

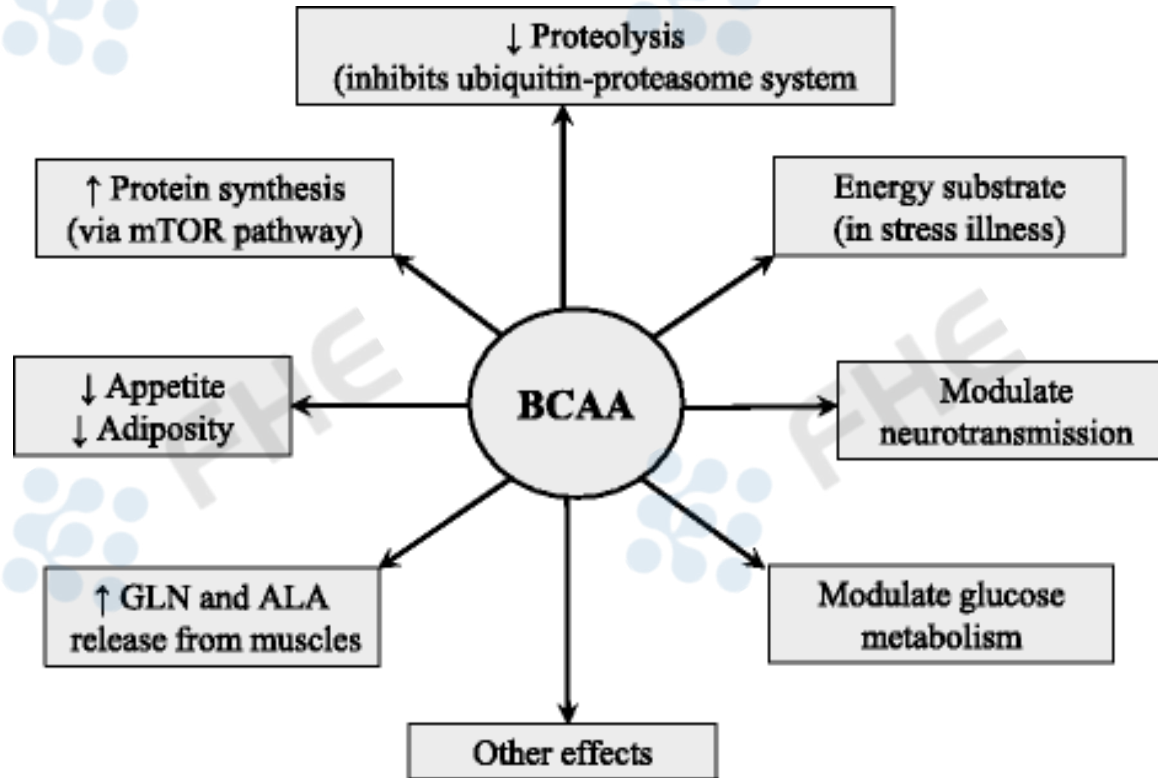


特定氨基酸代谢及其在运动营养中的作用

赵伟 江南大学

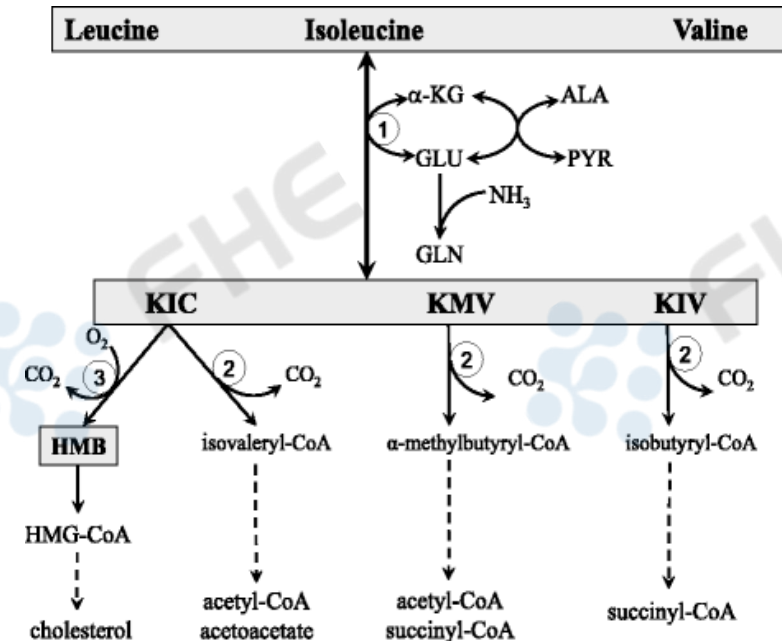
江南大学食品学院
国家功能食品工程技术研究中心

支链氨基酸—BCAA



BCAA, Branched-Chain Amino Acid

亮氨酸, 异亮氨酸和缬氨酸

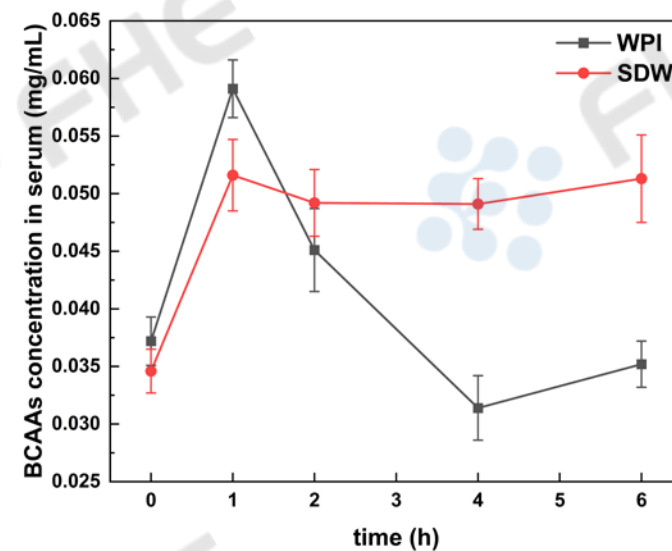
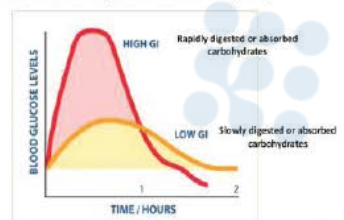


BCAA具有促进蛋白合成代谢与肌肉增长、促进胰岛素释放、促进生长激素释放等生理作用。

碳水低GI 氨基酸低NI?



What is Glycemic Index (GI)



小鼠血清中BCCA含量

小鼠运动干预实验

RCA: 运动+酪蛋白, 8周普通饮食

RHW组: 运动+水解WPI, 8周普通饮食

RWPI组: 运动+WPI, 8周普通饮食

RSDW组: 运动+慢消化WPI, 8周普通饮食

RW组: 运动+去离子水, 8周普通饮食

SW组: 静止组+去离子水, 8周普通饮食

■ 称重/d
★ 进食量/d

● 运动耐力测试



对小鼠进行8周的强制跑步

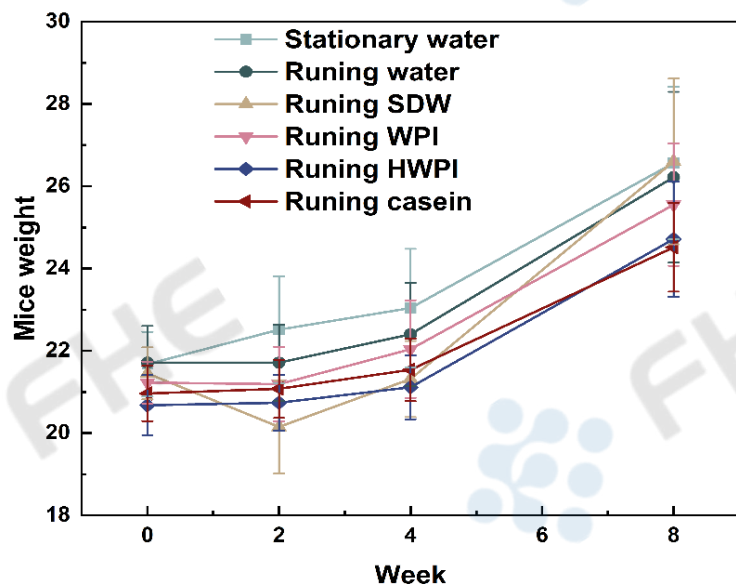


图5.小鼠体重记录

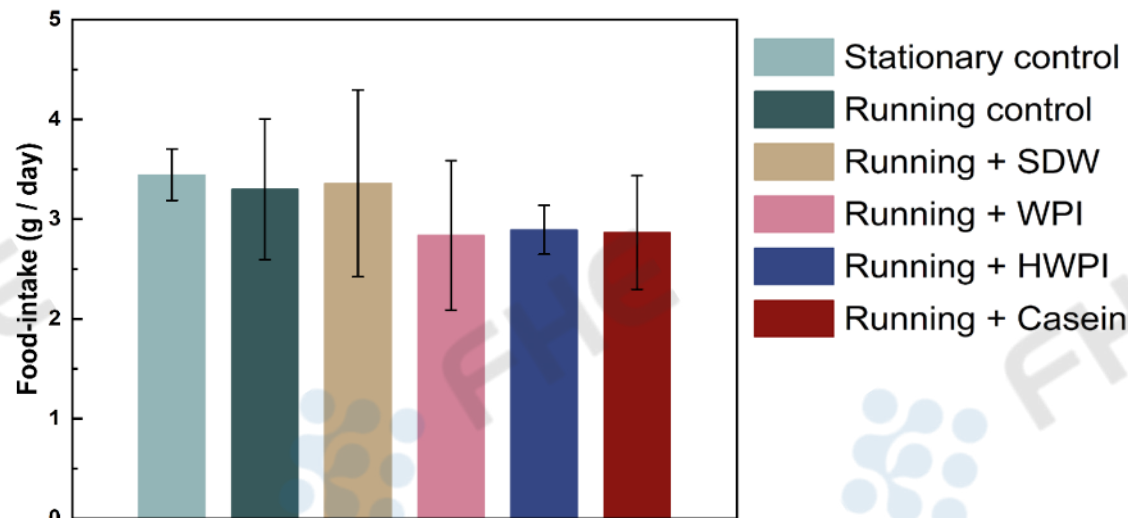
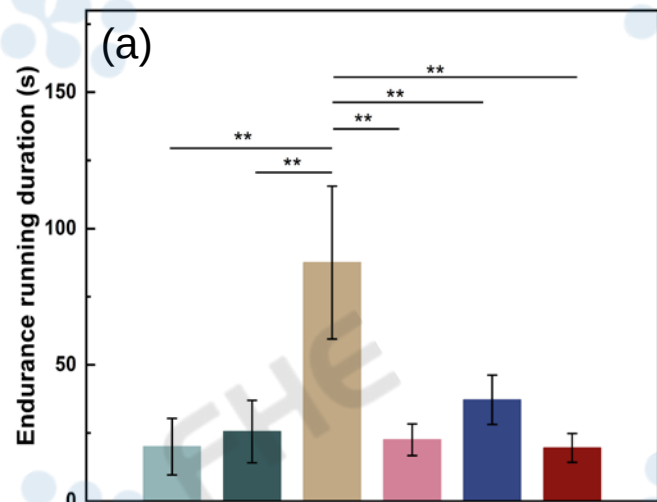


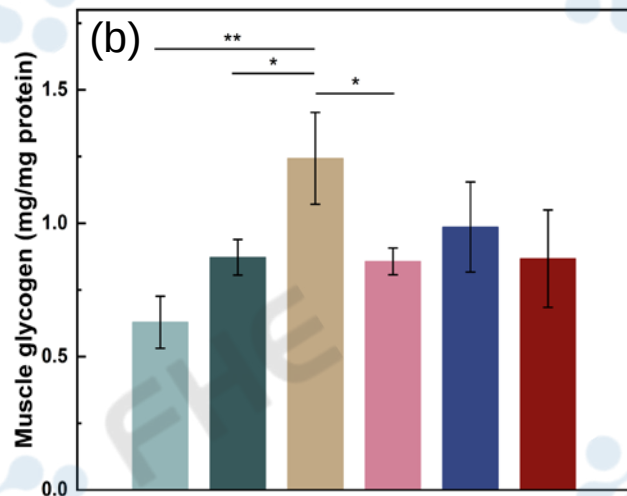
图6.小鼠进食量记录

静止组+去离子水 (Stationary control), 运动+去离子水 (Running control), 运动+慢BCAA (running + SDW), 运动+快BCAA (Running + WPI), 运动+水解WPI (Running + HWPI), 运动+酪蛋白 (Running + casein)

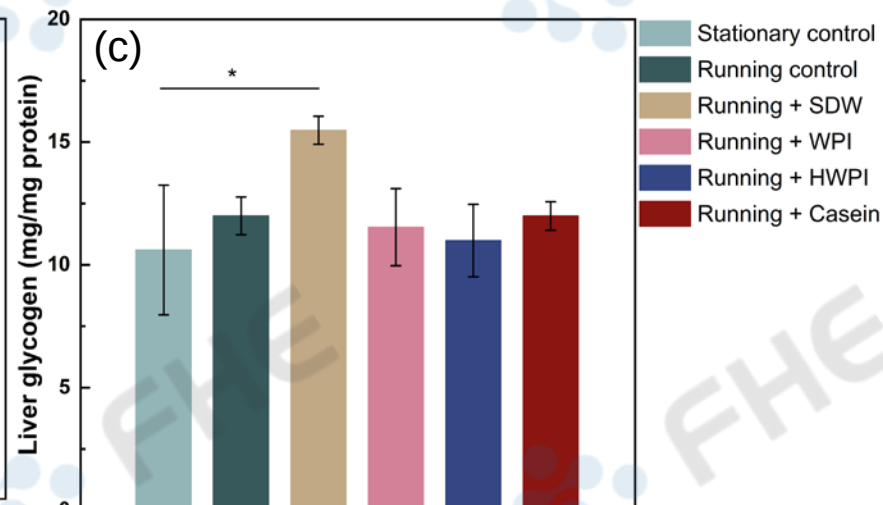
- 小鼠在饲养期间体重均有上升，但是组间无显著性差异
- 小鼠在饲养期间进食量无显著性差异



小鼠运动耐力测试结果

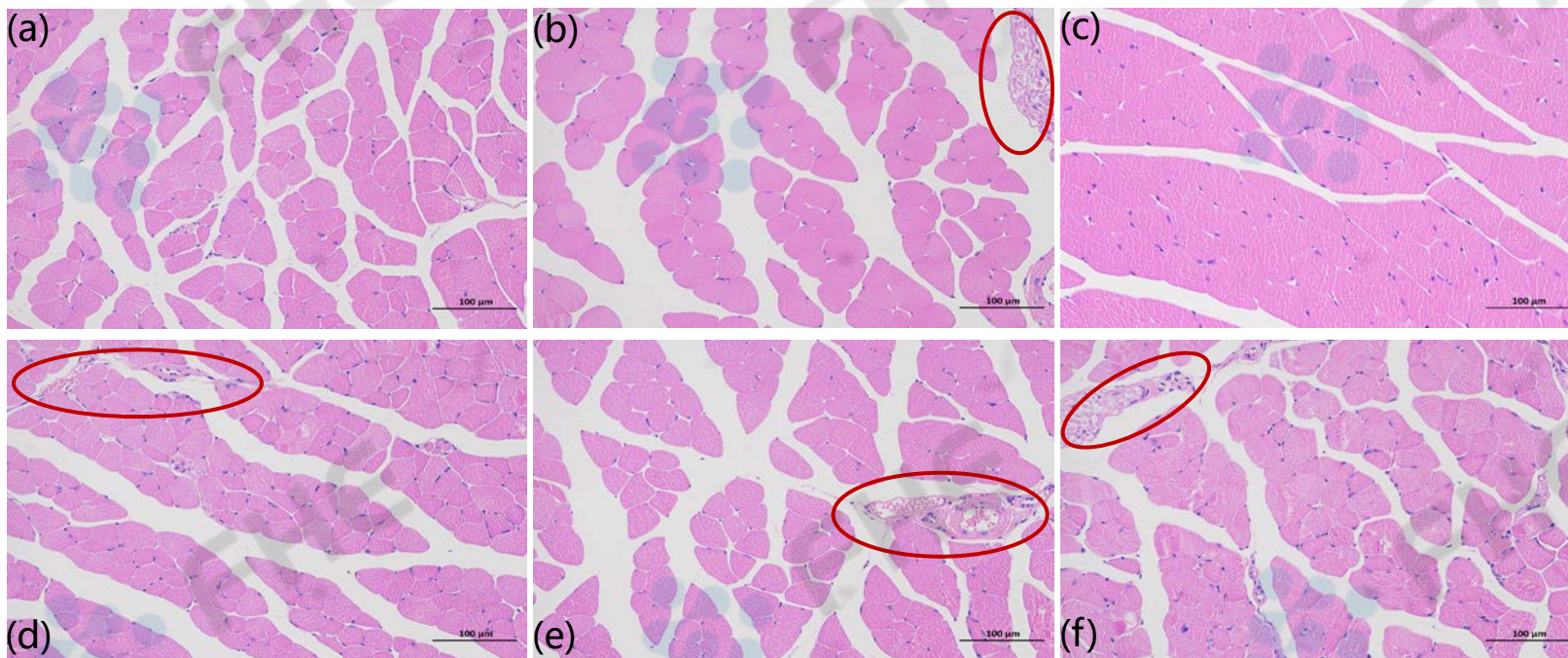


小鼠肌糖原含量



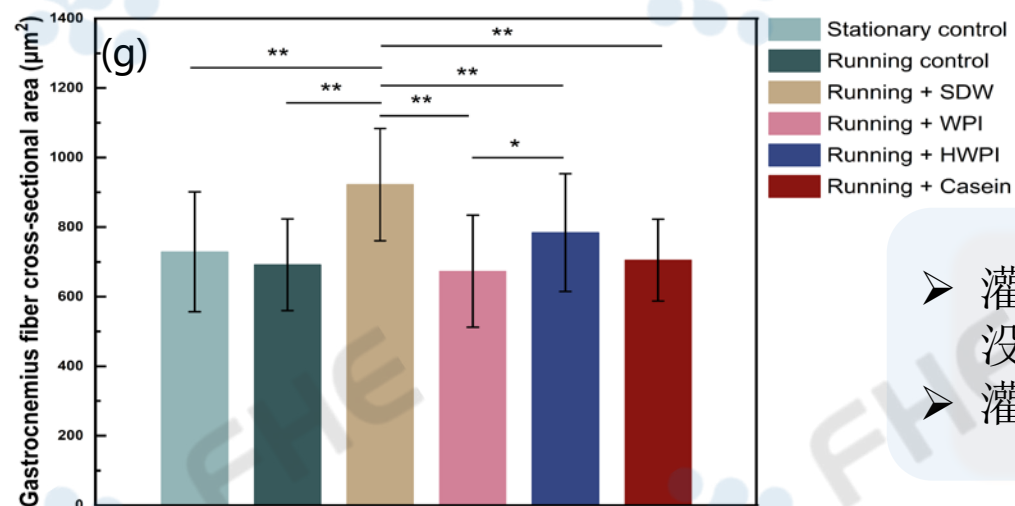
小鼠肝糖原含量

- 慢BCAA (RSDW) 小鼠耐力显著优于其他组。
- 肌糖原和肝糖原是耐力运动的主要能量来源，慢BCAA组小鼠的肌糖原和肝糖原都有一定程度的上升。

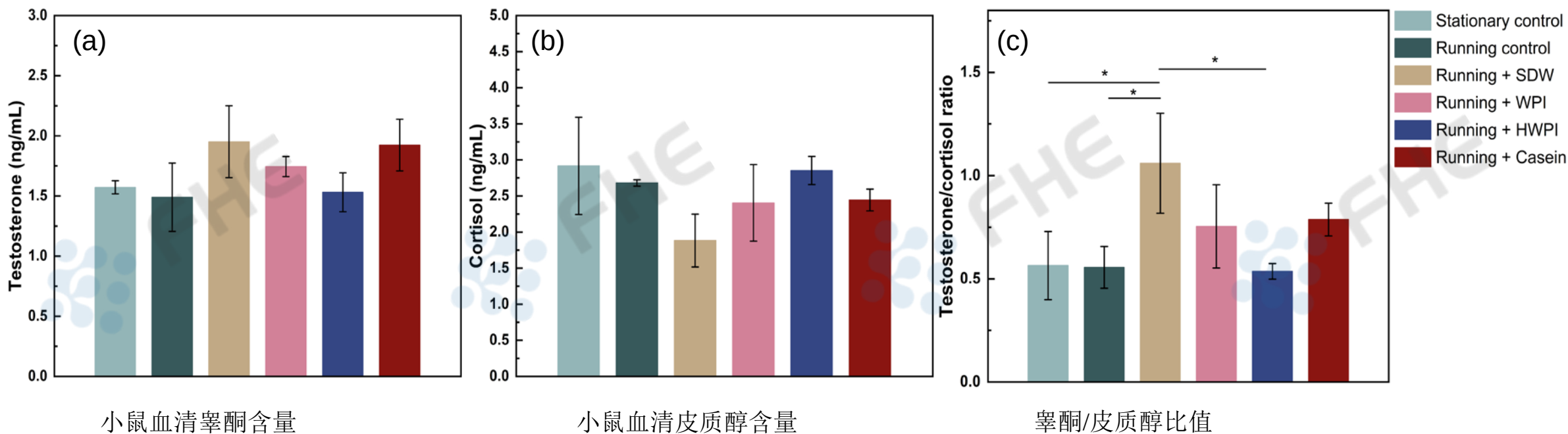


小鼠腓肠肌肌肉HE染色图。

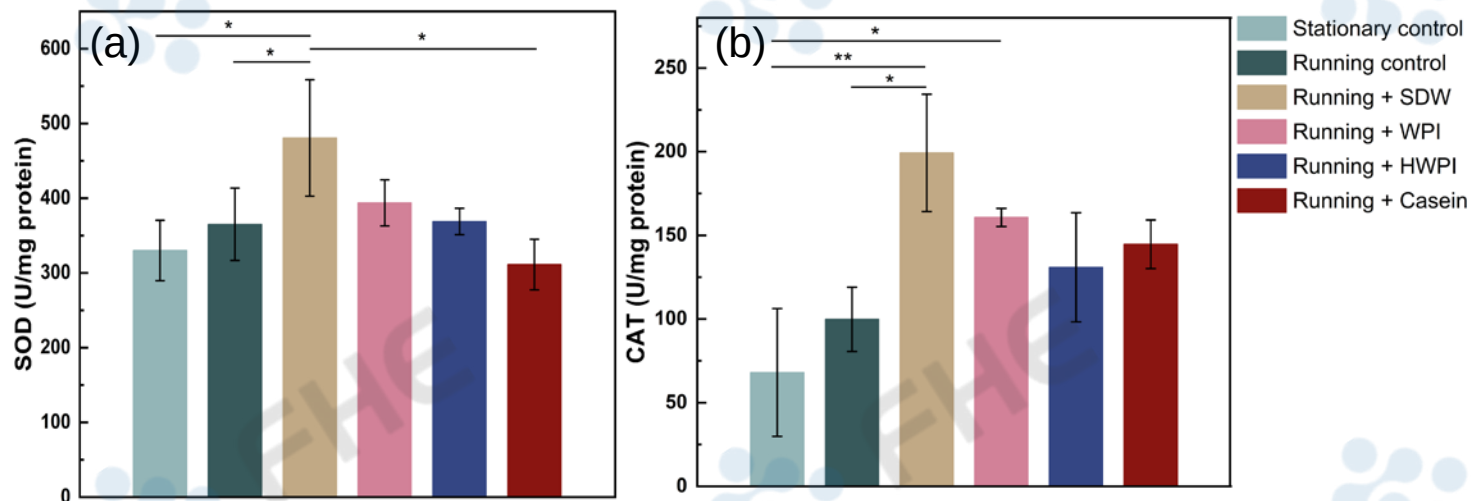
- a) 静止组+去离子水
- b) 运动+去离子水
- c) 运动+慢BCAA
- d) 运动+快BCAA
- e) 运动+水解WPI
- f) 运动+酪蛋白



- 灌胃慢BCAA（SDW）后，小鼠腓肠肌HE染色切片中没有观察到明显的炎症区域。
- 灌胃慢消化蛋白可以增加肌肉纤维面积。



- 睾酮可以促进肌肉蛋白质合成，皮质酮可以促进肌肉蛋白质分解。灌胃慢BCAA（SDW）后，尽管睾酮和皮质醇含量没有差异，但是增加了睾酮/皮质醇比例。



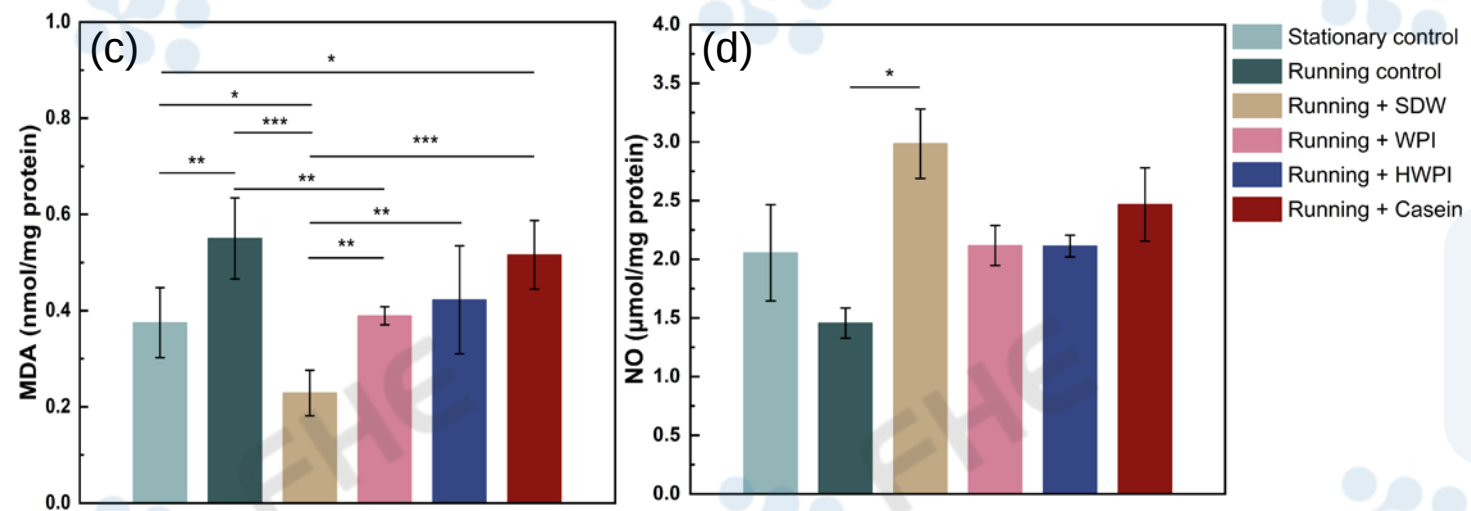
抗氧化能力

(a) 超氧化物歧化酶 (SOD) 含量

(b) 过氧化氢酶 (CAT) 含量

(c) 丙二醛 (MDA) 含量

(d) 一氧化氮 (NO) 含量



➤ 灌胃慢BCAA（SDW）后，增加了SOD, CAT, NO 含量，且降低了MDA含量。

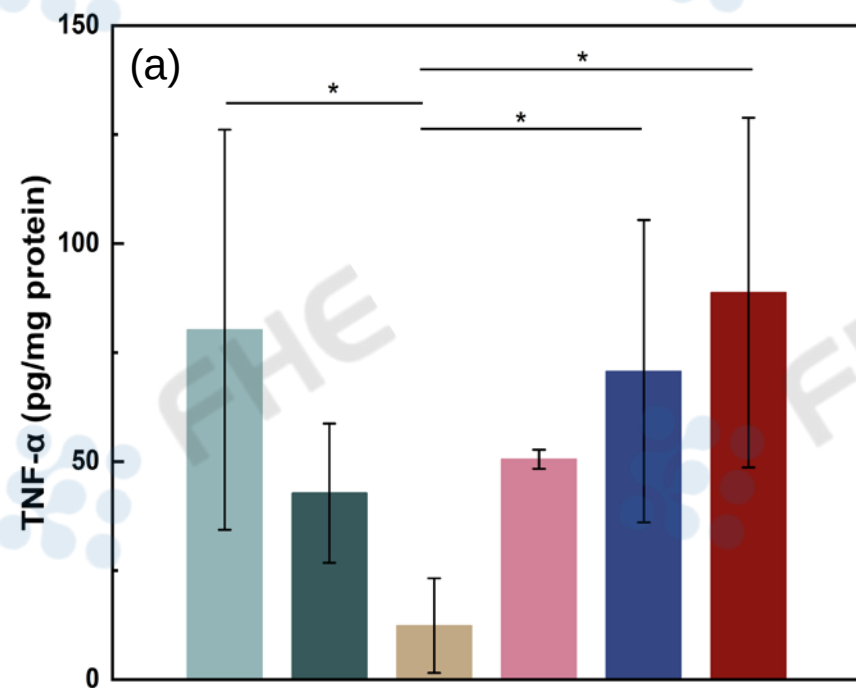


图15.小鼠肌肉TNF-α含量

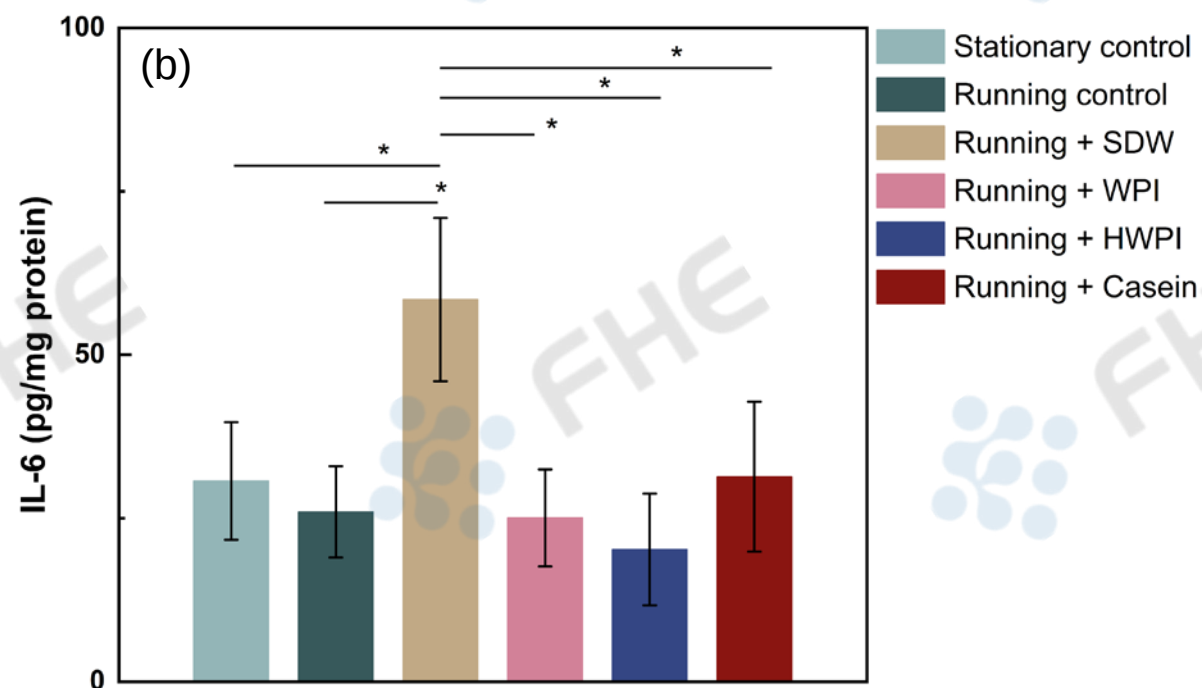
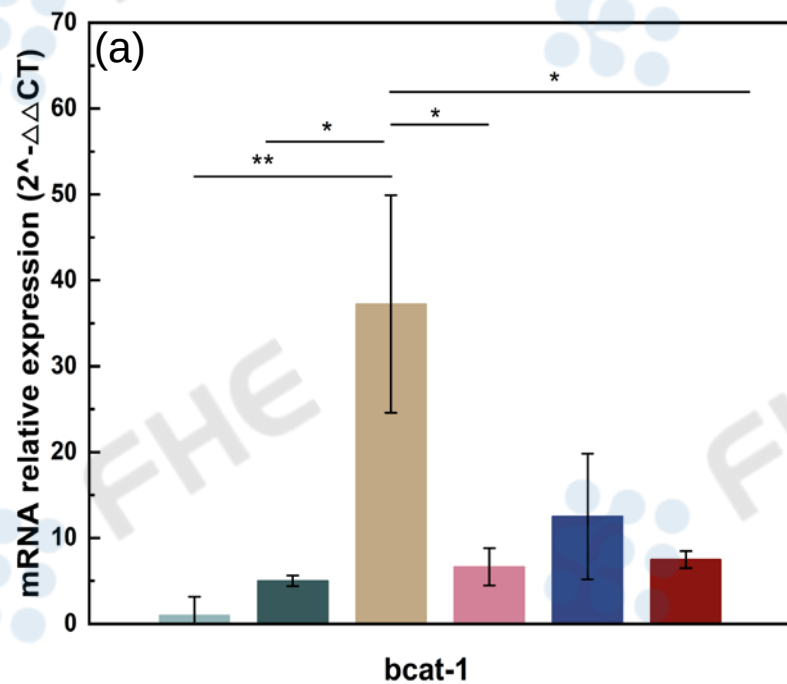
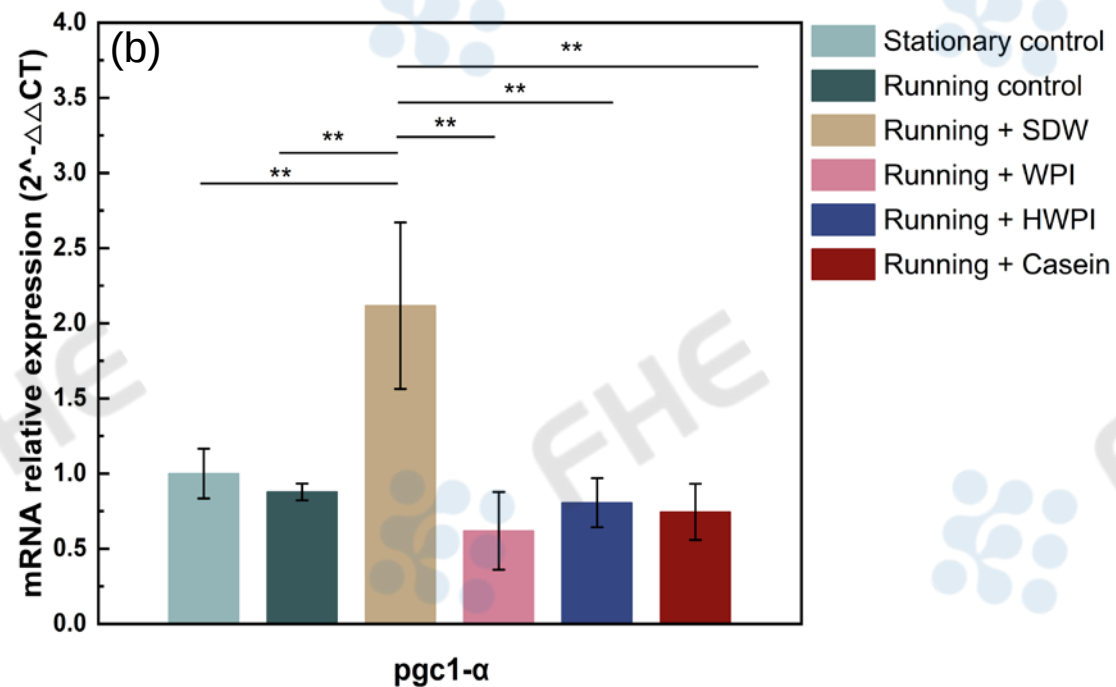


图16.小鼠肌肉IL-6含量

- 灌胃慢BCAA（SDW）后，降低了TNF-α含量，而增加了IL-6含量。
肌肉中IL-6的急性升高，可以对肌肉恢复和生长有促进作用。



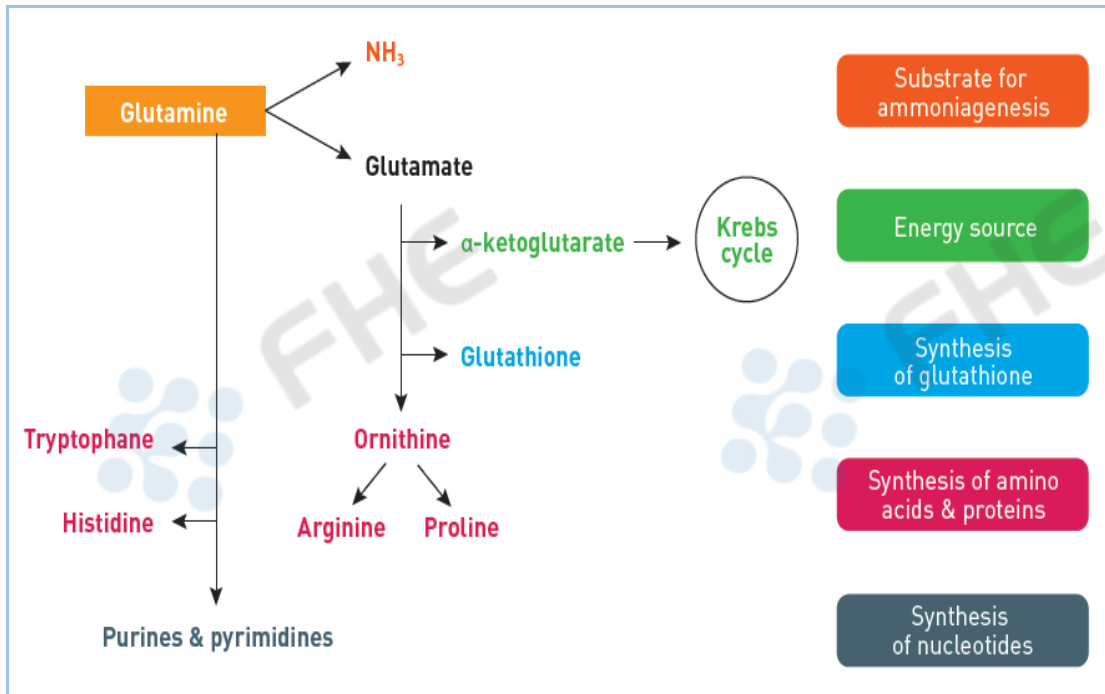
小鼠肌肉TNF-α含量



小鼠肌肉IL-6含量

- 支链氨基酸(BCAAs) 的摄入，会激活mTOR 信号通路。灌胃慢BCAA（SDW），血清中长期有高含量的BCAAs，可能会持续激活mTOR信号通路，从而进一步诱导bcat-1和pgc1-α的表达，促进肌肉生长和降低活性氧水平。

谷氨酰胺



谷氨酰胺在体内代谢及其重要生理作用

- ❑ 胃肠道管腔细胞的基本能量来源，肠道粘膜细胞代谢必需的营养物质，对维持肠道粘膜上皮结构的完整性起着十分重要的作用。
- ❑ 增长肌肉，强力作用
- ❑ 免疫系统的重要燃料，可增强免疫系统的功能
- ❑ 大脑的能量来源，保护大脑、增强智力、并有益于长期与短期记忆，羊水中、母乳中的谷氨酰胺水平很高

免疫系统的重要燃料

谷氨酰胺

核酸生物合成的前期和主要能源

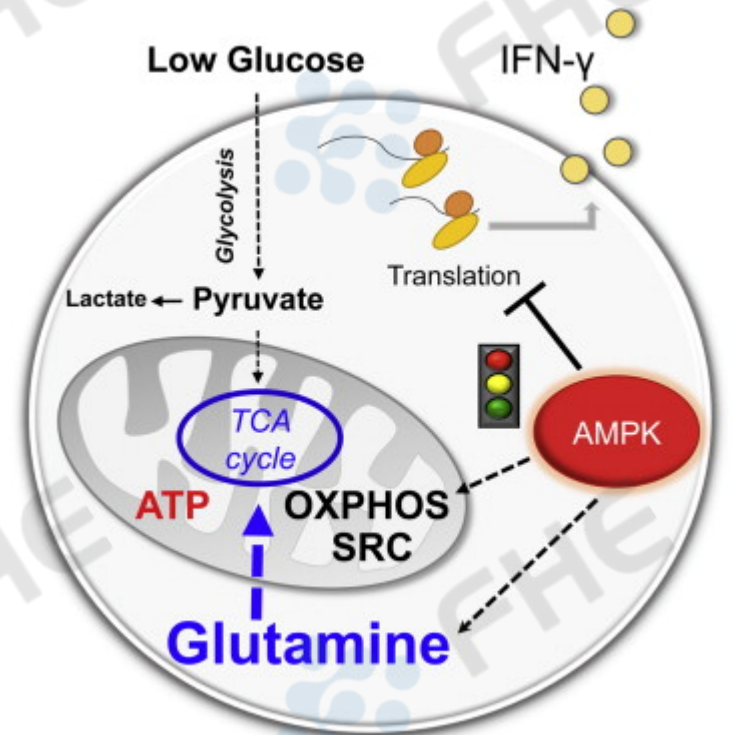
促进淋巴细胞、巨噬细胞的有丝分裂和分化增值

增加细胞因子TNF、IL-1等的产生和磷脂的

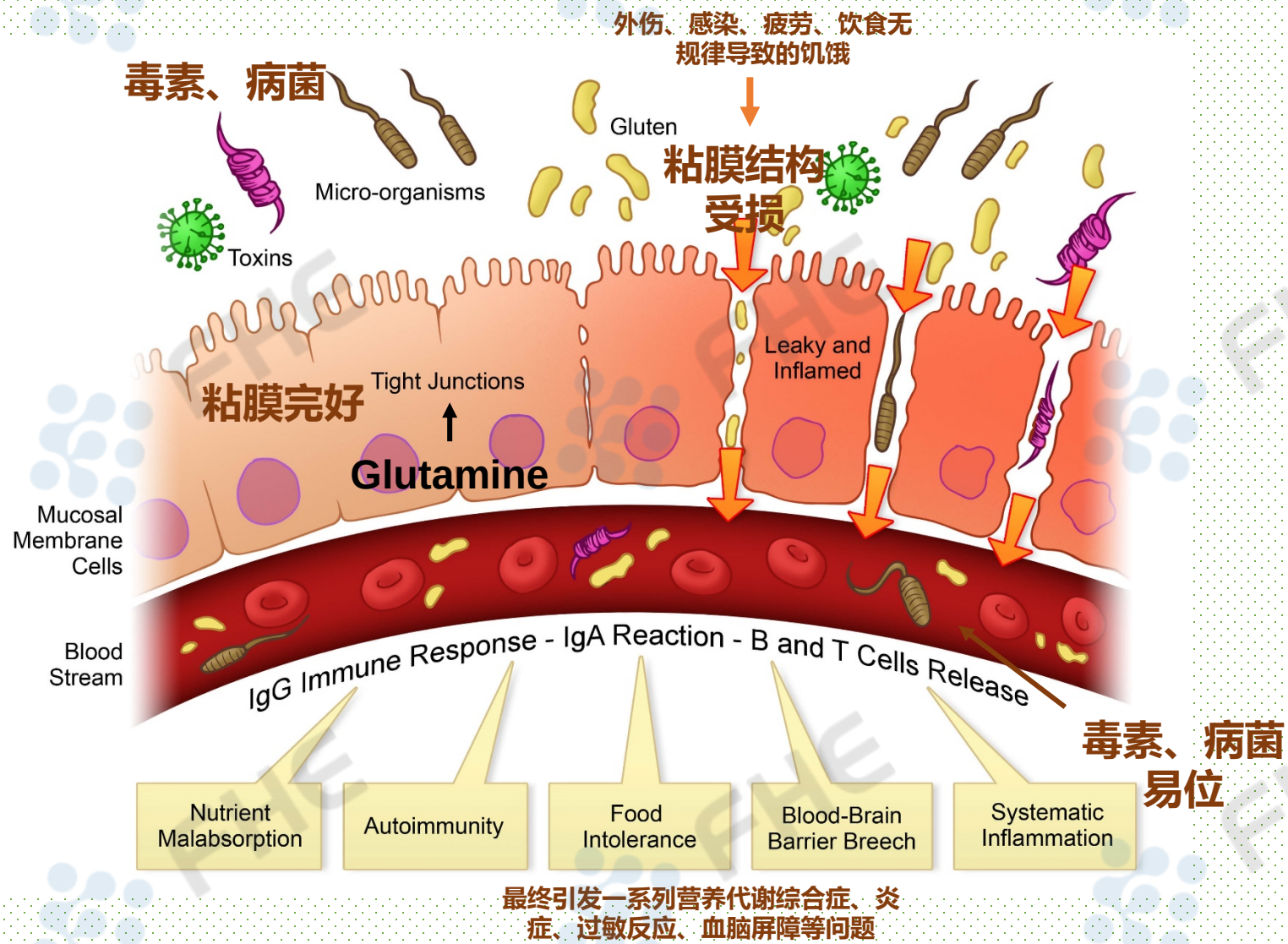
显著提升危重病人的淋巴细胞总数、T淋巴细

增强机体免疫

Enhancing Immunity



维持和改善胃肠道基本功能



胃、肠粘膜细胞代谢必须营养物质

维持肠道粘膜上皮结构

增强肠道细胞活性、改善肠道免疫功能，减少肠道细菌及内毒素易位

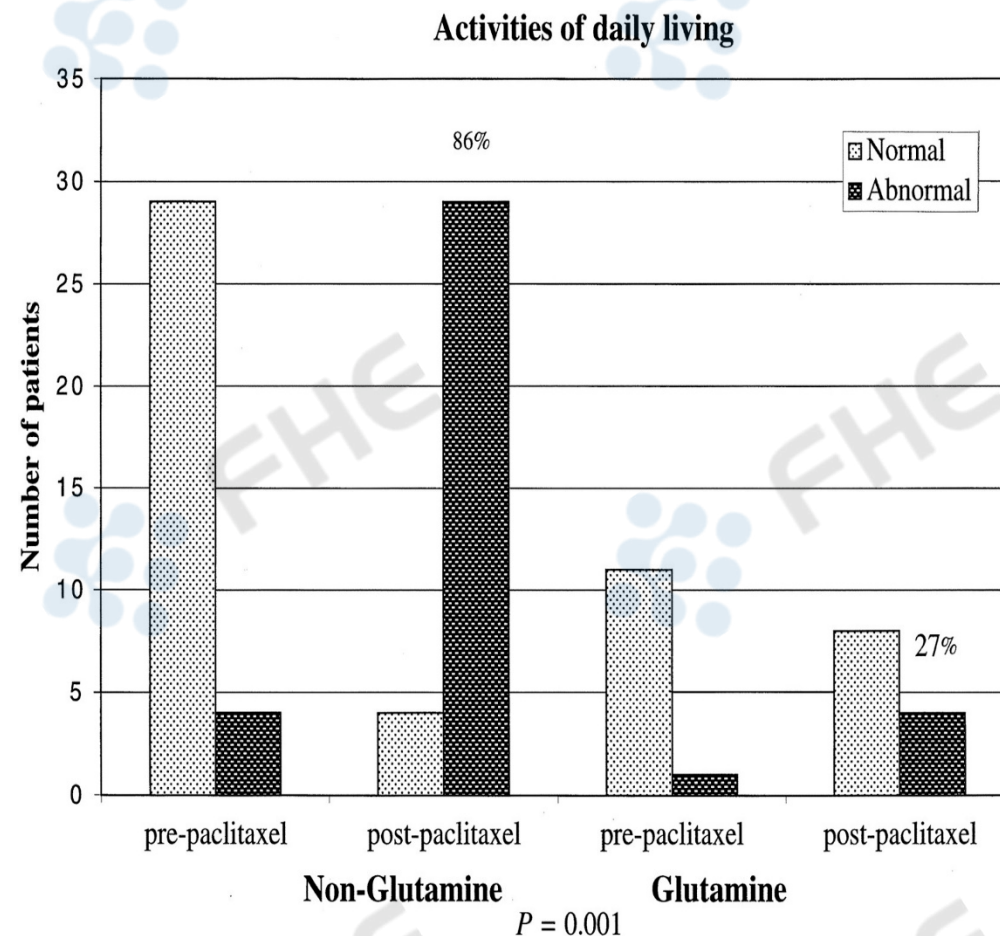
谷氨酰胺对治疗结果产生积极的影响

降低感染率

- 摄取富含谷氨酰胺膳食的多创伤患者的感染发生率降低 (Wilmore DW, 2001)
- 例如: 摄取30 g/天 谷氨酰胺 => 创伤患者遭受肺炎、菌血症和脓毒症情况显著减少 (Griffiths et al., 2004)

能减轻术后负氮平衡, 例如那些择期手术后的病人 (Tapiero et al., 2002; Wilmore DW, 2001)

缩短住院时间: 补充谷氨酰胺能平均减少4天住院时间 (Wilmore DW., 2001; Jiang et al., 2004)



使用谷氨酰胺后显著降低了抗癌药物紫杉醇 (Paclitaxel) 导致的周围神经病变, Vahdat, 2001

谷氨酰胺稳定性

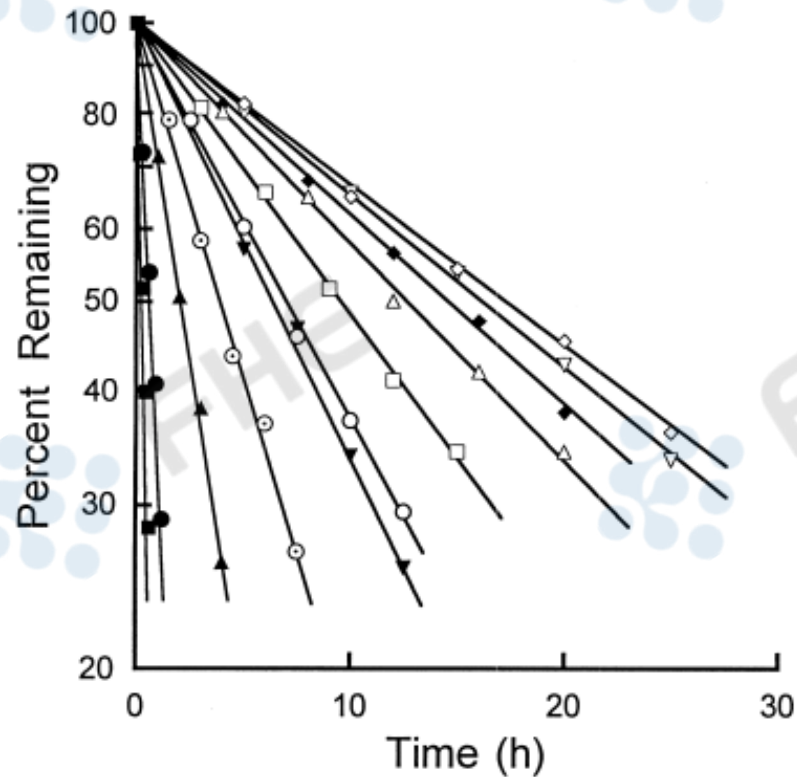


Fig. 2. Apparent first-order plots for the degradation of Gln at 70°C in buffer solution. pH values: (■) 1.21, (●) 1.93, (▲) 2.87, (▼) 3.93, (◆) 4.80, (▽) 5.61, (◇) 6.41, (△) 7.39, (□) 8.31, (○) 9.31, (○ dot) 11.01.

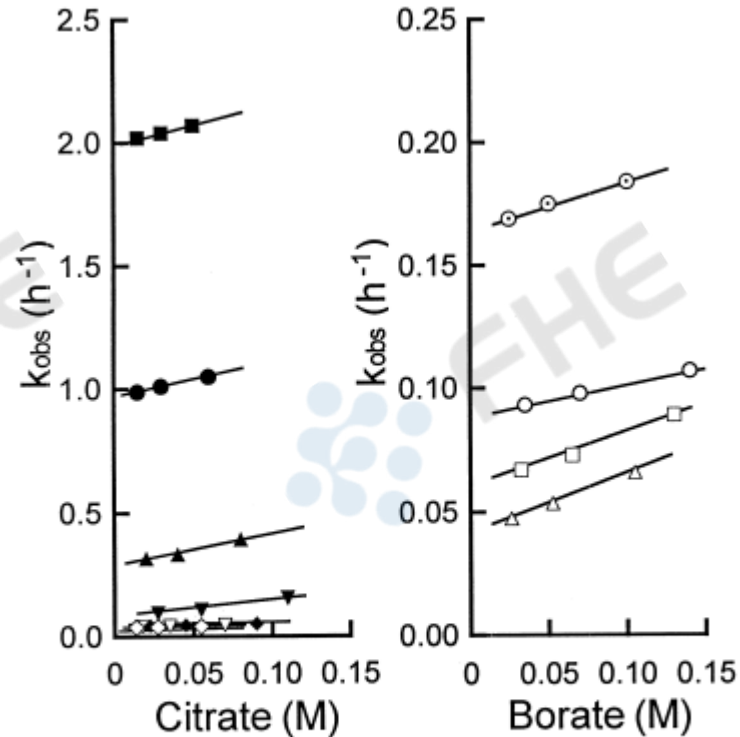
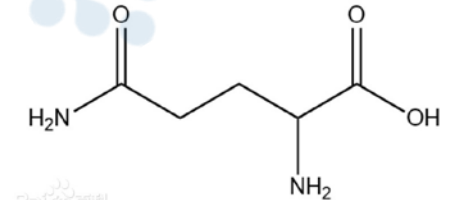
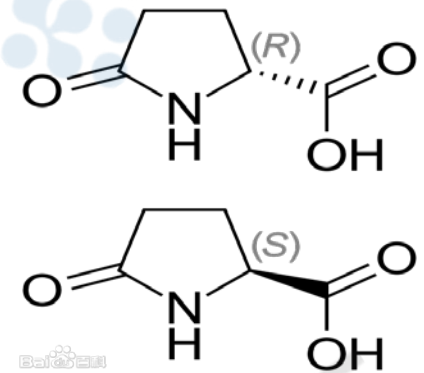


Fig. 3. Plots of the K_{obs} versus the total buffer concentration at 70°C and $\mu=0.5$ for the degradation of Gln. pH values: (■) 1.21, (●) 1.93, (▲) 2.87, (▼) 3.93, (◆) 4.80, (▽) 5.61, (◇) 6.41, (△) 7.39, (□) 8.31, (○) 9.31, (○ dot) 11.01.



谷氨酰胺

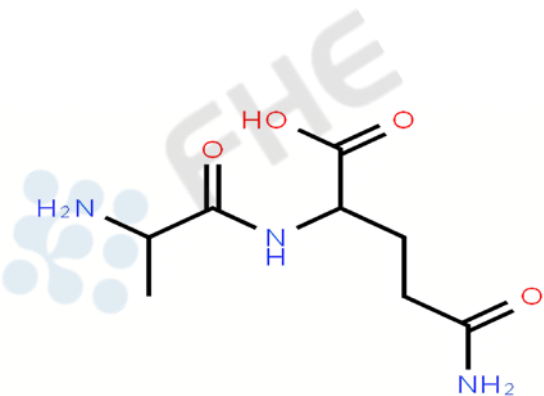


焦谷氨酸

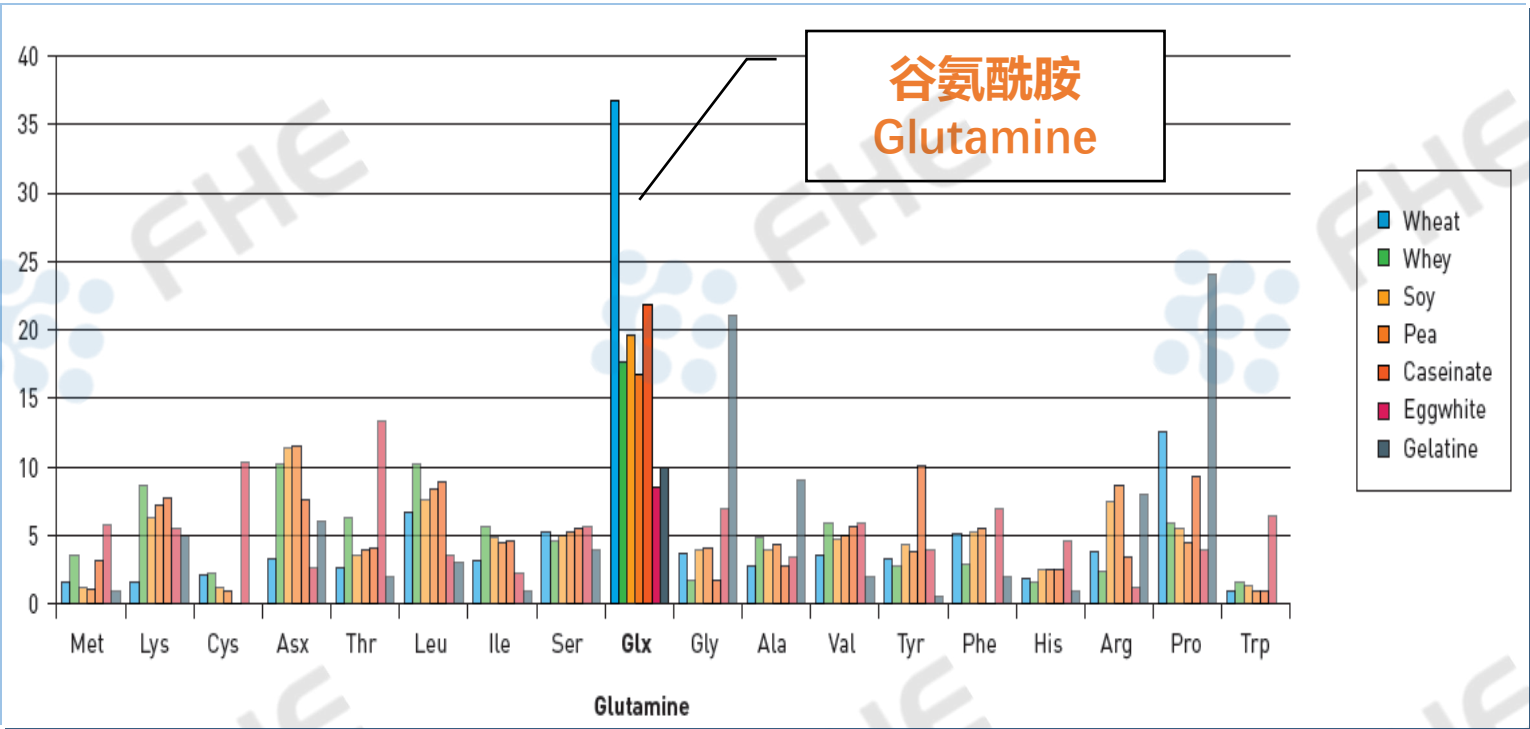
纯水溶解度3.6% (25°C) , 不耐热 (40°C以上分解) , 酸, 碱不稳定

天然谷氨酰胺 (Natural Glutamine)

丙氨酰-谷氨酰胺二肽合成



丙氨酰谷氨酰胺

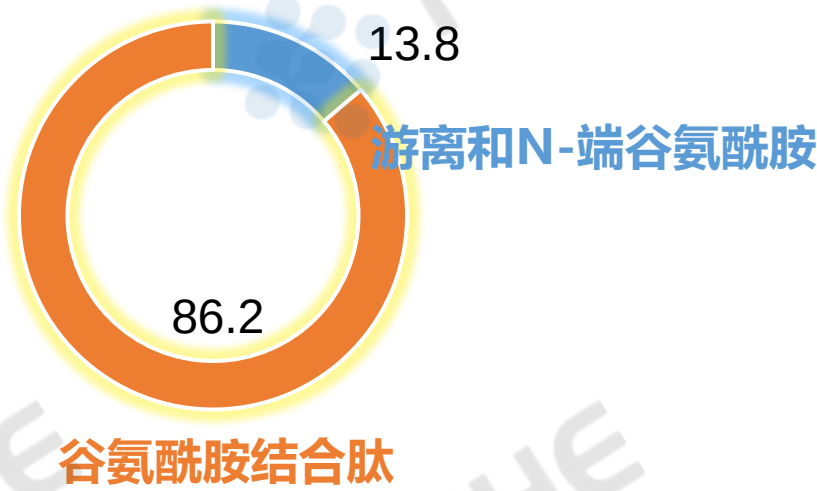
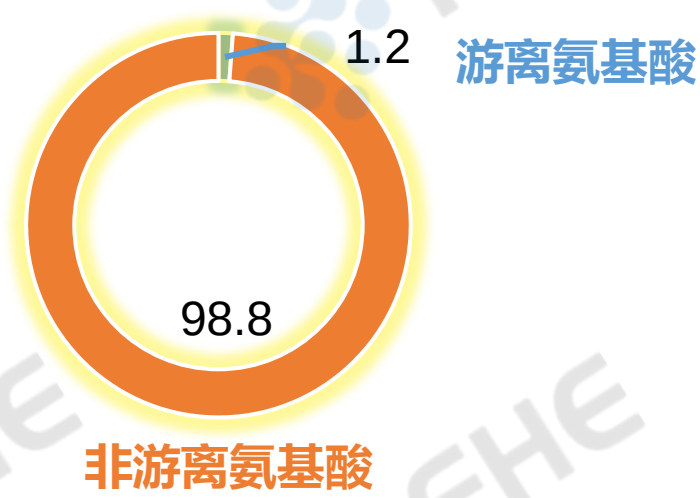


不同来源蛋白质中谷氨酰胺含量

小麦蛋白的氨基酸组成

- 高谷氨酰胺含量
- 均衡的氨基酸组成
- 高谷氨酰胺结合肽含量

氨基酸名称	含量 (g/100g)			氨基酸名称	含量 (g/100g)		
	总氨基酸	游离氨基酸	BTI保护氨基酸		总氨基酸	游离氨基酸	BTI保护氨基酸
天门冬氨酸	2.57	0.04313	3.93	胱氨酸	0.62	0.00389	0.06
谷氨酸	31.51	0.01990	4.32	缬氨酸	3.37	0.01836	2.94
丝氨酸	2.81	0.00662	2.33	蛋氨酸	1.29	0.02842	1.51
组氨酸	1.76	0.00334	1.50	苯丙氨酸	4.41	0.12771	12.17
甘氨酸	2.92	0.43094	2.41	异亮氨酸	3.31	0.00843	6.27
苏氨酸	1.75	0.02335	1.42	亮氨酸	5.31	0.07624	4.80
精氨酸	2.65	0.05120	2.20	赖氨酸	1.02	0.02404	0.93
丙氨酸	1.96	0.02781	1.78	脯氨酸	6.83	0.00498	4.60
酪氨酸	2.34	0.02099	0.05	肽含量 = 酸溶蛋白含量 - 游离氨基酸含量 Test Rule: According to GB/T 22492			
总氨基酸	76.43	0.91935	53.22				



- 谷氨酰胺结合肽与谷氨酰胺具有基本相同的生理功能
- 谷氨酰胺结合肽比游离谷氨酰胺更稳定
- 谷氨酰胺结合肽能被快速吸收，耗能低，载体不易饱和

谷氨酰胺结合肽测定

谷氨酰胺含量计算

根据《UPLC 快速测定可溶性肽或蛋白中谷氨酰胺含量》*中的方法:

谷氨酰胺含量 = (BTI 保护前谷氨酸含量-游离谷氨酸含量-BTI 保护后谷氨酸含量)/总氨基酸 (BTI 保护前) × 100%

把检测结果套入公式计算得:

谷氨酰胺含量= (31.51-4.32-0.019) /76.43×100%=35.54%

江南大学分析测试中心检测报告			
ANALYZING AND TESTING REPORT			
本报告共 2 页, 附 页 (其中: 图: 张, 表: 张)		样品名称 (Sample Name): 小觉水溶蛋白	
样品编号号 (Sample No.) AAA200727Y1	样品类别 (Sample Type) 生物制品	样品数量 (Sample Number) 1	
样品外观 (Sample Appearance) 固体	报告编号号 (Report No.) AAA200727	文件存档名称 (File Name) AAA200727	
检测项目及要求 (Analysis Item) 水解氨基酸		检测仪器 (Equipment) Agilent 1100 高效液相色谱仪	
检测依据 (Method or Reference Cited) JY/T019-1996, GB/T 5009.124-2003 食品中氨基酸的测定			
检测结果 (Result of Analysis):			
氨基酸名称	含量 (g/100g)	氨基酸名称	含量 (g/100g)
天门冬氨酸	2.57	缬氨酸	0.62
谷氨酸	31.51	缬氨酸	3.37
丝氨酸	2.81	蛋氨酸	1.29
组氨酸	1.76	苯丙氨酸	4.41
甘氨酸	2.92	异亮氨酸	3.31
苏氨酸	1.75	亮氨酸	5.31
精氨酸	2.65	赖氨酸	1.02
丙氨酸	1.96	酪氨酸	6.83
脯氨酸	2.34		
		总氨基酸	76.43
检测人: 孙红 校核人: 孙红 批准人: 孙红 日期: 2024年10月23日 第 2 页 共 2 页			
说明: 1. 本报告仅供研究和参考, 不作为法律依据使用; 2. 本报告如有涂改或无效, 复印件未盖本中心印章无效; 3. 本报告只对来样负责; 4. 若对本报告有异议, 请于报告发出之日起 15 日内向本中心提出, 逾期不予受理。			

BTI 保护前氨基酸分析

江南大学分析测试中心检测报告			
ANALYZING AND TESTING REPORT			
本报告共 2 页, 附 页 (其中: 图: 张, 表: 张)		样品名称 (Sample Name): 小觉水溶蛋白	
(Total Pages for This Report)			
样品编号 (Sample No.) AAA200727Y1	样品类别 (Sample Type) 生物制品	样品数量 (Sample Number) 1	
样品外观 (Sample Appearance) 固体	报告编号 (Report No.) AAA200727	文件存档名称 (File Name) AAA200727	
检测项目及要求 (Analysis Item) 水解氨基酸		检测仪器 (Equipment) Agilent 1100 高效液相色谱仪	
检测依据 (Method or Reference Cited) JY/T019-1996, GB/T 5009.124-2003 食品中氨基酸的测定			
检测结果 (Result of Analysis):			
氨基酸名称	含量 (g/100g)	氨基酸名称	含量 (g/100g)
天门冬氨酸	3.93	缬氨酸	0.06
谷氨酸	4.32	缬氨酸	2.94
丝氨酸	2.33	蛋氨酸	1.51
组氨酸	1.50	苯丙氨酸	12.17
甘氨酸	2.41	异亮氨酸	6.27
苏氨酸	1.42	亮氨酸	4.80
精氨酸	2.20	赖氨酸	0.93
丙氨酸	1.78	酪氨酸	4.60
脯氨酸	0.05		
		总氨基酸	53.22
检测人	孙红	校核人	孙红
批准人		批准人	
说明: 1. 本报告仅供研究和参考, 不作为法律依据使用; 2. 本报告如有涂改或无效, 复印件未盖本中心印章无效; 3. 本报告只对来样负责; 4. 若对本报告有异议, 请于报告发出之日起 15 日内向本中心提出, 逾期不予受理。			

BTI 保护后氨基酸分析

江南大学分析测试中心检测报告			
ANALYZING AND TESTING REPORT			
本报告共 2 页, 附 页 (其中: 图: 张, 表: 张)		样品名称 (Sample Name):	
(Total Pages for This Report)		小觉水溶蛋白	
样品编号 (Sample No.)	样品类别 (Sample Type)	样品数量 (Sample Number)	
AAA200727Y1	生物制品	1	
样品外观 (Sample Appearance)	报告编号 (Report No.)	文件存档名称 (File Name)	
固体	AAA200727	AAA200727	
检测项目及要求 (Analysis Item)	检测仪器 (Equipment)		
游离氨基酸	Agilent 1100 高效液相色谱仪		
检测依据 (Method or Reference Cited)			
JY/T019-1996, GB/T 5009.124-2003 食品中氨基酸的测定			
检测结果 (Result of Analysis):			
氨基酸名称	含量 (g/100g)	氨基酸名称	含量 (g/100g)
天门冬氨酸	0.04313	缬氨酸	0.00389
谷氨酸	0.01990	缬氨酸	0.01836
丝氨酸	0.00862	蛋氨酸	0.02842
组氨酸	0.00334	苯丙氨酸	0.12771
甘氨酸	0.43094	异亮氨酸	0.00843
苏氨酸	0.02335	亮氨酸	0.07624
精氨酸	0.05120	赖氨酸	0.02404
丙氨酸	0.02781	酪氨酸	0.00498
脯氨酸	0.02099		
		总氨基酸	0.01935
检测人:  校核人:  批准人:  红均盖章 2020年10月23日			
说明: 1. 本报告仅供研究和参考, 不作为法律依据使用; 2. 本报告如有涂改或无效, 复印件未盖本中心印章无效; 3. 本报告只对来样负责; 4. 若对本报告有异议, 请于报告发出之日起 15 日内向本中心提出, 逾期不予受理。			

游离氨基酸分析

谢谢批评指正！

江南大学 赵伟

Tel: 13952466350

Email: zhaow@jiangnan.edu.cn

江南大学
协同创新中心
JIANGNAN UNIVERSITY SYNERGETIC INNOVATION CENTER