

# 小麦肽对受环磷酰胺免疫抑制小鼠的免疫调节及抗氧化功能

代卉<sup>2</sup>, 乐国伟<sup>1,2</sup>, 孙进<sup>2</sup>, 韩芳<sup>2</sup>, 施用晖<sup>1,2</sup>

1 江南大学 食品科学与技术国家重点实验室, 无锡 214122

2 江南大学食品学院, 无锡 214122

**摘要:** 本研究旨在分析小麦蛋白活性肽对免疫抑制小鼠免疫功能和抗氧化功能的调节作用。小鼠灌胃小麦肽 10 d, 第 8 天用环磷酰胺诱导免疫抑制, 测定血清溶血素、抗体生成细胞含量、脾细胞增殖、体外腹腔巨噬细胞吞噬能力、肝脏抗氧化酶活性和丙二醛(MDA)含量以及血清清除 DPPH 和 ·OH 的能力。实验结果表明, 环磷酰胺处理显著的降低了小鼠血清中抗 SRBC 抗体(溶血素 HC<sub>50</sub>)水平和腹腔巨噬细胞的吞噬能力; 同时伴随着肝脏超氧化物歧化酶活性(SOD)、过氧化氢酶活力(CAT)、总抗氧化能力(T-AOC)的降低和 MDA 含量的提高。给小鼠灌胃小麦肽可以恢复 HC<sub>50</sub> 和脾细胞增殖, 显著提高抗体生成细胞含量和腹腔巨噬细胞吞噬能力; 此外, 小麦肽增强了小鼠血清清除 DPPH 和清除 ·OH 的能力。以上结果表明, 小麦肽可以调节应激状态引起的机体抗氧化体系紊乱及免疫功能的降低。这可能与小麦肽缓冲自由基生成、激活腹腔巨噬细胞和脾淋巴细胞活性有关。

**关键词:** 小麦肽, 免疫抑制, 自由基, 免疫作用, 抗氧化作用

## Immune modulation and antioxidant effects of wheat peptides on immunosuppressed mice

Hui Dai<sup>2</sup>, Guowei Le<sup>1,2</sup>, Jin Sun<sup>2</sup>, Fang Han<sup>2</sup>, and Yonghui Shi<sup>1,2</sup>

1 State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China

2 School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China

**Abstract:** We studied immune modulation and antioxidant effects of wheat peptides on immunosuppressed mice. Mice were administrated with wheat peptides orally for 10 days and treated with cyclophosphamide at the 8th day. The indexes including serum hemolysin, plaque forming cells, spleen cells proliferation, liver antioxidant enzymes activities, malondialdehyde (MDA), scavenging serum 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl and ·OH and macrophage phagocytic ability *in vitro* were measured to assess the immune functions and antioxidation abilities. *In vivo* study shows that cyclophosphamide significantly decreases serum hemolysin (HC<sub>50</sub>) and phagocytic function of macrophages. Simultaneously, liver superoxide dismutase, catalase activity and total oxidation capacity were decreased and malondialdehyde was increased. Wheat peptides could recover HC<sub>50</sub> and spleen cell proliferation when orally administrated. Furthermore, they could also enhance serum 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl and ·OH scavenging. In conclusion, wheat peptides can help body resist the stress related disorders in immune and antioxidant system.

**Received:** November 27, 2008; **Accepted:** February 4, 2009

**Supported by:** National High Technology Research and Development Program of China (863 Program)(No. 2007AA10Z 325).

**Corresponding author:** Yonghui Shi. Tel/Fax: +86-510-85917789; E-mail: lgw@jiangnan.edu.cn

国家高技术研究发展计划(863 计划)(No. 2007AA10Z 325)资助。

**Keywords:** wheat peptides, immunosuppression, oxygen free radical, immunomodulation, antioxidation

生物活性肽(Biologically active peptides, BAP)指的是一类具有多种生物学功能的分子量小于 6000 D 的多肽。小麦肽是从小麦蛋白水解物中分离得到的生物活性肽,具有 ACE 抑制、吗啡作用、免疫调节、抗氧化等多种生物活性,能够刺激机体淋巴细胞增殖,增强巨噬细胞吞噬功能,提高机体抵御外界病原体感染的能力,降低机体发病率等<sup>[1]</sup>。

目前,国内外生物活性肽的研究主要集中在大豆蛋白和酪蛋白方面,而关于小麦蛋白肽的研究报道较少,特别是关于其功能性的研究,本实验采用 Alcalase 碱性蛋白酶水解小麦蛋白,再经过 732 阳离子交换树脂和 Sephadex G-15 凝胶分离出免疫活性较高的组分,将其对小鼠灌胃,同时对小鼠注射环磷酰胺建立免疫抑制模型,通过对小鼠脏器的免疫和抗氧化指标的测定,从清除自由基的角度来研究抵抗免疫抑制及抗氧化间的相互关系。

## 1 材料与方法

### 1.1 试剂

Alcalase FG 2.4L (Novo.nordisk AIS 2800 Bagsvaerd): Novo 公司; 732 强酸性阳离子交换树脂: 上海化学树脂公司; Sephadex G-15: Sigma 公司; 绵羊红细胞(SRBC): 无锡华商生物试剂有限公司; 豚鼠血清: 自制; 噻唑蓝(MTT): Sigma 公司; HEPES、谷氨酰胺: 华美生物工程公司; R/MINI1640 培养基: Gibco 公司; 胎牛血清: 中国科学院上海生化与细胞研究所; 环磷酰胺(Cy): 江苏恒瑞医药股份有限公司; FITC 异硫氰酸荧光素: 北京拜尔迪生物技术有限公司; T-AOC、MDA、CAT、SOD 试剂盒: 南京建成生物工程研究所。

### 1.2 主要仪器

荧光/化学发光分析仪: Zenth 3100, 奥地利 Anthos; MK3 酶标仪: 上海雷勃分析仪器厂; 超低温冰箱: 美国; 二氧化碳培养箱: 美国 Thermo Forma; 净化工作台: 苏州净化设备厂; 倒置式生物显微镜: 重庆光电仪器有限公司。

### 1.3 实验动物

30 日龄健康昆明种小鼠, 18~22 g, 雄性, 浙江省实验动物中心提供, 动物合格证号为: 浙医动字

2001001 号。

### 1.4 小麦肽的制备

采用 Alcalase 碱性蛋白酶对小麦蛋白进行水解, 水解条件: 酶用量  $13 \times 10^3$  U/g, pH 值 9.5, 温度  $60^\circ\text{C}$ , 底物浓度 4%, 反应时间 100 min, 水解度 18.63%; 将水解产物离心去上清制成冻干粉, 再经过 732 阳离子交换树脂和 Sephadex G-15 凝胶进行分离纯化, 通过体外小鼠脾细胞增殖实验检测出活性较高的组分(分子量 < 6000 D), 冷冻干燥制成冻干粉备用。

### 1.5 动物实验

32 只昆明种小鼠, 按体重随机均分成 4 组: 正常对照组、免疫抑制组、免疫抑制+低剂量小麦肽组 (2 mg/mL)、免疫抑制+高剂量小麦肽组 (10 mg/mL)。低剂量肽组按 20 mg/kg 体重灌胃, 高剂量肽组按 100 mg/kg 体重灌胃, 对照组和环磷酰胺组按 10 mL/kg 体重灌胃无菌生理盐水。每天 1 次, 连续灌胃 10 d, 第 6 天所有小鼠均腹腔注射 0.2 mL 2% 的绵羊红细胞, 实验的最后 2 天免疫抑制组小鼠腹腔注射 80 mg/kg 体重的环磷酰胺 (20 mg/mL), 其他组注射同等剂量的无菌生理盐水, 第 10 天眼球采血处死小鼠。

#### 1.5.1 抗体生成细胞含量(PFC)的测定

根据文献[2]的方法进行改进。小鼠眼球放血处死后, 无菌取脾细胞, 调细胞浓度为  $5 \times 10^6$  个细胞/mL, 取该脾细胞、0.2% SRBC 和 10% 豚鼠血清补体各 0.5 mL, 混匀后于  $37^\circ\text{C}$  的水浴中保温 1 h (保温期间轻轻摇动 2 次, 避免细胞下沉), 然后 3000 r/min 离心 5 min, 吸取上清。另设不加补体的细胞悬液作为空白, 处理同上。于 413 nm 处以空白调零, 测定上清的吸光值。以吸光度表示抗体生成细胞含量。

#### 1.5.2 血清中抗 SRBC 抗体(溶血素 $HC_{50}$ )含量

用生理盐水将小鼠血清稀释 100 倍,  $0^\circ\text{C}$  下吸取 1 mL 与 0.5 mL 10% 绵羊红细胞和 1 mL 豚鼠血清补体混合,  $37^\circ\text{C}$  水浴保温 30 min, 冰浴终止反应。2000 r/min 离心 10 min, 取 1 mL 上清液, 加 3 mL 都氏试剂, 混匀后静置 10 min, 测定  $OD_{540}$ 。

半数溶血 OD 值: 0.25 mL 绵羊红细胞, 用都氏试剂稀释至 4 mL, 摇匀后静置 10 min, 2000 r/min 离心 10 min, 测定  $OD_{540}$  作为绵羊红细胞半数溶血时

的吸光度值。按下式计算绵羊红细胞半数溶血值  $HC_{50}$  作为血清中抗 SRBC 抗体(溶血素)含量:  $HC_{50} = (\text{样品 } OD \text{ 值} / \text{SRBC 半数溶血 } OD \text{ 值}) \times \text{样品稀释倍数}$ 。

1.5.3 脾细胞增殖

无菌取脾细胞, 调细胞数至  $2 \times 10^6 / \text{mL}$ , 加入 96 孔培养板, 每孔 0.2 mL, 每个处理做 4 个复孔, 在  $37^\circ\text{C}$ 、5%  $\text{CO}_2$  培养箱中培养 60 h 后, 1000 r/min 离心 5 min, 去掉上清, 再加入 MTT(5 mg/mL)20  $\mu\text{L}$ , 继续培养 4 h, 加 100  $\mu\text{L}$  DMSO, 用酶标仪测定  $OD_{630}$ 。

1.5.4 体外检测小麦肽对腹腔巨噬细胞吞噬功能的影响<sup>[3]</sup>

无菌取腹腔巨噬细胞, 调细胞浓度为  $2 \times 10^6 / \text{mL}$ , 加入 96 孔培养板, 100  $\mu\text{L}$  /孔,  $37^\circ\text{C}$ 、5%  $\text{CO}_2$  培养箱中培养 4 h 贴壁, 1500 r/min 离心 10 min 去上清, 更换培养基继续培养 4 h, 分别加入小麦肽 0、200、400  $\mu\text{g}$ /孔, 环磷酰胺 100  $\mu\text{g}$ /孔, 另设空白对照组, (每个剂量 6 个复孔)刺激培养 24 h, 按照文献[3]方法测定巨噬细胞吞噬 FITC 标记大肠杆菌的能力。

1.5.5 清除 DPPH 活性的测定

根据参考文献[4]和[5]的方法稍加改进。取不同浓度的样品 0.1 mL, 加入  $1 \times 10^{-4}$  mol/L DPPH 无水乙醇溶液 2.8 mL, 混匀后在室温下避光反应 20 min, 并在 4000 r/min 下离心 10 min, 取上清液在 517 nm 下测定吸光度( $A_i$ ), 空白组( $A_j$ )以等体积无水乙醇溶液代替 DPPH 溶液, 对照组( $A_0$ )以等体积蒸馏水代替样品溶液, 并以等体积蒸馏水和无水乙醇混和液空白调零, 清除率按下式计算: 清除率  $I(\%) = (1 - (A_i - A_j) / A_0) \times 100\%$ 。

1.5.6 清除羟自由基( $\cdot\text{OH}$ )活性的测定

按照文献[5]方法测定。

1.5.7 SOD、T-AOC、CAT、MDA 的测定

用南京建成试剂盒, 按照说明测定 SOD、T-AOC、CAT 和 MDA。

1.6 数据处理

实验数据均以平均数  $\pm$  标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示。组间差异比较用 SPSS 10 统计软件作方差分析。

2 结果

2.1 小麦肽对免疫抑制小鼠免疫功能的影响

血清溶血素含量( $HC_{50}$ )可以反映机体体液的免疫能力, 空斑形成细胞数(PFC)主要用于检测脾脏中 B 细胞的抗体生成情况。表 1、2 结果显示, 环磷酰胺处理可以显著引起  $HC_{50}$ ( $P < 0.05$ )和巨噬细胞吞噬能力( $P < 0.01$ )的降低, PFC 和脾细胞增殖能力有减弱趋势。灌胃了小麦肽的免疫抑制小鼠, 抗体生成细胞含量( $P < 0.05$ )显著增强, 体外检测腹腔巨噬细胞的吞噬功能( $P < 0.01$ )也显著提高, 且具有剂量依赖性,  $HC_{50}$  和脾细胞增殖能力有一定恢复。

2.2 小麦肽对免疫抑制小鼠抗氧化能力的影响

表 3 结果显示, 环磷酰胺处理显著降低了小鼠血清清除 DPPH 的能力( $P < 0.05$ ), 但对  $\cdot\text{OH}$  清除能力有显著的增强作用( $P < 0.01$ ), 可能由于机体应激引起。灌胃小麦肽后, 小鼠血清清除 DPPH 和清除  $\cdot\text{OH}$  的能力均显著高于抑制组, 且超过对照组( $P < 0.01$ )。

由表 4 数据可知, 环磷酰胺处理显著消耗了小鼠肝组织抗氧化酶(SOD 和 CAT) ( $P < 0.01$ ), 显著降低了肝脏 T-AOC 能力( $P < 0.01$ ), 并提高了肝脏 MDA 含量( $P < 0.05$ )。小鼠灌胃小麦肽, 可以恢复 SOD、CAT 活力, 降低 MDA 水平并显著提高 T-AOC 能力。

表 1 小麦肽对免疫抑制小鼠  $HC_{50}$ 、PFC、脾细胞增殖的影响( $\bar{x} \pm s$ )

Table 1 Effects of wheat peptides on  $HC_{50}$ , PFC, spleen lymphocytes multiplication of immunosuppressed mice ( $\bar{x} \pm s$ )

Group	Dose (mg/kg)	$HC_{50}$	PFC ( $OD_{413}$ )	Spleen lymphocytes multiplication ( $OD_{630}$ )
Control	-	54.48 $\pm$ 1.34	0.27 $\pm$ 0.031	0.24 $\pm$ 0.024
Cy	-	20.21 $\pm$ 0.98*	0.22 $\pm$ 0.033	0.15 $\pm$ 0.036
Wheat peptides-L+Cy	20	31.45 $\pm$ 1.43	0.39 $\pm$ 0.025*	0.19 $\pm$ 0.015
Wheat peptides-H+Cy	100	32.97 $\pm$ 2.38	0.46 $\pm$ 0.025*	0.20 $\pm$ 0.013

Note: compare with control, \* $P < 0.05$ ; \*\* $P < 0.01$ ; cy: mice were treated with cyclophosphamide (80 mg/kg); Wheat peptides-L+Cy: cyclophosphamide (80 mg/kg) treated mice were administrated with low dose of wheat peptides (20 mg/kg); Wheat peptides-H+Cy: cyclophosphamide (80 mg/kg) treated mice were administrated with high dose of wheat peptides (100 mg/kg).

表 2 体外检测小麦肽对免疫抑制小鼠腹腔巨噬细胞吞噬功能的影响( $\bar{x} \pm s$ )Table 2 Effects of wheat peptides on macrophage phagocytosis of immunosuppressed mice *in vitro* ( $\bar{x} \pm s$ )

Group	Dose ( $\mu\text{g}/\text{well}$ )	Macrophage phagocytosis ( $\times 10^6$ ) (fluorescence intensity)
Control	–	4.09 $\pm$ 0.42
Cy	–	2.05 $\pm$ 0.13**
Wheat peptides-L+Cy	200	2.18 $\pm$ 0.22*
Wheat peptides-H+Cy	400	5.28 $\pm$ 0.58**

Note: compare with control, \* $P < 0.05$ ; \*\* $P < 0.01$ ; cy: cyclophosphamide (100 $\mu\text{g}/\text{well}$ ); wheat peptides-L+Cy: cyclophosphamide (100  $\mu\text{g}/\text{well}$ )+wheat peptides (200  $\mu\text{g}/\text{well}$ ); wheat peptides-H+Cy: cyclophosphamide (100  $\mu\text{g}/\text{well}$ )+wheat peptides (400  $\mu\text{g}/\text{well}$ ).

表 3 小麦肽对免疫抑制小鼠血清清除 DPPH 和清除羟自由基( $\cdot\text{OH}$ )的影响( $\bar{x} \pm s$ )Table 3 Effects of wheat peptides on serum DPPH and  $\cdot\text{OH}$  scavenging ability of immunosuppressed mice ( $\bar{x} \pm s$ )

Group	Dose (mg/kg)	DPPH clearance rate	$\cdot\text{OH}$ clearance rate
Control	–	27.25 $\pm$ 3.78	23.33 $\pm$ 1.80
Cy	–	24.42 $\pm$ 2.23*	29.92 $\pm$ 4.51**
Wheat peptides-L+Cy	20	35.07 $\pm$ 1.67**	29.57 $\pm$ 3.76**
Wheat peptides-H+Cy	100	36.53 $\pm$ 3.03**	39.89 $\pm$ 1.56**

Note: as the same as table 1.

表 4 小麦肽对免疫抑制小鼠体内抗氧化指标的作用( $\bar{x} \pm s$ )Table 4 Effects of wheat peptides on antioxidant ability of immunosuppressed mice *in vivo* ( $\bar{x} \pm s$ )

Group	Dose (mg/kg)	Liver T-AOC (U/mg prot)	Liver SOD (U/mg prot)	Liver MDA (nmol/mg prot)	Liver CAT (U/mg prot)
Control	–	4.15 $\pm$ 0.94	69.44 $\pm$ 10.85	13.24 $\pm$ 3.12	27.55 $\pm$ 1.07
Cy	–	2.24 $\pm$ 0.57**	52.27 $\pm$ 14.11**	16.52 $\pm$ 3.56*	20.05 $\pm$ 2.67**
Wheat peptides-L+Cy	20	5.20 $\pm$ 0.73*	68.89 $\pm$ 10.36	14.44 $\pm$ 3.92	26.75 $\pm$ 1.44
Wheat peptides-H+Cy	100	5.55 $\pm$ 0.85**	71.31 $\pm$ 14.5	13.95 $\pm$ 1.99	27.40 $\pm$ 1.54

Note: as the same as table 1.

### 3 讨论

氧自由基是一类具有高度化学反应活性的含氧基团,主要包括超氧阴离子自由基( $\text{O}_2^-$ )和 $\cdot\text{OH}$ 等,它们在引起脂质氧化的同时,可增加黏膜的通透性,使吞噬细胞活动进一步加强,产生更多的氧自由基,从而导致组织细胞损伤<sup>[6]</sup>。正常情况下,氧自由基在抗菌、消炎和抑制肿瘤等方面具有重要意义。但是,在疾病或某些外源性药物和毒物入侵后,抗氧化体系可能会发生紊乱,自由基代谢平衡因此失调,从而导致生物膜和大分子物质发生脂质过氧化损伤<sup>[7]</sup>。

环磷酰胺为目前广泛应用的烷化剂,对多种癌症都有很好的疗效,但其对机体起到一定治疗作用的同时也产生了副作用,它可以抑制免疫细胞,又能抑制骨髓的造血功能,引起机体的氧化应激。因此当机体受到环磷酰胺刺激时,小鼠血清溶血素水

平、脾脏抗体生成细胞含量均明显下降,脾细胞增殖也受到影 响,体外腹腔巨噬细胞吞噬能力也有所减弱,肝脏抗氧化酶活性极大下降。

食物源免疫活性肽不具有免疫原性,能以完整肽的形式被肠道吸收或在肠道与受体结合发挥作用。它们能够刺激淋巴细胞增殖、提高巨噬细胞吞噬外来异物的能力,同时还具有抗肿瘤、抗病毒的功能。目前,乳蛋白来源的免疫肽研究较多,研究表明,乳源生物活性肽可以激活巨噬细胞吞噬活性,巨噬细胞是一种重要的抗原呈递细胞,它激活后可以释放细胞因子调节淋巴细胞活性。本实验结果显示小麦蛋白源活性肽具有相似的作用,可以显著影响脾脏淋巴细胞增殖能力,这可能是通过调节巨噬细胞活性间接实现的。小麦肽调节巨噬细胞释放细胞因子的能力还有待进一步研究。

小麦蛋白碱性氨基酸含量高,水解后有大量抗

氧化氨基酸残基暴露, 抗氧化能力提高。本研究中, 小麦肽显著缓解了环磷酰胺引起的氧化应激。淋巴细胞细胞膜含有丰富的脂质, 容易遭受自由基攻击, 小麦肽可能通过清除自由基预防淋巴细胞损伤, 而促进其增殖能力、提高血清溶血素水平和脾抗体生成细胞含量<sup>[8]</sup>。Dympna 等<sup>[9]</sup>的研究也表明在高氧情况下, 抗氧化剂可以保持巨噬细胞对细菌的吞噬作用, 说明机体在氧化应激情况下抗氧化作用和免疫能力有直接的相关性。

## REFERENCES

- [1] Rutherford-markwick KJ, Moughan PJ. Bioactive peptides derived from food. *J AOAC Int*, 2005, **88**(3): 955-966.
- [2] Zhang YZ, Yu LJ, Wan JM, *et al.* Effect of ethanol extract of lepidium meyenii walp. (Maca) on immunological function of mice. *Nat Prod Res Dev*, 2007, **19**(2): 274-276. 张永忠, 余龙江, 万军梅, 等. 玛咖醇提物对正常小鼠免疫功能的影响. *天然产物研究与开发*, 2007, **19**(2): 274-276.
- [3] Bonar A, Chmiela M, Rudnicka W, *et al.* Mannose-binding lectin enhances the attachment and phagocytosis of mycobacteria *in vitro*. *Arch Immunol Ther Exp*, 2005, **53**(5): 437-441.
- [4] Zhong YS, Li XC, Xie XM, *et al.* Study on DPPH scavenging ability of *Piper longum* L. *J Liaoning Univ TCM*, 2007, **9**(1): 144-145. 钟远声, 李熙灿, 谢学明, 等. 萆薢清除 DPPH 自由基能力的研究. *辽宁中医药大学学报*, 2007, **9**(1): 144-145.
- [5] Huang HL, Xu B. Free radical scavenging activities and principals of *Gueldenstaedtia multiflora* Bge. *J Qingdao Univ (Nat Sci Ed)*, 2006, **19**(4): 30-35. 黄海兰, 徐波. 米口袋清除自由基活性及其成分研究. *青岛大学学报(自然科学版)*, 2006, **19**(4): 30-35.
- [6] Maccarrone M, Ullrich V. Redox regulation in disease and ageing. *Cell Death Differ*, 2004, **11**(8): 949-951.
- [7] Djordjević VB. Free radicals in cell biology. *Int Rev Cytol*, 2004, **237**: 57-89.
- [8] Valavanidis A, Vlahogianni T, Dassenakis M, *et al.* Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants. *Ecotoxicol Environ Saf*, 2006, **64** (2): 178-189.
- [9] Morrow DM, Entezari-Zaher T, Romashko J, *et al.* Antioxidants preserve macrophage phagocytosis of *Pseudomonas aeruginosa* during hyperoxia. *Free Radical Biol Med*, 2007, **42**(9): 1338-1349.

## 《生物工程学报》对摘要的写作要求

1. 研究报告摘要: 基本要素包括研究目的、方法、结果和结论(不用单列标题书写)。目的(Purpose): 主要说明作者写此文章的目的, 或说明本文主要要解决的问题; 方法(Methods): 重点说明作者的主要工作过程及使用的方法。应用性文章如需要, 可注明条件、使用的主要设备和仪器。结果(Results): 本文最后得出的结果(实验数据部分)。结论(Conclusions): 如系基础研究, 应写明本文的创新之处, 及文章在讨论部分表述的观点; 如系应用性研究, 应尽可能提及本文结果和结论的应用范围和应用情况或应用前景。

2. 综述摘要: 包括论述内容的发展水平、自己的评论及展望, 尤其要注意结合自己的研究工作。

3. 英文摘要的撰写要点: 英文摘要的内容应与中文摘要一致, 但比中文摘要更详尽。英文摘要完成后, 务必请英文较好、且专业知识强的专家审阅定稿后再返回编辑部。

凡不符合要求的, 即使学术上可以达到刊出的水平, 本刊也将推迟发表。

(1) 建议使用第一人称, 尽量不使用第三人称和被动语态。

(2) 建议用主动语态, 被动语态表达拖拉模糊尽量不用, 这样可以免好多长句, 以求简单清晰。

(3) 尽量使用清晰简练的短句, 避免很长的句子。注意正确使用英文写作习惯和语法。

(4) 摘要应当使用过去时态, 语法正确, 句子通顺。

(5) 摘要中避免使用缩写语, 除非是那些人人皆知的(如DNA、ATP等), 或者确实是非常长, 而且出现多次的短语才允许用缩写语, 并且在第一次出现时要写出全称。

(6) 在英语摘要中, 不要使用任何汉字字符, 包括标点、括号、温度、希腊字母等。

(7) 句子的开头处最好不要使用数字。