反应引发的。不同的酶-底物组合有不同的响应时间和温度。对于颜色的评价则根据包装附带的5个标准参照点颜色进行。

eO®是Cryolog的粘附型胶体垫片TTI,当食品质量恶化时,其颜色由原来的绿色变成红色,这是由于胶体中微生物增加后pH值变化所导致的。另外,可以将TRACEO®透明标签贴在冷冻产品的条码上,标签颜色变为红色后就不能再食用。

3) 聚合反应型。Fresh-Check®是基于特定单体的固相聚合反应引起的颜色变化设计的,能与某些食品的货架期相匹配。它在由温度激发活化前应冷藏保存。随着聚合反应的进行,活性标签会发生鲜红色到黑色的不可逆颜色变化。当中心圆环颜色比参照色浅,食品在保质期内时是安全的;当颜色变黑超过对比色时,无论食品是否在保质期内,都不再建议消费者购买。

基于有机染料设计的OnVu™ TTI,其颜色随时间变化的速率取决于温度的高低。该标签经UV光照射活化激发后,呈稳定的深蓝色,随着时间的延长、温度的升高最终变为白色。它可以以直接印刷或标签的形式使用。

2.3 射频识别(RFID)

RFID是以电子信息为基础的智能装置,它利用无线射频进行非接触双向通信的识别方式,来获取、存储、传输食品包装的实时信息。它的应用可以实现对食品“生产-运输-消费”全过程的追踪,这在产品追溯、仓储管理、保障食品质量等方面有无可比拟的优势^[41]。然而Dainelli等认为它与1935/2004/EC“智能包装”的定义不完全吻合^[42]。

RFID电子标签可以穿透非金属材料,置入包装内部也不会影响数据的准确性。它不仅可以存/取温度、相对湿度等实时数据,甚至可以写入食品

营养组分、烹调指引等信息^[43]。以 RFID 为基础的追踪体系提供了一种信息自动交换的方法, 国内外已有 RFID 用于活体动物出生到屠宰全过程的应用^[44—45]。2011 年深圳出入境检验检疫局已成功将 RFID 用于供港活禽质量的监测, 它包含了养殖场编号、用药情况、卫生证编号等内容, 实现了供港活禽从养殖到出口的全程追溯监管, 有力地保障了供港食品的安全。同时, 制定发布了《供港活猪产地全程 RFID 溯源规程》、《供港活禽产地全程 RFID 溯源规程》2 项行业标准。

尽管 RFID 的应用已经延伸至肉类加工的全过程, 但是没有专用数据读取设备, 消费者无法方便地获取 RFID 标识的肉制品信息。

3 结语

为了适应食品包装绿色环保、可持续发展的要求, 更好地实现 AIP 在肉类工业中的应用, 开发新型天然抗菌包装以及各种 AIP 的组合应用, 将会成为肉类包装工业发展的新趋势。

参考文献:

- [1] 蒋建科. 中国人均肉类年消费量 59 公斤[EB/OL]. 2016-6-7, <http://finance.people.com.cn/n1/2016/0607/c1004-28416279.html>.
JIANG Jian-ke. Annual Per-Capita Meat Consumption to 59 kg in China[EB/OL]. 2016-6-7, <http://finance.people.com.cn/n1/2016/0607/c1004-28416279.html>.
- [2] TOLDRA F. Meat Biotechnology[M]. Springer New York, 2008.
- [3] AHVENAINEN R. Novel Food Packaging Techniques[M]. Cambridge: Woodhead Publishing LTD, 2003.
- [4] PEREIRA DE ABREU D A, CRUZ J M, PASEIRO LOSADA P. Active and Intelligent Packaging for the Food Industry[J]. Food Reviews International, 2012, 28(2): 146—187.
- [5] LEE Y, LEE J, DONG S C, et al. Current Topics in Active and Intelligent Food Packaging for Preservation of Fresh Foods[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2015, 95(14): 2799—2810.
- [6] REALINI C E, MARCOS B. Active and Intelligent Packaging Systems for a Modern Society [J]. Meat Science, 2014, 98(3): 404—419.
- [7] HAN J H. Innovations in Food Packaging[M]. San Diego: Academic, 2014.
- [8] ROBERTSON, G L. Food Packaging: Principles and Practice[M]. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2013.
- [9] KERRY J P, O'GRADY M N, HOGAN S A. Past, Current and Potential Utilization of Active and Intelligent Packaging Systems for Meat and Muscle-based Products: A Review[J]. Meat Science, 2006, 74: 113—130.
- [10] NOBILE M A D, CONTE A. Packaging for the Preservation[M]. New York: Springer Science & Business Media, 2013.
- [11] BRODY A L, STRUPINSKY E R, KLINE L R. Active Packaging for Food Applications[M]. New York: CRC Press LLC, 2001.
- [12] CAMO J, LORES A, DJENANE D, et al. Display Life of Beef Packaged with an Antioxidant Active Film as a Function of the Concentration of Oregano Extract[J]. Meat Science, 2011, 88: 174—178.
- [13] PRASAD P, KOCHHAR A. Active Packaging in Food Industry: A Review[J]. Iosrjournals Org, 2014, 8(5): 1—7.
- [14] PEZZUTO A, LOSASSO C, MANCIN M, et al. Food Safety Concerns Deriving from the Use of Silver Based Food Packaging Materials[J]. Frontiers in Microbiology, 2015, 6: 1—7.
- [15] LLORENS A, LLORET E, PICOUE T P A, et al. Metallic-based Micro and Nanocomposites in Food Contact Materials and Active Food Packaging[J]. Trends in Food Science & Technology, 2012, 24(1): 19—29.
- [16] PANE A B, RIPOLL G, GONZALEZ J, et al. Effect of Nanocomposite Packaging Containing Different Proportions of ZnO and Ag on Chicken Breast Meat Quality[J]. Journal of Food Engineering, 2014, 123(2): 104—112.
- [17] SUNG S Y, SIN L T, TEE T T, et al. Antimicrobial Agents for Food Packaging Applications [J]. Trends In Food Science & Technology, 2013, 33(2): 110—123.
- [18] IRKIN R, ESMER O K. Novel Food Packaging Systems with Natural Antimicrobial Agents [J]. Journal of Food Science & Technology, 2015, 52(10): 6095—6111.
- [19] GYAWALI R, IBRAHIM S A. Natural Products as Antimicrobial Agents[J]. Food Control, 2014, 46: 412—429.
- [20] TABANELLI G, MONTANARI C, GRAZIA L, et al. Effects of a(w) Packaging Time and Atmosphere Composition on Aroma Profile, Biogenic Amine Content and Microbiological Features of Dry Fermented Sausages[J]. Meat Science, 2013, 94(2): 177—186.
- [21] ARVANITOYANNIS I S, STRATAKOS A C. Application of Modified Atmosphere Packaging and Active/Smart Technologies to Red Meat and Poultry: A Review[J]. Food & Bioprocess Technology, 2012, 5(5): 1423—1446.
- [22] BUYS E M. Color Changes and Consumer Acceptability of Bulk Packaged Pork Retail Cuts Stored Under O₂, CO₂ and N₂[J]. Meat Science, 2004, 68(4): 641—647.
- [23] KAVIANI M, AZIZIZADEH S, TOMOVSKA J, et al. A Short Review on Application and Comparison of Novel Active Packaging and MPA in Meat Packaging and Meat Products [J]. International Journal of Phar-

- maceutical Research & Allied Sciences, 2015, 4(2): 26—28.
- [24] MOHEBI E, MARQUEZ L. Intelligent Packaging in Meat Industry: An Overview of Existing Solutions[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(7): 3947—3964.
- [25] DOBRUCKA R, CIERPISZEWSKI R, KORZENIOWSKI A. Intelligent Food Packaging-research and Development[J]. Scientific Journal of Logistics, 2015, 11(1): 7—14.
- [26] GHAANI M, COZZOLINO C A, CASTELLI G, et al. An Overview of the Intelligent Packaging Technologies in the Food Sector[J]. Trends in Food Science & Technology, 2016, 51: 1—11.
- [27] ZAHERA D, MOHAMMED B, ZAKI S, et al. The Performance of Intelligent Packaging in the Planning of Poultry Supply Chain[J]. Management, 2014, 4(1): 1—9.
- [28] PULIGUNDLA P, JUNG J, KO S. Carbon Dioxide Sensors for Intelligent Food Packaging Applications[J]. Food Control, 2012, 25(1): 328—333.
- [29] BORCHERT N B, KERRY J P, PAPKOVSKY D B. A CO₂ sensor Based on Pt-porphyrin Dye and FRET Scheme for Food Packaging Applications[J]. Sensors Actuators B Chemical, 2013, 176(1): 157—165.
- [30] KERRY J P, PAPKOVSKY, D B. Development and Use of Non-destructive, Continuous Assessment, Chemical Oxygen Sensors in Packs Containing Oxygen Sensitive Foodstuffs[J]. Research Advances in Food Science, 2002, 3: 121—140.
- [31] DEVI R, YADAV S, NEHRA R, et al. Electrochemical Biosensor Based on Gold Coated Iron Nanoparticles/Chitosan Composite Bound Xanthine Oxidase for Detection of Xanthine in Fish Meat[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 115(2): 207—214.
- [32] ALOCILJA E C, RADKE S M. Market Analysis of Biosensors for Food Safety[J]. Biosensors and Bioelectronics, 2003, 18(6): 841—846.
- [33] BIJI K B, RAVISHANKAR C N, MOHAN C O, et al. Smart Packaging Systems for Food Applications: A Review[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(10): 6125—6135.
- [34] CALEB O, MAHAJAN P, AL-SAID F, et al. Modified Atmosphere Packaging Technology of Fresh and Fresh-cut Produce and the Microbial Consequences-A Review[J]. Food & Bioprocess Technology, 2013, 6(2): 303—329.
- [35] HONG X, WANG J, HAI Z. Discrimination and Prediction of Multiple Beef Freshness Indexes Based on Electronic Nose[J]. Sensors Actuators B Chemical, 2012, 161(1): 381—389.
- [36] HUANG X, XIN J, ZHAO J. A Novel Technique for Rapid Evaluation of Fish Freshness Using Colorimetric Sensor Array[J]. Journal of Food Engineering, 2011, 105(4): 632—637.
- [37] HUANG X, ZOU X, SHI J, et al. Determination of Pork Spoilage by Colorimetric Gas Sensor Array Based on Natural Pigments[J]. Food Chemistry, 2014, 145(4): 549—554.
- [38] KUSWANDI B, JAYUS, OKTAVIANA R, et al. A Novel On-package Sticker Sensor Based on Methyl Red for Real-time Monitoring of Broiler Chicken Cut Freshness[J]. Packaging Technology Science, 2014, 27(1): 69—81.
- [39] YU H, WANG J, XIAO H, et al. Quality Grade Identification of Green Tea Using the Eigenvalues of PCA Based on the E-nose Signals[J]. Sensors and Actuators B Chemical, 2009, 140(2): 378—382.
- [40] KIM K, KIM E, LEE S J. New Enzymatic Time-temperature Integrator (TTI) that Uses Lac-case[J]. Journal of Food Engineering, 2012, 113: 118—123.
- [41] SHI Y, PAN Y, LANG W. The RFID Application in Logistics and Supply Chain Management[J]. Research Journal of Applied Sciences, 2012(1): 57—61.
- [42] DAINELLI D, GONTARDB N, SPYROPOULOS D, et al. Active and Intelligent Food Packaging: Legal Aspects and Safety Concerns[J]. Trends in Food Science & Technology, 2008, 19(1): 103—112.
- [43] TOWNSEND A, MENNECKE B. Application of Radio Frequency Identification (RFID) in Meat Production: Two Case Studies[J]. CAB Reviews Perspectives in Agriculture Veterinary Science Nutrition and Natural Resources, 2008, 3(7): 1—10.
- [44] FENG J, FU Z, WANG Z, et al. Development and Evaluation on a RFID-based Traceability System for Cattle/Beef Quality Safety in China[J]. Food Control, 2013, 31(2): 314—325.
- [45] SARAC A, ABSI N, DAUZERE-PERES S. A Literature Review on the Impact of RFID Technologies on Supply Chain Management[J]. International Journal of Production Economics, 2010, 128(1): 77—95.