

## 蒙古口蘑子实体石油醚提取物的化学成分及抑菌活性

佟春兰<sup>1</sup> 包海鹰<sup>1</sup> 图力古尔<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>吉林农业大学中药材学院 长春 130118

<sup>2</sup>鲁东大学生命科学学院 烟台 264025

## Chemical constituents and antibacterial activity of petroleum ether extract from fruit bodies of *Tricholoma mongolicum*

TONG Chun-Lan<sup>1</sup> BAO Hai-Ying<sup>1</sup> BAU Tolgor<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>College of Traditional Chinese Medicine, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China

<sup>2</sup>College of Life Science, Ludong University, Yantai 264025, China

蒙古口蘑 *Tricholoma mongolicum*，又称白蘑、草原白蘑、珍珠蘑、查干蘑菇等。隶属于担子菌门 Basidiomycota，伞菌目 Agaricales，口蘑科 Tricholomataceae，口蘑属 *Tricholoma*。夏秋季在草原上群生并形成蘑菇圈，尤其在立秋前后大量生长在草原上。分布于中国河北、内蒙古、黑龙江、吉林、辽宁等地（邓叔群 1963）。

蒙古口蘑子实体较大，菌肉肥厚、质地鲜嫩、味鲜香浓，为著名食、药用菌。民间用于消化不良，脘腹胀满，胃气痛，泄泻等症，在民间也流传着许多单验方及食疗方（吴恩奇和图力古尔 2007）。在蒙药中用于治疗外伤及解毒（占布拉·道尔吉 2007）。由此推断，蒙古口蘑可能有较好的抑菌活性。为了探讨蒙古口蘑传统功效的现代药理基础和更好地开发利用这一资源，本文对蒙古口蘑子实体石油醚提取物的化学成分及抑制病原性细菌活性

进行了研究。

### 1 材料和方法

#### 1.1 实验材料、试剂和设备

**1.1.1 蒙古口蘑：**子实体于 2008 年 8 月采自内蒙古呼伦贝尔草原，自然干燥备用。麦角甾醇和麦角甾醇过氧化物标准品，购自四川玉鑫药业有限公司。氘代氯仿，中国科学院长春应用化学研究所提供。实验室常规试剂均为分析纯。

**1.1.2 供试菌种：**金黄色葡萄球菌 *Staphylococcus aureus* ATCC6538 和大肠杆菌 *Escherichia coli* ATCC8099，以上菌种由吉林农业大学动物科学学院提供。

**1.1.3 供试阳性药：**阿米卡星注射液（批号：070905，江苏吴中医药集团有限公司苏州第六制药厂）；硫酸庆大霉素注射液（批号：0709302，天津药业集

团新郑股份有限公司); 氯霉素注射液 (批号: 0806092, 天津药业集团新郑股份有限公司); 头孢曲松钠 (批号: 070931198, 苏州东瑞制药有限公司), 以上药品均购自长春市福百草大药房。

**1.1.4 主要仪器与设备:** 气质联用仪为 Agilent6890N 型 GC 和 Agilent5973IMSD 型 MS 并配有 NIST5 图谱系统; 二氧化碳细胞培养箱 (HH-CP-01W); Finnigan-MAT.LCQ 型的电喷雾质谱仪; BrukerAM-400MHz 型核磁共振波谱仪。

## 1.2 样品分离

将蒙古口蘑子实体自然干燥并粉碎, 用石油醚 (30—60) 30℃ 水浴提取 3 次, 每次 8h, 合并提取液, 减压浓缩得到石油醚提取物, 低温放置, 底部析出结晶。结晶用硅胶柱层析法进一步分离纯化, 流动相用石油醚和乙酸乙酯 (8:2) 溶剂系统洗脱。对不同时间段得到的馏分用薄层层析法检测, 并用 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液和碘蒸气显色。相同点的馏分合并后浓缩至小体积, 分别重结晶后得到化合物 1 和化合物 2, 化合物溶于氘代氯仿, 在 400MHz 条件下打核磁。上清液运用气质联机分析并鉴定出 10 个化合物。

## 1.3 受试样品的制备

取石油醚提取物水浴蒸干, 加入吐温-80、水制成混悬液, 密封, 低温保存。石油醚提取物浓度: 50mg/mL、25mg/mL、12.5mg/mL、20mg/mL。化合物 1 的浓度:  $2 \times 10^{-2}$  mg/mL、 $1 \times 10^{-2}$  mg/mL。化合物 2 的浓度:  $2 \times 10^{-2}$  mg/mL、 $1 \times 10^{-2}$  mg/mL。石油醚提取物上清部分浓度: 50mg/mL、25mg/mL、12.5mg/mL。空白组: 水、吐温-80。

## 1.4 供试阳性药的制备

阿米卡星和庆大霉素: 无菌条件下, 分别吸取 0.64mL 和 1.6mL, 分别以 pH7.8 的磷酸盐缓冲溶液定容于 25mL、50mL 无菌容量瓶中。氯霉素: 无菌条件下, 分别吸取 0.512mL 氯霉素注射液, 以 pH6.0 的磷酸盐缓冲溶液溶解定容于 25mL、50mL 容量瓶中。头孢曲松钠: 无菌条件下, 取 1.0g 注射用头孢曲松钠溶于 5mL pH6.0 的磷酸盐缓冲溶液中, 分别吸取 0.32mL、0.64mL 定容于 50mL 无菌容量瓶中。以上供试阳性药的有效浓度均为 2.56mg/mL 和 1.28mg/mL。

## 1.5 供试培养基

MH (Mueller-Hinton) 培养基 (0.6%牛肉膏、1.75%蛋白胨、0.5%氯化钠, pH 为 7.4); MHA 培养基 (0.6%牛肉膏、1.75%蛋白胨、0.5%氯化钠、1.7%琼脂, pH 为 7.4—7.6)。

## 1.6 细菌培养

无菌条件下, 以移液枪吸取 0.01mL 菌种于 MH 培养基内, 密封并轻轻摇匀, 置 37℃ 摇床 (转速 200r/min) 中培养 16—18h。

采用纸片扩散法测定, 无菌条件下, 取直径为 7mm 的圆形滤纸片蘸取供试溶液 (完全浸透且无液滴滴落), 将该滤纸片均匀摆放在涂有菌悬液的培养基上, 每个培养皿中均匀摆放 6 个纸片, 间隔的 3 个纸片分别为阳性药和供试药的 3 个不同浓度, 重复 5 次。置于 37℃ 培养箱中培养 16—18h 后, 采用十字交叉法测量抑菌直径。

## 1.7 石油醚提取物的最小抑菌浓度 (MIC) 的测定

采用试管二倍稀释法 (陈红 2009), 用 MH 液体培养基 (2mL/管) 将药物对倍稀释成系列浓度, 每个浓度 3 个复管, 然后加入 0.1mL 菌液。在 37℃ 培养箱中培养 24h, 以混浊度为指标检查该管中有无细菌生长, 眼观选出不显示混浊的试管, 分别取其液体涂布于琼脂平板培养基上, 于恒温培养箱培养 24h, 观察结果。琼脂平板上无细菌生长而含药液浓度最低者, 即为该种药物对该菌株的最低抑菌浓度。

## 1.8 结果计算

化合物得率的计算: 精确称量得到的化合物的质量, 按下式计算化合物的得率: 化合物的得率 (mg/g) = 化合物的质量 (mg) / 蒙古口蘑子实体粉末的质量 (g)。

以抑菌圈直径 (mm)、抑菌率 (%) 来评定药物的抑菌作用。抑菌率的计算公式:

$$\text{抑菌率} (\%) = \frac{\text{供试样品抑菌圈直径} - \text{滤纸片直径}}{\text{阳性药抑菌圈直径} - \text{滤纸片直径}} \times 100\%$$

实验数据经 SPSS 方差分析, 列表统计。

# 2 结果与分析

## 2.1 化合物的结构鉴定

化合物 1 无色细毛状晶体 (乙酸乙酯), mp:

178—179℃, 易溶于石油醚、氯仿、乙酸乙酯等有机溶剂。分子量为 428, EI-MS 给出特征碎片峰  $m/z$  396 $[M-32]^+$ , 363, 349, 251。 $^1\text{H-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 400MHz)  $\delta$  3.97 (m, 1H), 6.25 (d,  $J=8.4\text{Hz}$ , 1H), 6.50 (d,  $J=8.4\text{Hz}$ , 1H), 0.86 (s, 3H), 1.06 (s, 3H), 0.97 (d,  $J=6.6\text{Hz}$ , 3H), 5.23 (dd,  $J=15.2$ , 7.6Hz, 1H), 5.14 (dd,  $J=15.2$ , 8.0Hz, 1H), 0.83 (d,  $J=5.0\text{Hz}$ , 3H), 0.82 (d,  $J=5.0\text{Hz}$ , 3H), 0.89 (d,  $J=5.0\text{Hz}$ , 3H)。 $^{13}\text{C-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 400MHz)  $\delta$  36.89 (C-1), 30.06 (C-2), 66.40 (C-3), 34.66 (C-4), 82.14 (C-5), 135.17 (C-6), 130.70 (C-7), 79.40 (C-8), 51.06 (C-9), 36.93 (C-10), 20.60 (C-11), 39.31 (C-12), 44.53 (C-13), 51.188 (C-14), 23.37 (C-15), 28.60 (C-16), 56.17 (C-17), 12.84 (C-18), 18.14 (C-19), 39.69 (C-20), 20.85 (C-21), 135.39 (C-22), 132.273 (C-23), 42.74 (C-24), 33.03 (C-25), 19.61 (C-26), 19.91 (C-27), 17.53 (C-28)。以上数据与文献报道的麦角甾醇过氧化物一致(刘雅峰和潘勤 2004), 鉴定化合物 1 为麦角甾醇过氧化物(ergosterol peroxide), 其分子式为  $\text{C}_{28}\text{H}_{44}\text{O}_3$ , 其得率为 0.034mg/g。

**化合物 2** 无色针状晶体(氯仿), mp: 153—155℃, 易溶于石油醚、氯仿等有机溶剂。分子量为 396, EI-MS 给出碎片峰  $m/z$  396 $[M]^+$ , 383, 363, 337, 271。 $^1\text{H-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 400MHz)  $\delta$  3.64 (m, 1H), 5.57 (dd,  $J=2.3$ , 5.6d, 1H), 5.38 (t, 2.5, 2.8, 1H), 0.63 (s, 3H), 0.95 (s, 3H), 1.04 (d,

$J=6.6$ , 3H), 5.17 (dd,  $J=7.4$ , 14.4, 1H) 5.23 (dd,  $J=15.2$ , 6.9Hz, 1H), 0.92 (s, 3H), 0.83 (s, 3H), 0.82 (s, 3H)。 $^{13}\text{C-NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 400MHz)  $\delta$  36.09 (C-1), 32.00 (C-2), 70.46 (C-3), 38.38 (C-4), 139.78 (C-5), 119.59 (C-6), 116.29 (C-7), 141.35 (C-8), 46.26 (C-9), 37.03 (C-10), 21.25 (C-11), 40.40 (C-12), 42.83 (C-13), 54.56 (C-14), 22.99 (C-15), 28.27 (C-16), 55.75 (C-17), 12.04 (C-18), 16.28 (C-19), 40.80 (C-20), 21.10 (C-21), 135.56 (C-22), 131.98 (C-23), 42.83 (C-24), 33.09 (C-25), 19.64 (C-26), 19.94 (C-27), 17.59 (C-28)。以上信息与麦角甾醇相关文献报道一致(万辉 2000), 鉴定化合物 2 为麦角甾醇(ergosterol), 其分子式为  $\text{C}_{28}\text{H}_{44}\text{O}$ , 其得率为 0.04mg/g。

## 2.2 上清液的 GC-MS 分析

蒙古口蘑石油醚提取物低温放置后的上清液通过 GC-MS 分析, 其色谱条件为: HP-5 型毛细管柱 (30m $\times$ 0.25mm $\times$ 0.25 $\mu\text{m}$ ), 汽化室温度 270℃, 流速 1.0mL/min, 柱温 80℃ (3min) $\rightarrow$ 150℃ $\rightarrow$ 270℃ (5min), 接口 280℃。质谱条件为: 离子源温 230℃, 采集方式全扫描, 扫描范围 45—460amu, 不分流, 四极杆 150℃, 溶剂延迟 2.0min, 阈值 150, 其 GC-MS 总离子流色谱图如图 1 所示。各组分的相对含量是从总离子流色谱图中用封面积归一化方法计算而得, 采用 WILEY.L 谱库检索, 并结合质谱图中基峰、负荷比以及相对丰度与标准图谱的比较, 共鉴定出 10 个化合物(表 1)。

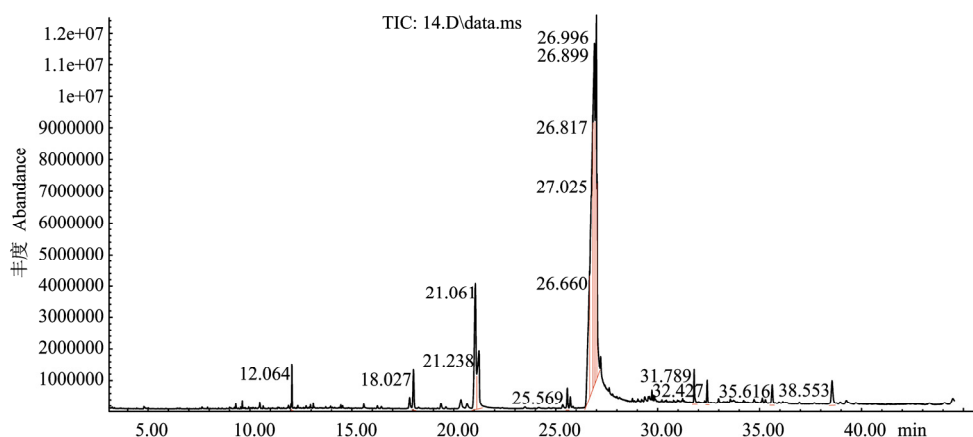


图 1 蒙古口蘑石油醚提取物 GC-MS 总离子流图

Fig. 1 GC-MS Chromatogram of *Tricholoma mongolicum* petroleum ether extract.

2.3 抑菌试验

根据实验所需，阳性药的抑菌圈直径不可过大，否则抑菌圈会覆盖到相邻的纸片上，亦或两个相邻的抑菌圈相连且中间无间隔，从而影响测量的准确度。相反，如果阳性药的抑菌圈偏小，同样会

影响测量时的准确性，使误差变大。因此，阳性药的抑菌圈直径应 13—15mm 为宜。

**2.3.1 阳性药的筛选：**由表 2 的数据可知，金黄色葡萄球菌 ATCC6538 及大肠杆菌 ATCC8099 的最佳阳性药为硫酸庆大霉素（2.56mg/mL）。

表 1 蒙古口蘑石油醚提取物上清的 GC-MS 分析

Table 1 Results of GC-MS analysis

序号 No.	保留时间 tR/min	化合物 Compound	峰面积（%） Peak area	相似度 Similarity
1	9.629	反,反-2,4-癸二烯醛 (E,E)- 2,4-Decadienal	0.13	95%
2	12.016	[1R-(1 $\alpha$ ,7 $\beta$ ,8A $\alpha$ )]-1,2,3,5,6,7,8,8A-八氢-1,8A-二甲基-7-(1-甲基乙烯基)-萘 [1R-(1 $\alpha$ ,7 $\beta$ ,8A $\alpha$ )]-1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,8A-dimethyl-7-(1-methylvinyl)naphthalene	0.06	98%
3	12.065	n-癸基丙烯酸酯 n-Decyl acrylate	0.69	87%
4	15.592	十四烷酸 Tetradecanoic acid	0.16	95%
5	17.840	十五烷酸 Pentadecanoic acid	0.51	99%
6	20.357	顺-11-十六烷酸 Z-11-Hexadecanoic acid	0.67	91%
7	21.237	正-十六烷酸 n-Hexadecanoic acid	4.30	99%
8	25.570	(反, 反)-9,12-十八碳二烯酸甲基酯 (E,E)-9,12-Octadecadienoic acid methyl ester	0.66	99%
9	25.716	11-顺-十八碳烯酸甲酯 11-Octadecenoic acid methyl ester	0.36	99%
10	35.618	2,6,10,14,18,22-二十四碳己烯 2,6,10,14,18,22-Tetracosahexaene	0.76	98%

注：相似度为与 GC-MS 数据库中相应化合物的对比相似度。

Note: The similarity is comparison similarity of the corresponding compounds in the GC-MS database.

表 2 不同阳性药的抑菌圈直径 (mm)

Table 2 Antibacterial diameter of different drugs (mm)

菌株 Strain	阿米卡星 Amikacin		硫酸庆大霉素 Gentamicin		氯霉素 Chloromycetin		头孢曲松 Ceftriaxone	
	1.28mg/mL	2.56mg/mL	1.28mg/mL	2.56mg/mL	1.28mg/mL	2.56mg/mL	1.28mg/mL	2.56mg/mL
	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$
金黄色葡萄球菌 <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC6538	11.60±0.13	12.20±0.14	13.33±0.13	13.40±0.21	30.47±0.42	—	—	—
大肠杆菌 <i>E. coli</i> ATCC8099	11.47±0.22	11.90±0.17	12.73±0.15	13.60±0.21	30.73±0.48	—	—	—

注：“—”为抑菌圈过大。

Note: “—” is too large inhibition diameter.

**2.3.2 抑菌试验：**石油醚提取物对大肠杆菌 ATCC8099 和金黄色葡萄球菌 ATCC6538 都有抑菌活性，并且与对照组相比均有极显著性差异，其中抑制作用在 50mg/mL 抑制率最高，分别为 52.78% 和 62.05%（表 3），而化合物 1 和化合物 2 均对这两个细菌没有抑制作用，其上清部分的抑菌作用在相同浓度下均与总石油醚提取物的抑菌活性相似，显示出明显的抑制大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的作用。

**2.3.3 最小抑菌浓度（MIC）的测定：**最小抑菌浓度的测定结果显示，石油醚提取物对大肠杆菌 ATCC8099 和金黄色葡萄球菌 ATCC6538 的 MIC 值

分别为 5mg/mL 和 2.5mg/mL。

3 讨论

本文选择了常见的泌尿道感染病原菌大肠杆菌和常引起疖、痈和毛囊炎等（刘迎秋等 2009）皮肤感染的金黄色葡萄球菌，对蒙古口蘑的石油醚提取物及从中分离得到的麦角甾醇、麦角甾醇过氧化物和上清液部分进行了抑菌活性实验。结果表明蒙古口蘑石油醚提取物对大肠杆菌 ATCC8099 和金黄色葡萄球菌 ATCC6538 都有抑制活性，并且与对照组相比均有极显著性差异，抑制率最高分别可达到 52.78%和 62.05%。MIC 值分别为 5mg/mL 和

表 3 石油醚提取物对金黄色葡萄球菌 ATCC6538 和大肠杆菌 ATCC8099 的抑菌效应

Table 3 Inhibitory effect of the petroleum ether fraction to *Staphylococcus aureus* ATCC6538 and *Escherichia coli* ATCC8099

组别 Group	浓度（mg/mL） Concentration	大肠杆菌 ATCC8099 的		金黄色葡萄球菌 ATCC6538	
		抑菌直径（mm）	抑制率（%）	的抑菌直径（mm）	ATCC6538 的抑制率（%）
		Inhibition diameter of <i>E. coli</i> ATCC8099	Inhibition ratio of <i>E. coli</i> ATCC8099	Inhibition diameter of <i>S. aureus</i> ATCC6538	Inhibition ratio of <i>S. aureus</i> ATCC6538
庆大霉素 Gentamicin	2.56	14.2±0.68**	100	13.72±0.83**	100
空白组 Control group		7.2±0.27	4.61	7.28±0.22	2.78
石油醚提取物高剂量 High-dose	50	10.8±0.45**	52.78	11.17±0.98**	62.05
石油醚提取物中剂量 Middle-dose	25	10.4±0.55**	47.22	10.67±0.52**	54.61
石油醚提取物低剂量 Low-dose	12.5	9.8±0.45**	38.89	10.17±0.75**	47.17
化合物 1 高剂量 High-dose of compound 1	2×10 <sup>-2</sup>	7.0±0.0	0	7.0±0.0	0
化合物 1 低剂量 Low-dose of compound 1	1×10 <sup>-2</sup>	7.0±0.0	0	7.0±0.0	0
化合物 2 高剂量 High-dose of compound 2	2×10 <sup>-2</sup>	7.0±0.0	0	7.0±0.0	0
化合物 2 低剂量 Low-dose of compound 2	1×10 <sup>-2</sup>	7.0±0.0	0	7.0±0.0	0
石油醚提取物上清高剂量 High-dose of the supernatant	50	11.21±0.47**	58.47	11.70±0.65**	69.94
石油醚提取物上清中剂量 Middle-dose of the supernatant	25	10.62±0.58**	50.28	10.72±0.49**	55.36
石油醚提取物上清低剂量 Low-dose of the supernatant	12.5	9.00±0.75**	27.78	9.14±0.76**	31.85

注：与空白组相比，\*：p<0.05，\*\*：p<0.01.

Note: Compared with the control group, \*: p<0.05, \*\*: p<0.01.

2.5mg/mL。而从石油醚提取物中得到的具有抗肿瘤活性的麦角甾醇、麦角甾醇过氧化物 (Ding *et al.* 2009; Kyong *et al.* 2001) 没有显示出抑菌活性, 因此蒙古口蘑石油醚提取物的抑菌活性成分应可能在其上清中, 实验结果也验证了上清部分的抑菌活性。对上清部分进行气质联机分析结果表明主要含有饱和脂肪酸类化合物和十八碳二烯酸衍生物及挥发性香味成分, 如[1R-(1 $\alpha$ ,7 $\beta$ ,8A $\alpha$ )]-1,2,3,5,6,7,8,8A-八氢-1,8A-二甲基-7-(1-甲基乙烯基)-萜是存在于柑橘类水果和可可等中, 呈柑橘似香气的食品香料。反,反-2,4-癸二烯醛是存在于橙子、柠檬、园柚、草莓、生土豆、花生、黄豆、杏仁等中, 具有脂肪香气的煎炸类食用香精。而蒙古口蘑石油醚提取物的上清液中含有最高的是正-十六烷酸 (棕榈酸), 据余克娇等 (2005) 的报道, 富含正-十六烷酸的乌拉草的挥发油具有较强的抑制大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的作用。蒙古口蘑的石油醚提取物上清部分中所富含的正-十六烷酸等挥发性成分可能发挥了其抑菌活性。因此以后有必要对蒙古口蘑石油醚提取物上清部分中的主要抑菌活性成分进行进一步的分离、纯化和鉴定, 并对其抗菌机理等进行深入研究。

## [REFERENCES]

- Chen H, 2009. *In vitro* bacteriostatic test of Chinese herbal medicine against 8 livestock and poultry pathogenic enteral bacteria. Master thesis. Gansu Agricultural University, Lanzhou. 20 (in Chinese)
- Deng SQ, 1963. Chinese fungi. Science Press, Beijing. 597 (in Chinese)
- Ding Y, Bao HY, Bau T, Li Y, Kim YH, 2009. Antitumor components from *Naematoloma fasciculare*. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 19(10): 1135-1138
- Kyong SN, Young SJ, Young HK, Jin WH, Ha WK, 2001. Cytotoxic activities of acetoxyscirpenediol and ergosterol peroxide from *Paecilomyces tenuipes*. *Life Sciences*, 69: 229-237
- Liu YF, Pan Q, 2004. Separation of peroxy-ergosterol in fungus *Shiraia bambusicola*. *Journal of Tianjin University of Traditional Chinese Medicine*, 23(1): 15-16 (in Chinese)
- Liu YQ, Xiong HX, Gorbunova IA, Bao HY, Li Y, 2009. Antibacterial activity of different extracts from sclerote of *Inonotus obliquus* against bacteria. *Edible Fungi of China*, 28(2): 31-35 (in Chinese)
- Wan H, 2000. Studies on chemical constituents of *Gyroporus castaneus*. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 31(5): 328-330 (in Chinese)
- Wu EQ, Bau T, 2007. Research advancement on *Tricholoma mongolicum*. *Edible Fungi of China*, 26(4): 3-5 (in Chinese)
- Yu KJ, Chen XH, Bi KS, 2005. Determination and antimicrobial effects of essential oil from *Carex meyeriana* Kunth. *Northwest Pharmaceutical Journal*, 20(5): 204-206 (in Chinese)
- Zambel D, 2007. Traditional mongolian canonical medicine. Inner Mongolia People's Press, Hohhot. 328 (in Chinese)
- [附中文参考文献]
- 陈红, 2009. 中草药对 8 种畜禽肠道病原菌的体外抑菌试验. 兰州: 甘肃农业大学硕士学位论文. 20
- 邓叔群, 1963. 中国的真菌. 北京: 科学出版社. 597
- 刘雅峰, 潘勤, 2004. 真菌竹黄中的过氧麦角甾醇的分离. 天津中医学院学报, 23(1): 15-16
- 刘迎秋, 熊红霞, 包海鹰, Gorbunova IA, 李玉, 2009. 桦褐孔菌菌核提取物对细菌抑菌活性研究. 中国食用菌, 28(2): 31-35
- 万辉, 2000. 褐圆牛肝菌化学成分研究. 中草药, 31(5): 328-330
- 吴恩奇, 图力古尔, 2007. 蒙古口蘑研究进展. 中国食用菌, 26(4): 3-5
- 余克娇, 陈晓辉, 毕开顺, 2005. 乌拉草挥发油的含量测定和抑菌作用. 西北药学杂志, 20(5): 204-206
- 占布拉·道尔吉, 2007. 蒙药正典. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社. 328