

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.04.020

新型食品包装材料研究进展

苏 振¹, 亢诗雨¹, 钱晨玮², 陈晓君¹, 王 超³

(1. 南京工业大学 化学与分子工程学院, 江苏 南京 211800;

2. 南京工业大学 海外教育学院, 江苏 南京 211800;

3. 国家粮食和物资储备局科学研究院, 北京 100037)

摘 要: 随着食品加工产业的进一步发展, 食品质量和安全越来越受到公众重视, 为了保护食品品质和延长食品货架期, 开发新型包装材料具有重要意义。主要介绍了四种新型包装材料, 包括抗菌材料、气调材料、控释材料和智能材料, 总结各种包装材料的特点以及在食品包装领域的研究进展, 并对未来食品包装材料的发展趋势进行展望。

关键词: 包装材料; 抗菌; 控释技术; 智能材料; 气调材料

中图分类号: TS206.4 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)04-0126-06

Research progress of novel food packaging materials

SU Zhen¹, KANG Shi-yu¹, QIAN Chen-wei², CHEN Xiao-jun¹, WANG Chao³

(1. College of Chemistry and Molecular Engineering, Nanjing Tech University, Nanjing, Jiangsu 211800,

China; 2. College of Overseas Education, Nanjing Tech University, Nanjing, Jiangsu 211800, China;

3. Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China)

Abstract: With the further development of food processing industry, food quality and safety have been paid more and more attention by the public. In order to protect food quality and extend the shelf life, it is of great significance to develop new packaging materials. In this paper, four types of new packaging materials were introduced, including antibacterial materials, air-conditioned materials, controlled-release materials and intelligent materials. The characteristics of various packaging materials and their research progress in the field of food packaging have been summarized. Moreover, the development trend of food packaging materials has been prospected.

Key words: food packaging materials; antibacterial; release-controlling technique, intelligent materials; air-conditioned materials

食品中含有大量的水分、碳水化合物、蛋白质等, 易在适宜的温度、湿度等条件下受到微生物的影响, 发生霉变、腐败, 乃至变质等现象, 这些对食品安全构成一定威胁。如何有效地抑制微生物污染, 延长货架期, 对于我国保障食品质量安全具有重要意义。食品包装技术是一种传统

且行之有效的方法, 可以通过简单的物理隔离、气氛调节、投放干燥剂或防腐剂等方式, 尽量降低环境因素对粮油粮食的影响。

本文依据食品包装材料的结构和性能特性, 将包装材料主要分为抗菌材料、气调材料、控释材料和智能材料等四个主要类型, 进行简要介绍和归纳总结。

1 食品包装材料分类

1.1 抗菌包装材料

在 高 分 子 基 材 中 直 接 掺 入 抗 菌 剂, 抗 菌 剂 在

收稿日期: 2020-02-12

基金项目: “十三五”国家重点研发计划(2017YFC1600604)

作者简介: 苏振, 男, 1996 年出生, 在读硕士生, 研究方向为新型食品包装材料。

通讯作者: 陈晓君, 女, 1977 年出生, 博士, 教授, 研究方向为纳米材料构建、生物传感技术和食品安全评价。

包装内部通过直接接触商品或扩散等方式,对有害微生物产生抑制和杀灭作用,从而达到提高食品品质、延长货架期的效果。另外,纳米抗菌材料掺入高分子聚合物中还会形成较强的键合力,有利于改善材料本身的机械强度和韧性^[1]。根据复合材料中抗菌物质的种类,可分为无机类抗菌材料、有机类抗菌材料和生物提取类活性抗菌材料。

1.1.1 无机类抗菌材料

无机类抗菌材料是一种将无机抗菌剂掺入包装材料中达到抗菌效果的一类材料。常用的无机类抗菌材料根据抗菌机理的不同,通常可分为金属离子负载型抗菌材料和光催化型抗菌材料。

综合考虑金属离子杀菌效果的能力大小($Hg > Ag > Cd > Cu > Zn > Fe > Ni$)和生物安全性,常用的金属离子无机抗菌剂如银、铜、锌等^[2],当 Ag 纳米粒子粒径小于 20 nm 时,它可与细胞膜中含 S 蛋白成分作用,破坏细胞结构导致细胞死亡^[3]。如图 1 所示, Ma 等将粒径为 3~6 nm 的银纳米粒子通过络合作用负载于纳米晶体纤维素(NCC)上,制备了 NCC-Ag 纳米复合材料,实验证明该

复合材料对革兰氏阴性大肠杆菌和革兰氏阳性金黄色葡萄球菌均表现出良好的抗菌活性^[4]。李田等^[5]实验证实了银基蒙脱土(Ag-MMT),对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌均具有良好的抗菌效果。

光催化型无机抗菌材料如二氧化钛(TiO_2)、氧化锌(ZnO)等通过吸收紫外光,激发材料表面或环境中的氧气和水,产生活性氧(ROS),与细胞膜内蛋白质发生反应,使细胞生化功能紊乱;同时静电作用和金属离子溶出也对细胞膜有破坏作用^[6]。Jafarzadeh 等^[7]将 ZnO 纳米棒($ZnO-NR$)与纳米级高岭土混合,加入到小麦粉膜基质中,采用溶剂浇筑法制备了纳米复合膜,对大肠杆菌具有独特的抗菌活性。研究者还发现,随着 $ZnO-NR$ 浓度的提高,膜的透氧性(OP)下降;随着高岭土含量的增加,膜的热密封性能得到提升,二者的协同作用进一步提高了粮食保存质量。

总之,无机类抗菌材料大多具有较高的稳定性,对大多数微生物具有高效的抑制作用,但批量生产工艺要求高、且成本高昂,在实际应用中具有一定局限性。

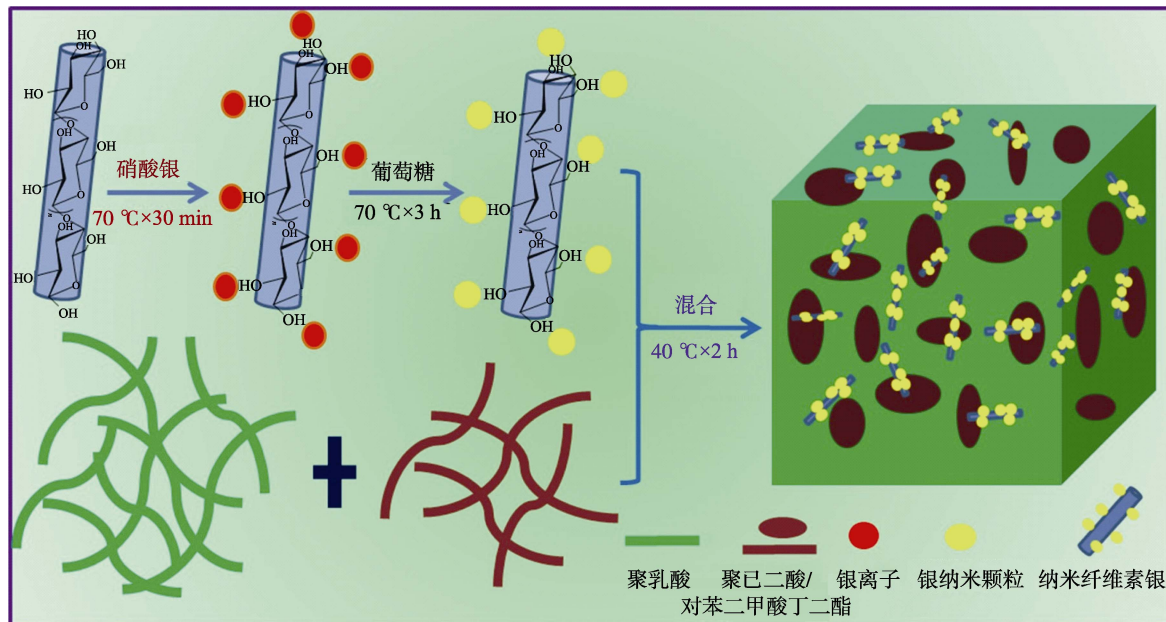


图 1 NCC-Ag 和 PLA/PBAT/NCC-Ag 纳米复合材料的制备路线^[10]

1.1.2 有机类抗菌材料

有机类抗菌材料是一类具有抗菌活性的有机物质,主要包括酚类、醇类、季铵盐类、卤化物类等。通过化学键与细胞表面阴离子结合或与巯基反应从而破坏细胞蛋白质活性,达到抑制微生

物繁殖和生长的目的^[8]。其中,季铵盐类物质通过吸附带有负电荷的微生物,破坏微生物细胞结构,从而使内容物外泄,达到杀灭微生物的目的。解冰等^[9]通过化学交联法和流延法,以环氧氯丙烷为交联剂制备了交联壳聚糖季铵盐(CTCC)

薄膜, 对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和铜绿假单胞菌具有优良的抗菌活性, 最小抗菌浓度 (MBC) 分别为 320、2 560 和 160 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。有机酚类物质抗菌机理为与细胞膜上的脂质和蛋白质物质反应, 使其失去活性而发挥抗菌作用^[10]。唐川等^[11]将丁香酚 (EG) 采用超临界溶液浸渍技术 (SSI) 负载在壳聚糖 (CS) 膜中, 制备具有抗菌活性的食品包装膜。抗菌实验表明 EG-CSF 对金黄色葡萄球菌、绿脓假单胞菌、大肠杆菌均有较好的抑制作用, 在食品活性包装领域具有应用潜力。

有机类抗菌材料优点在于抗菌效果及时, 且具有广谱性; 但化学稳定性较差, 易失效, 所以在应用于包装材料时应考虑其稳定性。

1.1.3 生物提取类抗菌活性物质

生物提取类抗菌活性物质是一类从动植物原料中提取的具有抗菌性能的物质, 如植物精油、酶、纳他霉素、聚乳酸、壳聚糖等。植物精油属于混合物, 成分复杂, 主要通过破坏细胞膜使细胞内容物外泄, 导致新陈代谢紊乱^[12]。Noshirvani 等^[13]研究发现, 肉桂精油可用于壳聚糖-羧甲基纤维素薄膜的增塑, 在保持抗菌活性的同时, 还能提高膜的透湿性。Liu 等^[14]采用静电纺丝技术, 制备了可用于草莓保鲜的聚乳酸 (PLA)/碳纳米管 (CNTs)/壳聚糖 (CS) 复合纤维材料, 对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、灰霉病菌和根茎杆菌均有较好的抗菌活性 (图 2)。而且, CS 含量为 7% 时, 最容易吸附于细胞表面, 抑制了细胞吸收营养物质, 最终导致细胞死亡, 达到了抗菌作用。

生物提取类抗菌活性物质来源天然, 生物安

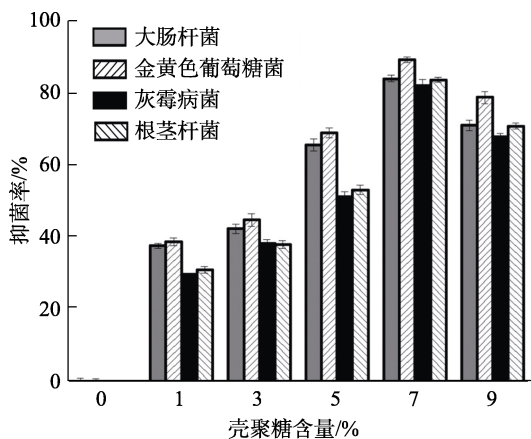


图 2 不同 CS 含量的 PLA/CNTs/CS 复合纤维的抗菌率^[14]

全性高, 但提取工艺不成熟, 化学稳定性差。

1.2 气调包装材料

气调包装材料通过调节包装内部环境中气体组分浓度来抑制食品腐败变质的材料, 多应用于延长鲜果蔬菜等食品货架的保质期。气调包装分为自发气调包装 (MAP) 和控制气调包装 (CAP)^[15]。

1.2.1 MAP

MAP 是指利用包装透气性不同以及果蔬产品自身呼吸作用吸收 O_2 放出 CO_2 的原理, 降低气调内环境的 O_2 含量, 提高 CO_2 含量, 抑制食物腐败发酵。Chaudhary 等^[16]发现, MAP 包装的葡萄柚能有效保持抗坏血酸、类胡萝卜素、类柠檬素、黄酮类化合物、呋喃香豆素等营养成分不流失。

张敏欢等^[17]用聚乳酸 (PLLA) 薄膜材料对马铃薯进行 MAP, 通过测定马铃薯贮藏过程中的各项指标, 结果显示, PLLA MAP 内环境形成了一个高 CO_2 (体积分数 4.2%~8.0%) 和低 O_2 (体积分数 7.7%~12.3%) 的气体组分。在此环境下, 马铃薯的营养成分流失最少, 且感官品质良好, 保存 150 d 后仍有食用价值。

1.2.2 CAP

CAP 是指人为地向包装中加入适合保持食品品质的气体组分, 用来延长食品货架期。

邵子航等^[18]对鸡蛋保存方式进行了探究, 发现使用聚乙烯醇涂膜处理和使用 CO_2 气调包装能够有效抑制鸡蛋储存期间的质量损失, 经过室温下 42 d 储藏期, 气调包装组鸡蛋的哈夫单位、蛋黄指数以及鸡蛋蛋清 pH 值均能保持在较高的水平。盛琪等^[19]对馒头气调包装的研究显示, CO_2 浓度越高, 对于馒头的保存越有利, 且 CO_2 浓度为 80%, 气调包装中的馒头保存 8 d 后, 菌落数仍低于 10^4 cfu/g。

1.3 控释包装材料

控制释放抗菌物质的包装材料, 是通过材料本身对外界物理或化学信号如光、温度、磁场、pH 值等变化的感应, 从而有效的控制材料中抗菌剂的释放速率, 达到定时定量的抗菌效果的材料。

Wen Ma 等^[20]以天然生物化学交联剂甲基胍子昔元 (Genipin) 为原料制备了新型明胶薄膜,

研究其对抗菌溶菌酶的控释效果, 结果发现, 在中性 pH 条件下, 交联 Genipin 抑制了溶菌酶的释放, 而在 pH 3.8 时溶菌酶则能快速释放。分析其原因, Genipin 与明胶的反应可以诱导形成明胶环状结构, 从而限制了分子链运动, 降低了膜的膨胀能力, 减缓了溶菌酶从膜中释放。而在酸性 pH 条件下, 交联网络中的酰胺键被水解, 膜结构被破坏, 加速了溶菌酶的释放速度。可见, Genipin 改性的明胶薄膜能有效延缓溶菌酶释放, 是一种具有广阔应用前景且长效安全的食品储藏方法。此外, Yan 等也研究了在不同温度和时间条件下, 抗菌物质石墨烯从石墨烯-聚乙烯复合薄膜向食品模拟物释放的过程。结果表明, 石墨烯的最大释放量为 1.6 mg/kg, 且释放主要发生于界面处, 而不是从复合薄膜内部迁移出来, 这是因为石墨烯团簇或含石墨烯的聚合物薄片位于外表面, 容易脱落^[21]。

微胶囊包装材料是指包装材料中的抗菌物质被高分子基质材料包裹, 形成微胶囊, 并以缓慢的速率扩散到食品中, 可以使包装内环境的抗菌剂浓度长时间保持在一定水平的材料, 达到长效抗菌的效果。Yufeng Wang 等^[22]以多孔淀粉和大蒜素制成微胶囊, 通过实验研究了其对豆腐、面包、熟鸡肉、熟猪肉等日常食品的防腐作用, 研究发现, 四种食物经微胶囊处理后, 其疾病指数 (DI) 值显著降低。当微胶囊的有效抗真菌浓度超过 0.045% 时, DI 值为零, 意味着霉菌不能在这四种食物上生长; 更特别的是, 即使该微胶囊被煮沸半小时后, 它们的有效抗真菌浓度仅增至 0.050%, 相应的霉菌孢子减少率 (Rm) 位于 (14.5%±1.1%) ~ (26.3%±2.7%) 之间, 说明微胶囊经过热处理后仍能保持良好的实际杀菌效果, 源于多孔淀粉结构能够很好地保持大蒜素的杀菌活性。Tampau 等^[23]用电纺聚己内酯 (PCL) 纤维垫封装香芹酚 (CA), 封装效率达到 85%, CA 负载含量为 11%, 有效抑制了大肠杆菌的生长。同时发现, 决定抗菌效果的不仅是纤维中的 CA 负载含量, 还有 CA 在介质中的释放能力, 在极性较弱的模拟剂中, CA 的总释放量较高; 而在极性较强的体系中, CA 释放量仅 60%~75%, 且释放速率变慢, 这对新技术的应用具有一定的理

论指导作用。

1.4 智能包装材料

智能包装是指在食品储藏流通过程中可以自动检测包装内部环境和食品质量, 并依此作出信息显示和记录的新型包装材料。利用智能包装的信息交流功能, 消费者可以通过包装上的指示判断食品的品质^[24]。许多食品需要低氧的保存环境以防止营养物质被氧化, 为监控包装内环境的氧气含量, Chau Hai 等^[25]通过引入天然角叉菜胶, 研制了一种抗染料浸出的 UV 活性氧指示剂膜。角叉菜胶与染料的强结合能力有效抑制了氧化还原指示剂染料 (MB、AA 和 Th) 向水中渗漏。研究者们采用紫外分光光度法对 MB/TiO₂/甘油/角叉菜胶氧指示剂膜进行了漂白, 发现在氧气存在下复合染料迅速恢复了膜的颜色, 验证了其实用性。这种 UV 活性氧指示剂膜可用于验证包装中氧气是否被清除, 也可用于气调包装的密封检漏, 能够发展为一种有潜力的智能食品包装材料。Won 等^[26]也开发了一种氧指示剂, 用脆弱的屏障将漆酶与愈创木酚/半胱氨酸的混合物分隔在两个小室内, 当屏障被压破时, 所有成分混合在一起, 起到指示氧的作用, 且颜色变化速率与氧浓度成正比。具体工作原理见图 3, 该技术为更健康、更安全的食品智能包装指出了新的发展方向。

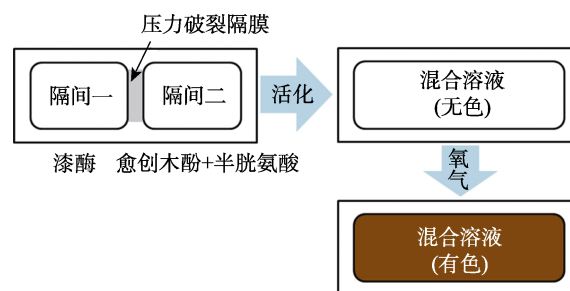


图 3 天然组分氧指示剂原理图及工作过程^[26]

此外, Zhai 等^[27]以明胶、结冷胶、红萝卜花青素提取物为主要原料, 研制了一种可食用、pH 敏感、电化学书写技术相结合的智能食品包装薄膜 (图 4)。在 pH 2~12 范围内, 复合膜呈现橙红色到黄色的变化。随着红萝卜花青素浓度的增加, 该薄膜的抗拉强度、延展性、抗紫外 (UV) 光和抗氧能力均有所提高。采用电化学刻蚀法在薄膜上成功地绘制了多色图形。在牛奶和鱼变质的情

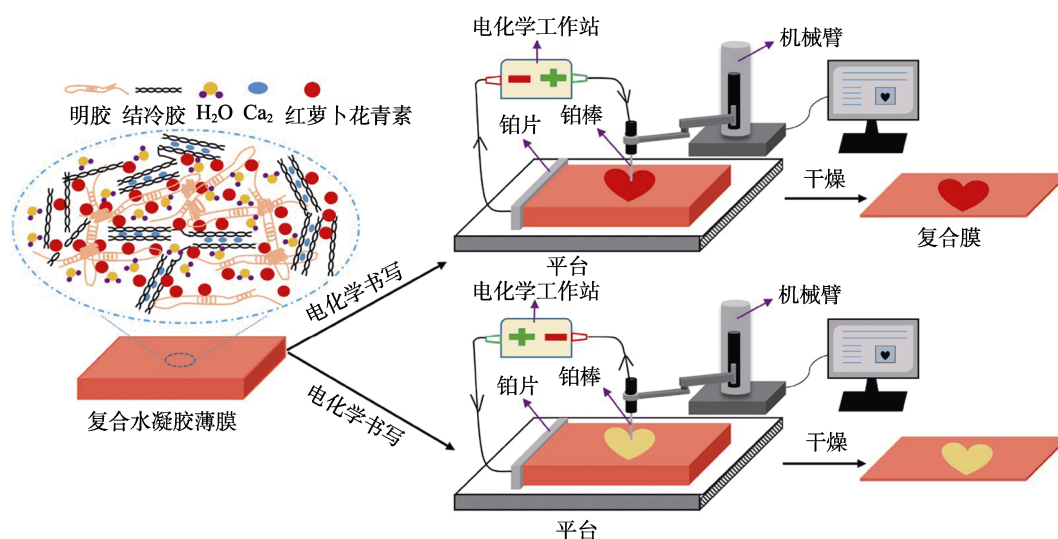


图 4 复合膜电化学刻蚀原理^[27]

况下，该复合薄膜上的图案会呈现出明显的颜色变化。因此，作为一种基于气体传感原理的智能包装系统，它具有监测食品腐败的巨大潜力。

2 结论与展望

随着人民生活水平提高，对营养健康粮油食品的需求日益提升，为此研发新型抗菌包装材料具有重要意义。根据材料不同的特性及制备特点，有不同的应用策略：（1）有机无机类材料一般采用直接掺杂或表面键合的方式制备成高分子复合物，方法简单但是不能充分发挥抗菌作用，且化学稳定性和生物毒性还需要进一步论证；（2）气调包装通过控制材料微观孔径参数或亲水/憎水性能可达到包装内部自发的气氛调节功能，需要有较强的参数可控的材料制备技术；（3）控释材料将抗菌材料有效地固载于凝胶或高分子“纳米笼”中，可以实现长效抗菌机制，制备方法可行性较高，制备条件温和可控，有望得到更为广泛的使用；（4）智能包装材料主要着眼于开发信息显示功能，将包装内部的变化转变为包装外部的显示信息，大多体现为颜色的变化，效果清晰明了，在高端包装领域具有巨大的发展潜力。相信在不久的将来，一定会研发出多种功能强大的包装材料，也会出现技术联用的新包装材料，如气调-抗菌、智能-抗菌、控释-智能等，来满足保存不同食品的多样化需求。

参考文献：

[1] 唐智鹏, 陈晨伟, 谢晶. 抗菌活性包装膜及其控释技术的研究进展[J]. 包装工程, 2018, 39(5): 99-104.

[2] 董加胜, 陈四红, 吕曼祺, 等. 抗菌材料发展和现状[J]. 材料导报, 2004, 18(3): 41-46.

[3] 刘鑫, 任艳, 周子军, 等. 纳米银抗菌机理及应用研究进展[J]. 安徽农业大学学报, 2017, 44(4): 702-708.

[4] MA P M, JIANG L, YU M M, et al. Green antibacterial nanocomposites from poly(lactide)/poly (butylene adipate-co-terephthalate)/nanocrystal cellulose-Silver nanohybrids[J]. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 2016, 4(12): 6417-6426.

[5] 李田, 李士平, 黄子炜, 等. 纳米银在改性蒙脱土表面的负载及应用研究[J]. 化工新型材料, 2015, 43(10): 223-225.

[6] RANGIKA T, DE S, POORIA P, et al. ZnO deposited/encapsulated halloysite-poly (lactic acid) (PLA) nanocomposites for high performance packaging films with improved mechanical and antimicrobial properties[J]. Applied Clay Science, 2015, 7(111): 10-20.

[7] SHIMA J, FAZILAH A, SHAHROM M, et al. Improving the physical and protective functions of semolina films by embedding a blend nanofillers (ZnO-NR and nano-kaolin)[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2017, 12: 66-75.

[8] MENDEL F. Chemistry, antimicrobial mechanisms, and antibiotic activities of cinnamaldehyde against pathogenic bacteria in animal feeds and human foods[J]. Chemistry Food Journal of Agricultural and, 2017, 65 (48): 10406-10423.


[9] 解冰, 夏凯, 赵春毛, 等. 交联壳聚糖季铵盐薄膜的表征与性能[J]. 中北大学学报(自然科学版), 2018, 39(2): 230-240.

[10] 吕世明, 陈杖榴, 陈建新, 等. 丁香酚体外抗菌作用研究[J]. 食品科学, 2008, 29(9): 122-124.

[11] 唐川, 杨铭, 卢轩, 等. 超临界溶液浸渍法制备丁香酚-壳聚糖食品活性包装膜[J]. 食品科学, 2019, 40(21): 211-215.

[12] 刘旺景, 敖长金, 萨茹丽, 等. 植物提取物抗菌活性及作用机理[J]. 动物营养学报 2016, 28(8): 2344-2452.

[13] NOOSHIN N, BABAK G, CHRISTIAN G, et al. Cinnamon and ginger essential oils to improve antifungal, physical and mechanical properties of chitosan-carboxymethyl cellulose films[J]. Food

- Hydrocolloids, 2017, 70: 36-45.
- [14] LIU Y W, WANG S Y, LAN W J, et al. Fabrication of polylactic acid/carbon nanotubes/chitosan composite fibers by electrospinning for strawberry preservation[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019, 121: 1329-1336.
- [15] 龙娅, 胡文忠, 萨仁高娃, 等. 鲜切果蔬精准保鲜包装技术的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2019: 1-8.
- [16] CHAUDHARY P R, JAYAPRAKASHA G K, PORAT R, et al. Influence of modified atmosphere packaging on 'Star Ruby' grapefruit phytochemicals[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2015, 63: 1020-1028.
- [17] 张敏欢, 王莉梅, 王治洲, 等. 静电场结合自发气调包装对马铃薯贮藏期间的保鲜效果[J]. 食品科学, 2019, 40(9): 269-275.
- [18] 邵子航, 李兴民. 气调包装、清洗涂膜及紫外杀菌处理对鸡蛋品质影响的比较分析[J]. 食品科技, 2019, 44(1): 73-78.
- [19] 盛琪, 朱科学, 郭晓娜, 等. 气调包装对馒头品质及保鲜效果的影响[J]. 中国粮油学报, 2016, 36(9): 126-130.
- [20] MA W, TANG C H, YIN S W, et al. Genipin-crosslinked gelatin films as controlled releasing carriers of lysozyme[J]. Food Research International, 2013, 51:321-324.
- [21] YAN J W, CHEN H, CHEN K, et al. Release of graphene from graphene-polyethylene composite films into food simulants[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2019, 20: 100310.
- [22] WANG Y F, JIA J X, SHAO J J, et al. Preservative effects of allicin microcapsules on daily foods[J]. LWT-Food Science and Technology, 2018, 98: 225-230.
- [23] TAMPAU A, GONZALEZ-MARTINEZ C, CHIRALT A. Release kinetics and antimicrobial properties of carvacrol encapsulated in electrospun poly-(ε-caprolactone) nanofibres[J]. Food Hydrocolloids, 2018, 79: 158-169.
- [24] 侯晓阳. 新型食品包装材料的发展概况及趋势[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(24): 6400-6405.
- [25] CHAU H, THAI V, KEEHOON W. Leaching-resistant carrageenan-based colorimetric oxygen indicator films for intelligent food packaging[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62: 7263-7267.
- [26] WON K, JANG N Y, J JEON, et al. A natural component-based oxygen indicator with in-pack activation for intelligent food packaging[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2016, 64(51): 9675-9679.
- [27] ZHAI X D, LI Z H, ZHANG J J, et al. Natural biomaterial-based edible and pH-sensitive films combined with electrochemical writing for intelligent food packaging[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66(48): 12836-12846. 
- 备注：本文的彩色图表可从本刊官网（<http://lspkj.ijournal.cn/ch/index.aspx>）、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。

· 信息窗 ·

全国特殊用途小麦单产最高纪录诞生

2020年6月11日，农业农村部种植业管理司组织专家先后来到山东泰安肥城市安驾庄镇蔡家颜子村和汶阳镇沟西村，对山东农业大学农学院田纪春教授主持培育的特殊用途小麦品种“山农糯麦 1 号”和高产强筋小麦新品种“山农 111”两处试验田进行实打测产，结果显示：“山农糯麦 1 号”实打亩产 694.96 公斤，创全国特殊用途小麦单产最高纪录；“山农 111”实打亩产 720.87 公斤，创山东省强筋小麦单产最高纪录。

测产现场，来自中国农科院、扬州大学、河南农业大学等单位的 7 名专家经过严格的丈量、机械收获脱粒、称重、水分测定、取样测定杂质率等环节，最终形成实打测产报告。

绿色优质和功能性小麦品种是全世界小麦育种的新趋势。根据我国 2017 年发布的《主要农作物品种审定标准》，将小麦分为高产稳产品种、绿色优质品种和特殊类型品种三大类，这也是我国首次正式提出绿色优质和特殊类型两类小麦品种。

据了解，“山农糯麦 1 号”是田纪春教授 2000 年开始杂交选育的特殊用途小麦新品种，2018 年通过山东省品种审定委员会审定，支链淀粉含量占总淀粉含量的 99.1%，达到糯质小麦的标准。该品种重要特点是株型较紧凑，大穗且穗粒数多，穗层整齐，落黄好，茎秆弹性好，抗倒伏，越冬抗寒性较好。

该品种是山东省审定的第一个与普通小麦品种产量相当的糯质小麦新品种，因其特殊的淀粉和较高的湿面筋、蛋白质含量，鲜食或单独加工的食品口感好、营养丰富，作为配粉加工的食品回生慢、货架期长，风味独特。同样在 2018 年通过山东省审的“山农 111”则是多穗型高产强筋小麦新品种，具有品质高、成穗高、产量高等突出优点。该品种株型半紧凑，茎秆粗壮，抗病抗寒性强，同时达到强筋、高产、节水、抗倒伏品种的国家标准。

© 科技日报记者 王延斌 通讯员 王静

（文章节选自科技日报官方微信公众账号，2020 年 6 月 11 日）

备注：田纪春教授为本刊第四届编委会委员