

油菜秸秆替代棉籽壳栽培食用菌的可行性分析

杜 静, 李坤鹏, 钮琰星, 金 虎, 张南南, 黄凤洪*

(中国农业科学院油料作物研究所, 油料脂质化学与营养湖北省重点实验室, 武汉 430062)

摘 要: **目的** 研究油菜秸秆替代棉籽壳栽培糙皮侧耳菌的可行性, 从而提高油菜秸秆的利用率, 减少秸秆燃烧引起的环境污染。**方法** 本试验以棉籽壳为对照组, 设置6个替代比, 通过油菜秸秆替代棉籽壳后菌丝的生长速度、生长状况、子实体的产量及品质, 研究油菜秸秆替代棉籽壳栽培糙皮侧耳菌的可行性。**结果** 随着油菜秸秆替代比例的增加, 菌丝的生长速度先增加后减小, 且替代比例大于40%时菌丝生长较稀疏; 20%的替代比例时子实体的产量最高, 随着比例的继续增加, 产量成减小的趋势, 但40%时与对照物差异不显著, 进一步增加替代比例时, 子实体产量显著减小; 油菜秸秆替代棉籽壳后, 子实体的总糖含量有所增加, 水分与文献报道相符。**结论** 用40%的油菜秸秆替代棉籽壳可促进菌丝的生长且不影响子实体的生长和产量, 因此, 用40%的替代比是可行的。

关键词: 油菜秸秆; 棉籽壳; 糙皮侧耳菌

Feasibility analysis of edible fungi cultivation by rape stalk as a substitute for cottonseed hull

DU Jing, LI Kun-Peng, NIU Yan-Xing, JIN Hu, ZHANG Nan-Nan, HUANG Feng-Hong*

(Hubei Key Laboratory of Lipid Chemistry and Nutrition, Oil Crops Research Institute of the Chinese Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430062, China)

ABSTRACT: Objective To analyze the feasibility of edible fungi cultivation by rape stalk as a substitute for cottonseed hull for improving rape stalk utilization and reducing environmental pollution. **Methods** The substrates in 6 replacement ratios were prepared with cottonseed hull as control group, the growth rate and growth status of mycelium, the outputs and quality of fruiting body of *Pleurotus ostreatus* were determined. **Results** It showed that the mycelium growth rate increased firstly and then decreased with the increase of rape stalk, and the mycelium was sparse when the substitute ratio reached into more than 40%. The output of fruiting body of *Pleurotus ostreatus* was the highest when the substrate ratio was 20%, and there was a decreasing trend of the output of fruiting body of *Pleurotus ostreatus* with the increase of rape stalk. The growth status and output of fruiting body of *Pleurotus ostreatus* had a not significant difference between cottonseed hull group and rape stalk group when the substrate ratio was 40%, while further increased in the substrate ratio, the outputs of that had a significant decrease. The sugar content of fruiting body of *Pleurotus ostreatus* of rape stalk group was higher than that of cottonseed hull group, and the water content of fruiting body of *Pleurotus ostreatus* was in accordance with reported in the literature after rape stalk as a substitute for cottonseed hull. **Conclusion**

基金项目: 国家自然科学基金(31201461)、国家支撑计划(2011BAD26B01-3)、948计划(2011-G8(4)-1)

Fund: Supported by the National Natural Science Foundation of China (31201461), National Support Program (2011BAD26B01-3), and 948 Funded Projects (2011-G8(4)-1)

*通讯作者: 黄凤洪, 博士, 研究员, 主要研究方向为农产品加工。E-mail: Huangfh@oilcrops.cn

*Corresponding author: HUANG Feng-Hong, Ph.D, Researcher, Oil Crops Research Institute of the Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xudong Second Road, Wuchang District, Wuhan 430062, China. E-mail: Huangfh@oilcrops.cn

Under the substitute ratio of 40%, the mycelium growth rate was not only accelerated, but also the growth status of fruiting body of *Pleurotus ostreatus* was not affected, thus, the substitute ratio of 40% was feasible.

KEY WORDS: rape stalk; cottonseed hull; *Pleurotus ostreatus*

1 引 言

我国是世界油菜生产大国, 油菜秸秆是油菜籽的主要副产品, 与油菜籽粒比为 1.5, 与高粱相当^[1]。联合国粮食与农业组织(FAO)统计, 2013 年我国油菜籽总产量为 1440 万吨^[2], 折算后油菜秸秆约 2160 万吨。油菜秸秆含有丰富的有机质, 如纤维素、半纤维素、木质素和蛋白质等^[3], 是重要的生物资源, 但秸秆中的木质素等水溶性差, 且结构致密, 性质稳定^[4], 难以被降解。为了不影响后茬作物的生长, 油菜秸秆以焚烧为主, 利用率低且污染环境^[5]。

利用降解木质素的微生物(一般是白腐菌)分解木质纤维素生物质使其得到进一步利用, 是一种较好的利用农产品生产或加工副产物的方法^[6]。与生化处理技术相比, 具有节能、低成本、设备和操作简单、环境友好等方面的潜在优势, 成为目前备受重视的方法^[7]。糙皮侧耳菌不仅是一种营养丰富、品质优良、食用和药用价值较高的真菌^[8], 而且还是一种白腐真菌, 自身能合成并分泌多种木质素纤维素降解酶, 可破坏秸秆的细胞壁结构, 降解秸秆中的木质素使纤维素和半纤维素充分暴露出来, 改善秸秆的营养价值提高反刍动物对其的利用率^[6,9]。目前, 报道的可替代棉籽壳栽培糙皮侧耳菌的秸秆原料有麦秸秆^[10]、稻秸秆^[11]、玉米秆^[12]、大豆秸^[13]、油菜秸秆^[3]、棉秸秆^[14]等。朱洪龙^[3]通过紫外线照射改良糙皮侧耳菌筛选出高产菌种, 优化了最佳发酵条件, 并对菌株木质素降解酶系组成及其对油菜秸秆生物降解效果进行研究。但一种培养基是否适于某种食用菌的栽培通常用其对食用菌菌丝和子实体生长的影响来考察^[15], 而糙皮侧耳菌及其子实体在油菜秸秆培养基上的生长情况尚未见报道。利用油菜秸秆替代棉籽壳栽培食用菌对降低食用菌生产成本, 拓展油菜秸秆的利用途径, 减少秸秆焚烧, 造成的资源浪费和环境污染具有重要意义。因此, 本文通过油菜秸秆以不同比例替代棉籽壳栽培食用菌, 并考察其对食用菌菌丝生长的影响和子实体产量的变化, 探讨利用油菜秸秆栽培食用菌的可行性。

2 材料与方 法

2.1 实验原料

中双 11 号油菜秸秆由武汉中农种业科技有限公司提供, 采用多功能粉碎机粉碎。

棉籽壳(襄阳汇源农林股份有限公司)。

糙皮侧耳(*Pleurotus ostreatus*)由中国农科院油料所微生物课题组保藏。

2.2 实验材料与方 法

2.2.1 培养基的制备和接种

在辅料(麸皮、石膏和石灰等)不变的情况下, 按照油菜秸秆替代棉籽壳的量, 设置 6 个处理, 即秸秆替代比为 20%、40%、50%、60%、80%和 100%, 对照组为不添加秸秆配方。培养料加水混合, 加水量以用手捏没有明水流出为准。每个配方取样 700 g, 取样 6 次, 并留样测定培养基的水分含量。

培养料在塑料袋中压紧, 高压蒸汽灭菌 1 h。灭菌放凉后每个菌棒接种相同大小的菌块以保证接种量一致, 25 °C 恒温培养。

2.2.2 培养基理化性质的测定

培养基水分含量: 在 105 °C 热风干燥直至恒重。

培养基重量体积比: 称一定体积样品的重量, 重量与体积的比值即为重量体积比。

2.2.3 菌丝和子实体生长情况的观测

每 7 d 测量菌棒中已长菌丝的长度。定期采菇、称重, 并测定子实体的水分和干基糖含量。

2.2.4 子实体水分和总糖含量的测定

水分含量: 75 °C 真空干燥直至恒重。

总糖含量: 参照 GB/T 15672-2009, 食用菌中总糖含量的测定, 测定子实体干基中总糖含量^[16]。

3 结果与分析

3.1 混合原料重量体积比及水分含量

培养基质的理化性质是衡量培养基品质的重要指标, 混合原料的重量体积比及水分含量与原料的理化性质有关, 是培养基吸水性和孔隙度等的反应。由表 1 可以看出, 油菜秸秆替代棉籽壳后, 培养

基的重量体积比都比对照组小,随着油菜秸秆的替代比的增加,重量体积比呈逐渐减小的趋势;而水分含量都比对照组高,且随替代比的增加,水分含量逐渐增大。

表1 不同替代比下培养基的含水量及体积比较
Table 1 Comparison of water content and volume of cultivation at different substitute ratios

配方	重量体积比(g/mL)	水分含量(%)
对照	0.52±0.02 ^a	61.35±0.22 ^f
20% 秸秆	0.44±0.02 ^{bc}	63.99±0.62 ^e
40% 秸秆	0.45±0.02 ^b	70.72±0.13 ^d
50% 秸秆	0.43±0.01 ^{cd}	71.54±1.20 ^{cd}
60% 秸秆	0.44±0.01 ^{bc}	72.44±1.52 ^c
80% 秸秆	0.41±0.01 ^d	74.72±0.53 ^b
100% 秸秆	0.37±0.01 ^e	77.46±0.58 ^a

注:表中同一列有相同字母表示差异不显著,即 $P > 0.05$ 。

3.2 不同油菜秸秆替代比下菌丝生长速度及生长情况比较

用不同比例油菜秸秆替代棉籽壳考察油菜秸秆对糙皮侧耳菌丝生长的影响结果见表2和图1。结果表明,菌丝在第1、2周时生长速度较慢,在第3周时生长速度最快,第4周以后,有些基本长满。替代组

菌丝生长速度都明显大于对照组,可见用油菜秸秆替代棉籽壳可促进菌丝的增长。油菜秸秆替代棉籽壳后菌丝的生长速度高于麦秸秆替代后菌丝的生长速度^[6]。从菌丝生长状况来看,油菜秸秆的替代比对糙皮侧耳菌丝长势影响较大,糙皮侧耳菌丝在这7个培养基上的长势由好到差的依次为20%、40%、对照组、50%、60%、80%和100%,替代比例为20%~40%菌丝浓密、旺盛,替代比例为50%~100%菌丝稀疏。可见,用20%~40%的油菜秸秆替代棉籽壳可用于糙皮侧耳菌丝的栽培。

表2 不同替代比下菌丝生长速度(mm/d)
Table 2 The growth rate of mycelium at different substitute ratios

培养基	0~14 d	0~21 d	0~28 d
对照	2.92±0.75 ^c	3.86±0.73 ^d	4.15±0.68 ^c
20%	3.91±0.97 ^b	4.75±1.18 ^{cd}	5.07±0.97 ^b
40%	4.67±1.16 ^{ab}	5.91±1.04 ^{ab}	6.03±0.75 ^a
50%	4.80±0.67 ^a	6.41±0.16 ^a	6.24±0.95 ^a
60%	4.07±0.81 ^{ab}	5.43±0.74 ^{bc}	5.63±0.55 ^{ab}
80%	4.52±0.73 ^{ab}	5.74±0.73 ^{ab}	6.01±0.78 ^a
100%	4.20±0.50 ^{ab}	5.35±0.54 ^{bc}	5.71±0.61 ^{ab}

注:表中同一列有相同字母表示差异不显著,即 $P > 0.05$ 。

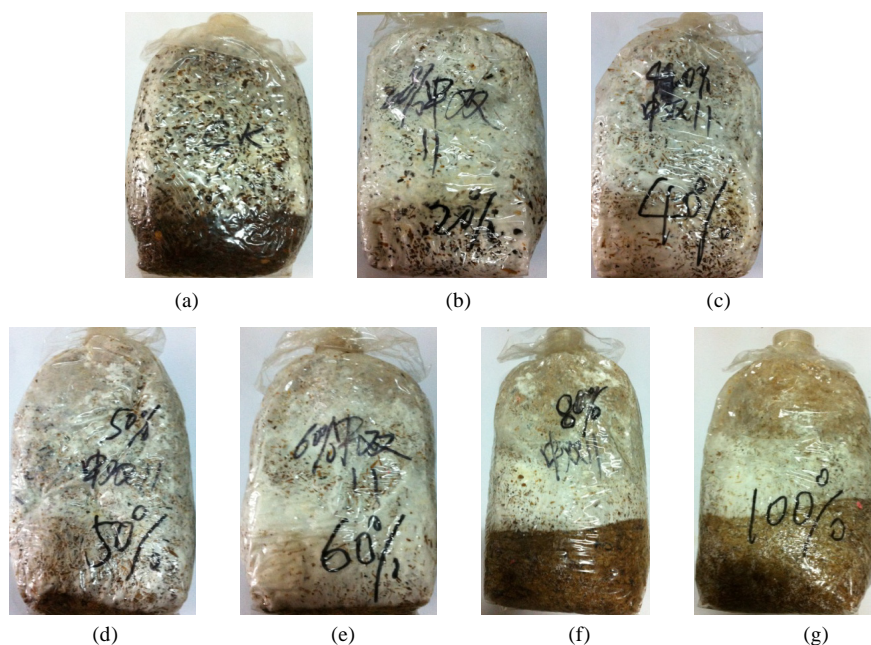


图1 不同油菜秸秆替代比下菌丝生长状况

Fig. 1 The growth status of mycelium at different substitute ratios

注: a: 对照组,未加油菜秸秆。b、c、d、e、f和g 油菜秸秆加入比例分别为20%、40%、50%、60%、80%和100%。

3.3 子实体生长状况比较

由表 3 可以看出, 添加比例 20% 时, 子实体的产量最高, 达到 200 g, 随着比例的继续增加, 产量成减小的趋势, 但 40% 时与对照物无显著差异, 进一步增加替代比例时, 子实体产量显著减小。可见, 20% 的替代量能有效增加产量, 40% 的替代量不影响产量, 所以, 油菜秸秆替代棉籽壳的最大比例为 40%, 该替代比不但能保证糙皮侧耳菌菌丝生长速度快, 且不影响子实体的产量。

表 3 不同油菜秸秆替代比下子实体产量
Table 3 The outputs of fruiting body at different substitute ratios

培养基	产量(g)
对照	134.00±6.66 ^b
20%	200.17±9.60 ^a
40%	125.07±6.19 ^b
50%	103.46±6.05 ^c
60%	86.58±12.01 ^c
80%	46.75±7.89 ^d
100%	43.69±3.97 ^d

注: 表中同一列有相同字母表示差异不显著, 即 $P > 0.05$

3.4 子实体水分含量和总糖含量

由表 4 看出, 不同替代比下子实体的水分和总糖含量可以看出, 糙皮侧耳菌子实体的水分含量都在 82%~89% 之间, 与文献中报道糙皮侧耳子实体的水分含量在 72%~95% 之间相符合^[11]。子实体干重的总糖含量在 44%~49% 之间, 与李国庆^[14]研究的以棉籽壳和棉秸秆为培养基栽培糙皮侧耳菌时子实体的总糖含量相当, 且油菜秸秆替代棉籽壳后, 子实体的含糖量有所增加, 20% 和 100% 的替代比例总糖含量显著高于对照组, 但 40%、50%、60% 和 80% 4 个替代比总糖含量与对照组无显著差异。可见用油菜秸秆替代棉籽壳培养糙皮侧耳菌可提高总糖含量。

4 讨论

本研究通过糙皮侧耳菌及其子实体在油菜秸秆培养基上的生长情况, 研究油菜秸秆培养糙皮侧耳菌的可行性, 能真实的反应菌丝和子实体的实际生

长状况, 为实际应用奠定了基础。油菜秸秆替代棉籽壳后培养基的水分含量都比对照组高, 且随替代比的增加, 水分含量逐渐增大, 这可能与油菜秸秆和棉籽壳的化学组成、空间结构疏松程度、颗粒大小等不同有关。申进文等^[13]研究了棉籽壳、大豆秸秆等 7 种栽培糙皮侧耳的培养基的水分含量, 结果表明, 不同培养料的吸水性差别显著, 且棉籽壳和木屑的吸水性相当, 小于大豆秸秆的吸水性。油菜秸秆密度小, 粉碎后的秸秆比表面积大、吸水性强, 所以, 油菜秸秆替代棉籽壳后培养基的水分含量增加。李殿殿等^[17]对废弃烟叶栽培糙皮侧耳进行研究, 结果表明, 15 种氨基酸显著高于棉籽壳对照组。戚元成等^[18]研究高温胁迫对糙皮侧耳菌丝生理生化特性的影响, 结果表明, 高温下超氧化物歧化酶和过氧化物酶活性升高, 可溶性蛋白质和游离脯氨酸含量均增加, 但菌丝漆酶和纤维素酶活性下降。所以, 油菜秸秆替代棉籽壳后子实体的总糖含量都有所增加, 可能是与糖代谢有关。在这 6 个替代比例中, 20% 的替代比能促进菌丝的生长, 提高采菇量, 但油菜秸秆替代比例偏低; 40% 油菜秸秆替代棉籽壳不仅增加了油菜秸秆的替代比而且不影响糙皮侧耳菌的生长和采菇量, 因此, 用 40% 的替代比是可行的。下一步需进一步研究培养基菌糠的利用。

表 4 不同油菜秸秆替代比下子实体水分和总糖含量
Table 4 The water content and sugar content of fruiting body at different substitute ratios

	水分(%)	总糖(%)
对照	85.48±0.42 ^b	44.13±0.30 ^c
20%	88.15±0.50 ^a	46.95±1.26 ^b
40%	85.28±0.77 ^b	44.54±0.25 ^c
50%	82.12±0.40 ^c	44.77±0.25 ^c
60%	82.31±0.49 ^c	44.81±0.30 ^c
80%	85.38±0.59 ^b	45.15±0.23 ^c
100%	85.14±0.15 ^b	48.68±0.28 ^a

注: 表中同一列有相同字母表示差异不显著, 即 $P > 0.05$ 。

参考文献

- [1] 毕于运, 高春雨, 王亚静, 等. 中国秸秆资源数量估算[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 211-217.
Bi YY, Gao CY, Wang YJ, *et al.* Estimation of straw resources in

- China [J]. *Trans Chin Soc Agric Eng*, 2009, 25(12): 211–217.
- [2] FAO. 中国油菜籽产量数据 [EB/OL]. [Http://faostat3.Fao.Org/faostat-gateway/go/to/download/q/qc/e](http://faostat3.Fao.Org/faostat-gateway/go/to/download/q/qc/e) (accessed may 22, 2014), 2014.
- FAO China rapeseed production data [EB/OL]. [Http://faostat3.Fao.Org/faostat-gateway/go/to/download/q/qc/e](http://faostat3.Fao.Org/faostat-gateway/go/to/download/q/qc/e) (accessed may 22, 2014), 2014.
- [3] 朱洪龙. 白腐真菌生物降解油菜秸秆及饲料化研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2008.
- Zhu HL. Studies on biodegradation for rape straw by white-rot fungi and fermentation of residue to feedstuff[D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2008.
- [4] 吕育财, 崔宗均, 王小芬, 等. 三组微生物菌群分解油菜秸秆的消化液性质比较[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(03): 210–214.
- Lv YC, Cui ZJ, Wang XF, *et al.* Properties of digestive solution during anaerobic degrading rape straw by three different microbial communities [J]. *Trans Chin Soc Agric Eng*, 2012, 28(3): 210–214.
- [5] 彭春艳, 罗怀良, 孔静. 中国作物秸秆资源量估算与利用状况研究进展[J]. *中国农业资源与区划*, 2014, 35(03): 14–20.
- Peng CY, Luo HL, Kong J. Advance in estimation and utilization of crop residues resources in china [J]. *Chin J Agric Resource Reg Plan*, 2014, 35(03): 14–20.
- [6] 王谦, 赵洁, 巩竟, 等. 不同糙皮侧耳菌株麦秸秆全纤维降解能力对比[J]. *食用菌*, 2009, (02): 21–22.
- Wang Q, Zhao J, Gong J, *et al.* The comparison of different *Pleurotus ostreatus* bacterial strain in degradation ability of wheat straw fiber [J]. *Edi Fungi*, 2009, (02): 21–22.
- [7] Shi J, Chinn M, Sharma-Shivappa RR. Interactions between fungal growth, substrate utilization, and enzyme production during solid substrate cultivation of *Phanerochaete chrysosporium* on cotton stalks [J]. *Bioproc Biosyst Eng*, 2014, 37 (12): 2463–2473.
- [8] 陈国梁, 杨莎莎, 贺晓龙, 等. 银杏叶对糙皮侧耳菌丝体生长的影响[J]. *江苏农业科学*, 2008, (06): 182–183.
- Chen GL, Yang SS, He XL, *et al.* The effect of ginkgo on mycelium growth of *Pleurotus ostreatus* [J]. *Jiangsu Agric Sci*, 2008, (06): 182–183.
- [9] 刘建锋, 闫军芳, 白延琴, 等. 糙皮侧耳对几种粗饲料营养成分的影响[J]. *畜牧兽医杂志*, 2012, 31(05): 25–27.
- Liu JF, Yan JF, Bai YQ, *et al.* Effect of *Pleurotus ostreatus* on several roughage nutrients [J]. *J Anim Sci Vet Med*, 2012, 31(05): 25–27.
- [10] Darwish GAMA, Bakr AA, Abdallah MMF. Nutritional value upgrading of maize stalk by using *Pleurotus ostreatus* and *Saccharomyces cerevisiae* in solid state fermentation [J]. *Anal Agric Sci*, 2012, 57(1): 47–51.
- [11] Jonathan SG, Okon CB, Oyelakin AO, *et al.* Nutritional values of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) (Jacq. Fr.) Kumm. cultivated on different agricultural wastes [J]. *Nat Sci*, 2012, 10(9): 186–191.
- [12] 石文权, 杜艳, 刘民强, 等. 代料栽培糙皮侧耳配方与品种筛选[J]. *食用菌学报*, 2012, 19(02): 50–54.
- Shi WQ, Du Y, Liu MQ, *et al.* Cultivation of *Pleurotus ostreatus* using maize stalks, wheat straw and corn cobs [J]. *Acta Edulis Fungi*, 2012, 19(02): 50–54.
- [13] 申进文, 黄千慧, 刘巧宁, 等. 七种培养料对糙皮侧耳熟料栽培的影响[J]. *食用菌学报*, 2014, 21(03): 36–40.
- Shen JW, Huang QH, Liu QN, *et al.* Mycelial growth rates and biological efficiency values for *Pleurotus ostreatus* cultivation on seven different substrates [J]. *Acta Edulis Fungi*, 2014, 21(03): 36–40.
- [14] 李国庆, 李阿敏, 王金宁, 等. 棉秸秆栽培糙皮侧耳菌株研究[J]. *食用菌*, 2014, (10): 138–142.
- Li GQ, Li AM, Wang JN, *et al.* Study on the cultivation of *Pleurotus ostreatus* strains with cotton straw [J]. *Edib Fungi*, 2014, (10): 138–142.
- [15] 刘天翔, 陈世昌, 高玉千, 等. 刺芹侧耳菌糠及其提取液对糙皮侧耳生长的影响[J]. *食用菌学报*, 2012, 19(01): 47–50.
- Liu TX, Chen SC, Gao YQ, *et al.* Effect of *Pleurotus eryngii* spent mushroom substrate on the mycelial growth and fruiting of *Pleurotus ostreatus* [J]. *Acta Edulis Fungi*, 2012, 19(01): 47–50.
- [16] GB/T 15672-2009 食用菌中总糖含量的测定[S].
- GB/T 15672-2009 Determination of total saccharide in edible mushroom [S].
- [17] 李殿殿, 李志能, 林娟. 利用废弃烟叶栽培糙皮侧耳初探[J]. *食用菌学报*, 2011, 18(4): 9–11.
- Li DD, Li ZN, Lin J. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* using waste tobacco leaf residues [J]. *Acta Edulis Fungi*, 2011, 18(4): 9–11.
- [18] 戚元成, 段庆虎, 申晓晔, 等. 高温胁迫对糙皮侧耳菌丝生理生化特性的影响 [J]. *食用菌学报*, 2012, 19(4): 14–16.
- Qi YC, Duan QH, Shen XY, *et al.* Selected biochemical characteristics of *Pleurotus ostreatus* mycelium grown at 40 [J]. *Acta Edulis Fungi*, 2012, 19(4): 14–16.

(责任编辑: 李振飞)

作者简介



杜 静, 硕士研究生, 主要研究方向
为油菜副产物的综合利用。
E-mail: dj890520@126.com



黄凤洪, 博士, 研究员, 主要研究方向
为农产品加工。
E-mail: Huangfh@oilcrops.cn

“食源性致病微生物”专题征稿

食源性致病微生物的危害一直是食品安全关注的焦点之一, 微生物污染造成的食源性疾病是世界食品安全中最突出的问题。常见的食源性致病微生物主要包括细菌、病毒、寄生虫等, 食源性病原体的种类仍在增加, 对食品安全以及人类自身健康已经构成了不容忽视的威胁。

鉴于此, 本刊特别策划了“食源性致病微生物”专题, 由江南大学的王周平教授担任专题主编, 王教授现任江南大学食品学院副院长, 国家食品药品监督管理局首批餐饮服务食品安全专家, 江苏省食品安全标准审评专家, 无锡出入境检验检疫局特约研究员, 无锡市食品药品监督管理局保健食品安全专家, 江苏省食品科学与技术学会秘书长。

专题主要围绕食源性致病微生物的研究进展、快速检测和溯源、新技术在检测中的应用、危险性评估、监测分析等或您认为本领域有意义的问题进行论述, 计划在 2015 年 12 月份出版。

鉴于您在该领域的成就, 本刊编辑部及王周平教授特邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、实验报告、研究论文均可, 请在 2015 年 11 月 20 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoods@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部