

小麦阿拉伯木聚糖对 S180 荷瘤小鼠免疫活性及肠道代谢产物的影响

赵梦丽, 王丽丽, 刘丽娅, 钟葵, 佟立涛, 刘兴训, 周闲容, 周素梅

(农业部农产品加工综合性重点实验室, 中国农业科学院农产品加工研究所, 北京 100193)

摘要: 本文研究了碱提酸水解阿拉伯木聚糖(AX1)和水提酸水解阿拉伯木聚糖(AX2)对 S180 荷瘤小鼠机体免疫水平及肠道代谢产物的影响。成分分析表明 AX1 的蛋白质(1.50%)与阿魏酸含量(7.6 $\mu\text{g/g}$ AX1)均低于 AX2(蛋白质 7.97%, 阿魏酸 366.3 $\mu\text{g/g}$ AX2)。二者的重均分子量(Mw)较为接近, 约 3×10^4 u。与阴性对照组相比, AX 样品可以抑制小鼠肿瘤的增长, 特别是 AX2, 其抗肿瘤能力与灵芝多糖组(GLP)组相当; AX1、AX2 均可显著提高小鼠 NK 细胞的活性, 且 AX2 的作用效果比 AX1 好; 经 AX1 与 AX2 灌胃给药的小鼠腹腔巨噬细胞吞噬作用均有所增强, 其中 AX2 组作用效果与 GLP 相当; 此外, 与阴性对照组相比, GLP、AX1、AX2 对 DTH 反应具有明显效果($P < 0.05$)。采用气相色谱法(GC)分析小鼠结肠内容物中短链脂肪酸含量, 结果显示 AX1 和 AX2 组的短链脂肪酸显著高于阴性对照组和灵芝多糖组($P < 0.05$)。

关键词: 阿拉伯木聚糖; 抗肿瘤; 免疫活性; 短链脂肪酸

文章编号: 1673-9078(2015)10-1-6

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.10.001

Effect of Wheat Arabinoxylan on the Immunological Activity and Intestinal Metabolites of S180 Tumor-bearing Mice

ZHAO Meng-li, WANG Li-li, LIU Li-ya, ZHONG Kui, TONG Li-tao, LIU Xing-xun, ZHOU Xian-rong, ZHOU Su-mei

(Key Laboratory of Agro-products Processing, Ministry of Agriculture, Institute of Agro-products Processing Science & Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: Acid-hydrolyzed arabinoxylans extracted with alkali (AX1) and water (AX2) were prepared to study their effects on the immune activity and intestinal metabolites in S180 tumor-bearing mice. Chemical analysis showed that both the protein content (1.50%) and ferulic acid content (7.6 $\mu\text{g/g}$) of AX1 were lower than those of AX2 (protein, 7.97%; ferulic acid, 366.3 $\mu\text{g/g}$). The weight-average molecular weights (Mw) of AX1 and AX2 were similar and were about 3×10^4 u. Compared with the negative control group, AX samples could inhibit the tumor growth in the mice, especially AX2, whose anti-tumor capability was comparable with that of ganoderma lucidum polysaccharides (GLP). Both AX1 and AX2 could significantly increase NK cell activity in mice; AX2 had a stronger effect than AX1. Besides, AX1 and AX2 could increase the phagocytosis of intraperitoneal macrophage following intragastric administration and AX2 showed a comparable effect with that of GLP. In addition, GLP, AX1, and AX2 had significant effects on the delayed type hypersensitivity (DTH) reaction ($P < 0.05$) compared with the negative control group. Short-chain fatty acids (SCFA) in colon contents of mice were also detected by gas chromatography and the results showed that SCFA of the AX1 and the AX2 groups were significantly higher than those of the negative control group and the GLP group ($P < 0.05$).

Key words: arabinoxylan; anti-tumor; immunological activity; short-chain fatty acids

近年来, 谷物种皮中的非淀粉多糖-阿拉伯木聚糖

收稿日期: 2014-12-22

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31271852); 国际合作项目(2012DFA31400); 科技部科研院所开发专项(2013EG134235)

作者简介: 赵梦丽(1990-), 女, 硕士研究生, 主要从事功能食品与生物活性物质研究; 王丽丽(1984-), 女, 博士后, 为并列第一作者

通讯作者: 周素梅(1971-), 女, 博士, 研究员, 主要从事粮油加工与功能食品研究

(Arabinoxylan, AX)受到关注。AX 的基本结构包括木聚糖主链和阿拉伯糖基侧链, 在某些阿拉伯糖基侧链上存在以酯键相连接的阿魏酸。有研究表明, AX 具有多种生理活性, 如润肠通便, 预防结肠癌、降血脂, 降血糖、免疫增强, 抗肿瘤^[1]。其中米糠的 AX(Biobran)因其突出的免疫增强功能而被用于肿瘤的临床辅助治疗。小麦麸皮来源的碱提 AX 和酶提 AX 经口服均能刺激雌性 BALB/c 小鼠产生先天和后天免疫应答^[2]。

植物多糖还具有益生元特性,可以选择性刺激肠道菌群中的有益微生物的增殖,产生短链脂肪酸(SCFA)等代谢终产物。短链脂肪酸是碳链为1~6的有机脂肪酸,其中对人体代谢作用最为重要的有直链乙酸、丙酸和丁酸。肠道微生物能够利用未被胃肠道消化的碳水化合物酵解生成SCFA,结肠是SCFA主要的产生部位。AX及其水解产物-阿拉伯低聚木糖的益生元作用也已得到研究证实^[3]。

某些益生元可以通过促进短链脂肪酸的产生,发挥间接免疫调节作用^[4]。SCFA能够通过增加黏蛋白分泌改善黏膜形态,并通过结合到肠道相关淋巴组织(GALT)中的免疫细胞上的SCFA受体,进而降低易位^[5]。小麦阿拉伯木聚糖的免疫和益生元活性均与其分子量,化学组成和取代度等有关^[2,6]。本次研究中,我们采用碱法提取和水提取小麦阿拉伯木聚糖,并利用柠檬酸进行酸解,得到分子量较为接近的阿拉伯木聚糖片段,比较分析其化学组成,进而研究它们对病理状态下(荷瘤小鼠)的机体免疫调节活性和肠道短链脂肪酸的影响,初步探讨其免疫调节活性与肠道代谢产物的内在关联性。

1 材料与方法

1.1 材料与实验动物

小麦麸皮和面粉,购于北京古船面粉集团;灵芝多糖(GLP)购于西安索西特生物科技有限公司。本试验选取40只雄性昆明小鼠(六周龄),体重 25 ± 5 g,购自上海斯莱克实验动物有限公司(许可证号:SCXK(沪)2012-0002)。

试剂:0.9%氯化钠注射液,购于浙江莎普爱思药业股份有限公司;S180腹水瘤细胞,购自中国科学院细胞库;4%(V/V)羊红细胞SRBC,购于上海榕柏生物技术有限公司;4%(V/V)鸡红细胞CRBC,购于上海榕柏生物技术有限公司;乙酸、丙酸、丁酸、戊酸为色谱纯,购于美国Sigma公司;地衣酚,购于美国sigma公司;其它试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

紫外可见分光光度计(UV-1201型):北京瑞利分析仪器公司;全自动凯氏定氮仪(KJE LTEC2300):丹麦Foss公司;液相色谱仪(Agilent 1200型):美国安捷伦科技有限公司;多角度激光光散射与凝胶渗透色谱仪(DAWN-EOS):美国Wyatt公司;超净工作台(SW-CJ-2F型):上海新苗医疗器械有限公司;二氧化碳培养箱(3111型):赛默飞世尔科技(中国)有限公司;

气相色谱仪(Agilent 6890N):美国安捷伦科技有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 多糖样品制备

采用氢氧化钾溶液由小麦麸皮中提取阿拉伯木聚糖(碱提AX),具体方法参照文献^[2]。采用常温水提的方法由小麦面粉中制备水溶性阿拉伯木聚糖(水提AX)^[7]。所得碱提AX及水提AX,采用0.15 M柠檬酸溶液,于95℃酸水解2 h,采用65%乙醇沉淀。所得组分复溶透析(截留分子量3500)后冷冻干燥,即得实验样品AX1和AX2。灵芝多糖经复溶醇沉并透析纯化后,采用苯酚-硫酸法测定纯度约99%。

1.3.2 化学分析及分子量测定

戊聚糖含量测定采用地衣酚-盐酸方法^[8]。蛋白含量采用凯氏定氮法(GB/T 5009.5-2003)。阿魏酸含量测定采用高效液相检测,色谱柱型号为Waters Symmetry C18柱(250×4.6 mm; 5μm),流动相为乙腈(溶剂A)和1%(V/V)乙酸水溶液(溶剂B),流速1 mL/min,进样量10 μL,检测波长为280 nm和320 nm。分子量测定采用凝胶渗透色谱-多角度激光光散射(HPSEC-MALLS)联用技术,色谱柱型号为TSK-GEL G5000, TOSOH,日本。采用0.1 M硝酸钠溶液,以0.5 mL/min流速进行洗脱。样品采用0.45 μm的膜过滤。所收集的数据采用Astra软件分析。

1.3.3 荷瘤小鼠模型建立及给药

选取40只昆明小鼠(六周龄),实验前适应环境1周。小鼠肉瘤S180瘤株,腹腔传代接种。无菌取腹腔内传代7 d的S180腹水瘤细胞,细胞计数后调整细胞浓度为 1×10^7 个/mL,每只接种0.2 mL于小鼠右侧腋下皮下。将小鼠随机分为4组,每组10只。根据前期研究结果^[12],选择抗肿瘤与免疫活性较好的给药剂量200 mg/(kg d),24 h后灌胃给药。分为阴性对照组:等体积生理盐水;阳性对照组:GLP剂量为200 mg/kg d;AX1组:AX1剂量为200 mg/(kg d);AX2组:AX2剂量为200 mg/(kg d)。连续给药2周,停药次日处死小鼠。

1.3.4 抑瘤率测定

停药次日处死小鼠,称取小鼠瘤块重,计算肿瘤抑制率,公式如下。

$$\text{肿瘤抑制率}/\% = \frac{\text{对照组平均瘤重} - \text{实验组平均瘤重}}{\text{对照组平均瘤重}} \times 100$$

1.3.5 肝脏和脾脏指数测定

停药次日处死小鼠,称取小鼠体重、肝重及脾重,计算肝脏指数和脾脏指数。

肝脏指数 = 肝重(mg)/体重(g)

脾脏指数 = 脾重(mg)/体重(g)

1.3.6 NK 细胞活性

采用乳酸脱氢酶(LDH)测定法^[9],按下式计算NK细胞活性,受试样品组的NK细胞活性显著高于对照组的NK细胞活性,即可判定该项实验结果阳性。

$$\text{NK细胞活性}(\%) = \frac{\text{反应孔OD} - \text{自然释放孔OD}}{\text{最大释放孔OD} - \text{自然释放孔OD}} \times 100$$

1.3.7 绵羊红细胞 SRBC 诱导小鼠迟发型变态反应(DTH)

采用足趾增厚法^[9]。给药第10d,小鼠腹腔注射2%(V/V)羊红细胞SRBC,剂量为0.2 mL/只(约 1×10^8 个SRBC),使其致敏。给药第14d,用游标卡尺测量小鼠左后足趾部厚度,并于测量部位皮下注射20%(V/V)SRBC,注射量为20 μL /只(约 1×10^8 个SRBC),24h后测小鼠左后足趾部厚度,同一部位测量三次,取平均值。以攻击前后的足趾厚度的差值来表示DTH的程度。受试样品组的差值显著高于对照组的差值,可判定该项实验结果阳性。

1.3.8 小鼠腹腔巨噬细胞吞噬鸡红细胞(CRBC)测定

参照文献^[9]采用滴片法。用40 \times 显微镜计数,每张片计数100个巨噬细胞,计算公式如下。若受试样品组的吞噬百分率与阴性对照组相比,差异显著,即可判断该项实验结果阳性。

$$\text{吞噬百分率}(\%) = \frac{\text{吞噬鸡红细胞的巨噬细胞数}}{\text{计数的巨噬细胞数}} \times 100$$

1.3.9 结肠内容物短链脂肪酸含量测定

小鼠处死后,收集结肠内容物装入无菌管中,-80 $^{\circ}\text{C}$ 存储备用。样品前处理参照文献^[10]相关方法,称取100mg结肠内容物,加入250 μL 超纯水,均质10s,加入50 μL 25%的偏磷酸溶液酸化,冰浴中反应30min,4 $^{\circ}\text{C}$ 离心(5000 r/min,15min),上清液采用0.22 μm 的滤膜过滤,存储于-80 $^{\circ}\text{C}$ 备用。采用气相色谱仪进行检测。色谱柱型号为DB-FFAP(15m \times 320 μm \times 0.25 μm),进样口和检测器温度分别为250 $^{\circ}\text{C}$ 和280 $^{\circ}\text{C}$ 。升温程序如下:初始温度70 $^{\circ}\text{C}$,以3 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至125 $^{\circ}\text{C}$,然后以30 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至180 $^{\circ}\text{C}$ 。载气为 N_2 ,分流比10:1,进样量1 μL 。

1.4 统计学分析

数据表示为 $\bar{x} \pm \text{sd}$ (平均值 \pm 标准差),并用SPSS分析。当 $p < 0.05$ 被认为差异显著。

2 结果与讨论

2.1 阿拉伯木聚糖样品成分分析及分子量分布

表1 AX1和AX2成分分析及分子量分布

Table 1 Chemical composition analysis and molecular weight distribution of AX1 and AX2

样品名称	戊聚糖含量/%	蛋白含量/%	阿魏酸含量/ $\mu\text{g/g}$	分子量	
				Mw/U	Mw/Mn
AX1	76.4 \pm 1.5	1.50 \pm 0.00	7.6	2.867 $\times 10^4$	1.234
AX2	78.9 \pm 0.1	7.97 \pm 0.23	366.3	3.296 $\times 10^4$	1.535

由表1可以看出,AX1和AX2的戊聚糖含量均高于75%,且较为接近,分别为76.4%和78.9%,但AX1的蛋白含量和阿魏酸含量均低于AX2。这主要是由于蛋白质和阿魏酸分别通过酰胺键和酯键与阿拉伯木聚糖化学连接,可通过碱性介质水解破坏^[11]。AX1是经过碱提酸水解得到的样品,因此其蛋白质和阿魏酸含量较低。样品分子量采用凝胶渗透色谱-多角度激光光散射联用仪(HPSEC-MALLS)测定。由图1可以看出,根据示差检测信号,AX1和AX2均包含一个洗脱峰,基本呈单峰分布。二者的分子量也较为接近,约 3×10^4 U。AX的相对分子质量不仅与谷物品种有关,还与谷物生长环境、AX在小麦籽粒的所在部位、提取方法等相关。天然的AX分子量相对较大,一般介于 $3.5 \times 10^5 \sim 7.2 \times 10^6$ U。而已有研究表明,阿拉伯木聚糖的生物活性与多糖的相对分子量存在一定关系。日本研究人员发现经米糠发酵得到的AX,分子量介于3000-30000U时具有极高的免疫调节及抗肿瘤活性。

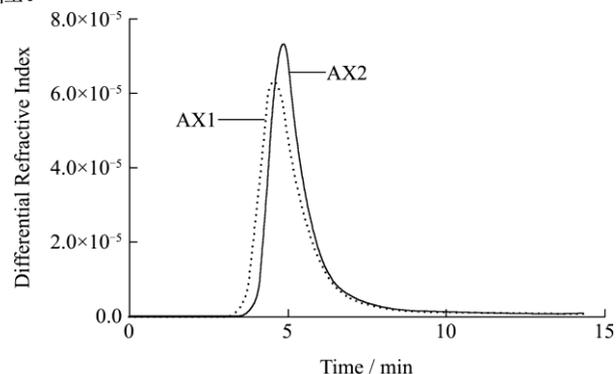


图1 AX1和AX2的示差谱图

Fig.1 Differential refractive indexes of AX1 and AX2

2.2 阿拉伯木聚糖对S180荷瘤小鼠瘤重及脏器指数的影响

已有研究结果^[12]显示,AX具有较好的抗肿瘤功

能：来自麦麸提取的 AX，灌喂 200 mg/kg~400 mg/kg 剂量时对 S180 小鼠的抑瘤率为 31.37%~56.73%；而来自米糠的 AX 对 P338 白血病原代细胞增殖有明显的抑制作用，24 h 抑瘤率分别为 27%、45% 和 72%，其抑制强度与药物浓度有依赖关系。本研究采用碱提与水提的 AX 水解产物灌喂 S180 荷瘤小鼠，考察其肿瘤生长及肝脏、脾脏指数情况。由表 2 可知，GLP 和 AX2 组小鼠瘤重显著低于阴性对照组，二者的抑瘤率分别为 38.90% 和 49.02%。AX1 组小鼠瘤重与阴性对照组无显著差异。表明 AX2 和灵芝多糖一样，均具有抑制肿瘤生长的作用。GLP、AX1、AX2 均可显著提高小鼠肝脏指数(P<0.05)，但对小鼠的脾脏指数均无明显影响。

表 2 不同实验组小鼠肝脏及脾脏指数比较分析

Table 2 Comparative analysis of liver and spleen indexes among different experimental groups

组别	瘤重/g	抑瘤率/%	肝脏指数	脾脏指数
阴性对照	2.20±0.97 ^b	-	4.27±0.26 ^b	3.61±1.97
GLP	1.34±0.67 ^a	38.90	4.74±0.51 ^a	4.15±1.57
AX1	1.65±0.88 ^b	25.90	5.07±0.39 ^a	3.80±0.83
AX2	1.12±0.71 ^a	49.02	4.87±0.47 ^a	3.88±1.28

注：不同小写字母代表差异显著，即 P<0.05。

2.3 阿拉伯木聚糖对 S180 荷瘤小鼠 NK 细胞

活性的影响

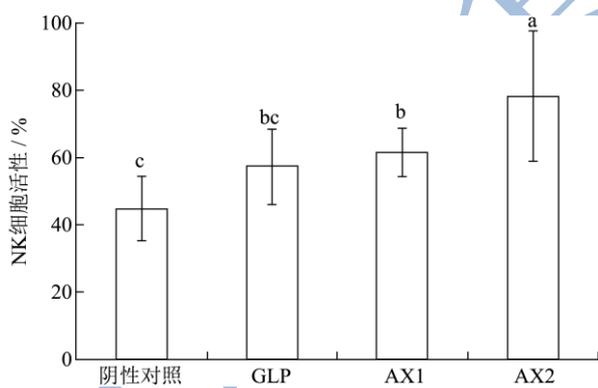


图 2 不同实验组小鼠 NK 细胞活性比较分析

Fig.2 Comparative analysis of NK cell activity among different experimental groups

注：不同小写字母代表差异显著，即 P<0.05。

NK 细胞是机体内极为重要的细胞毒淋巴细胞。它可以直接清除感染病毒的细胞和肿瘤细胞，在抵抗病原感染和清除肿瘤细胞过程中发挥重要作用。一些研究表明，谷物麸皮多糖能提高荷瘤小鼠 NK 细胞的杀伤活性。如来自米糠的经过改性的 AX(M GN-3)可以显著增强老年小鼠的 NK 细胞活性^[6]。来源小麦麸

皮的不同剂量(100,200,400 mg/kg)的碱提 AX 同样可以提高荷瘤小鼠的 NK 细胞的杀伤力^[12]。本研究考察了两种 AX 水解产物对小鼠 NK 细胞活性的影响，结果如图 2 所示，与阴性对照组相比，AX1 和 AX2 可以显著提高 NK 细胞的活性，且 AX2 的作用效果比 AX1 好，达到 78.30±9.38%，显著高于阳性对照组。表明 AX1 与 AX2 能够提高荷瘤小鼠 NK 细胞活性，使其具有较高的杀伤力和免疫反应能力。

2.4 阿拉伯木聚糖对 S180 荷瘤小鼠 DTH 反应

的影响

迟发型超敏反应(DTH)是由特异性致敏效应 T 细胞介导的细胞免疫应答的一种类型。在自身免疫和肿瘤免疫等方面起着关键作用，是反应机体免疫功能的常用指标之一。近年来有研究表明，一些多糖能够提高正常小鼠的迟发型超敏反应，还能恢复免疫功能低下小鼠的迟发型超敏反应^[2]。表 3 中反映的是不同实验组小鼠经 SRBC 诱导的 DTH 反应结果。注射 2×10⁸ SRBC 悬浮液 24 小时后，小鼠产生明显的足趾肿胀反应。与对照组相比，GLP、AX1、AX2 对 DTH 反应具有明显效果(P<0.05)。

表 3 不同实验组小鼠 DTH 反应比较分析

Table 3 Comparative analysis of DTH reaction among different experimental groups

组别	DTH 反应/mm
阴性对照	0.23 ±0.12 ^b
GLP	0.40 ±0.12 ^a
AX1	0.41 ±0.13 ^a
AX2	0.42 ±0.09 ^a

注：不同小写字母代表差异显著，即 P<0.05。

2.5 阿拉伯木聚糖对 S180 荷瘤小鼠腹腔巨噬

细胞吞噬能力的影响

腹腔巨噬细胞的吞噬功能是机体非特异性免疫应答的重要组成部分。活化的巨噬细胞会参与特异性和非特异性免疫反应，在机体的炎症转归与吞噬杀伤肿瘤细胞等方面起着至关重要的作用。因此，本研究测定了灌喂不同 AX 的 S180 荷瘤小鼠腹腔巨噬细胞的吞噬能力。由图 3 可以看出，与阴性对照组相比，AX1 和 AX2 灌胃处理的小鼠腹腔巨噬细胞吞噬作用均有所增强，其中 AX2 组与阳性对照组的巨噬细胞吞噬能力无显著差，吞噬活性明显高于阴性对照组(P<0.05)。这一结果表明，小麦来源的阿拉伯木聚糖能

够激活巨噬细胞, 促进其发挥吞噬作用, 提高肿瘤小鼠机体免疫力和抗肿瘤能力。

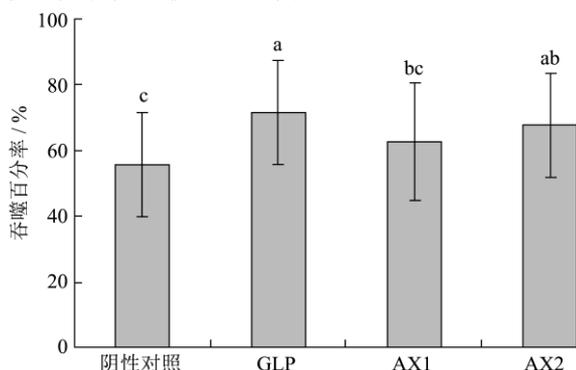


图3 不同实验组小鼠巨噬细胞吞噬能力比较分析

Fig.3 Comparative analysis of phagocytic activity of macrophages among different experimental groups

注: 不同小写字母代表差异显著, 即 P<0.05

2.6 阿拉伯木聚糖对 S180 荷瘤小鼠结肠内容物短链脂肪酸的影响

短链脂肪酸(SCFA)具有多种生理功能, 如对肠道上皮细胞有营养作用; 降低结肠内 pH 值, 提高其酸性环境而减少有害菌的生长; 抑制促炎因子的生成, 减少炎症反应的发生; 抗肿瘤作用等^[13]。三种主要的短链脂肪酸如乙酸、丙酸和丁酸, 对上皮细胞的代谢具有重要意义, 其中丁酸是这些细胞的特别重要的能量来源^[14]。研究表明, 膳食纤维的抗癌特性与它们在结肠中发酵产丁酸的能力相关^[15]。

图4中 a、b、c 分别表示的是不同实验组小鼠结肠内容物中乙酸、丙酸、丁酸变化情况。可以看出, GLP 组的乙酸、丙酸、丁酸含量与阴性对照组相比无显著差异, 而 AX1 和 AX2 组小鼠结肠内容物中各短链脂肪酸含量显著高于阴性对照组(P<0.05), 但二者间无显著差异。

不同酵解底物生成的 SCFA 总量、比例不尽相同, 但通常乙酸盐所占比例最高^[16], 这与本实验结果一致。有研究者研究了 AX 不同给药方式(灌胃、注射)对小鼠免疫调节活性的影响, 发现 AX 必须经过口服才能产生活性, 体外和其它途径的给药(如注射)均不能产生免疫促进作用^[2,12]。而临床用药灵芝多糖则可以以注射的方式给药。这表明 AX 可能与灵芝多糖的免疫调节作用方式有所差异。从短链脂肪酸含量差异可以看出, GLP 不能显著促进短链脂肪酸的产生, 而 AX1 和 AX2 则效果显著, 特别是能够促进与免疫调节密切相关的丁酸的产生。这表明, AX 有可能经过肠道微生物代谢发挥间接免疫调节作用。

不同酵解底物生成的 SCFA 总量、比例不尽相同, 但通常乙酸盐所占比例最高^[16], 这与本实验结果一致。有研究者研究了 AX 不同给药方式(灌胃、注射)对小鼠免疫调节活性的影响, 发现 AX 必须经过口服才能产生活性, 体外和其它途径的给药(如注射)均不能产生免疫促进作用^[2,12]。而临床用药灵芝多糖则可以以注射的方式给药。这表明 AX 可能与灵芝多糖的免疫调节作用方式有所差异。从短链脂肪酸含量差异可以看出, GLP 不能显著促进短链脂肪酸的产生, 而 AX1 和 AX2 则效果显著, 特别是能够促进与免疫调节密切相关的丁酸的产生。这表明, AX 有可能经过肠道微生物代谢发挥间接免疫调节作用。

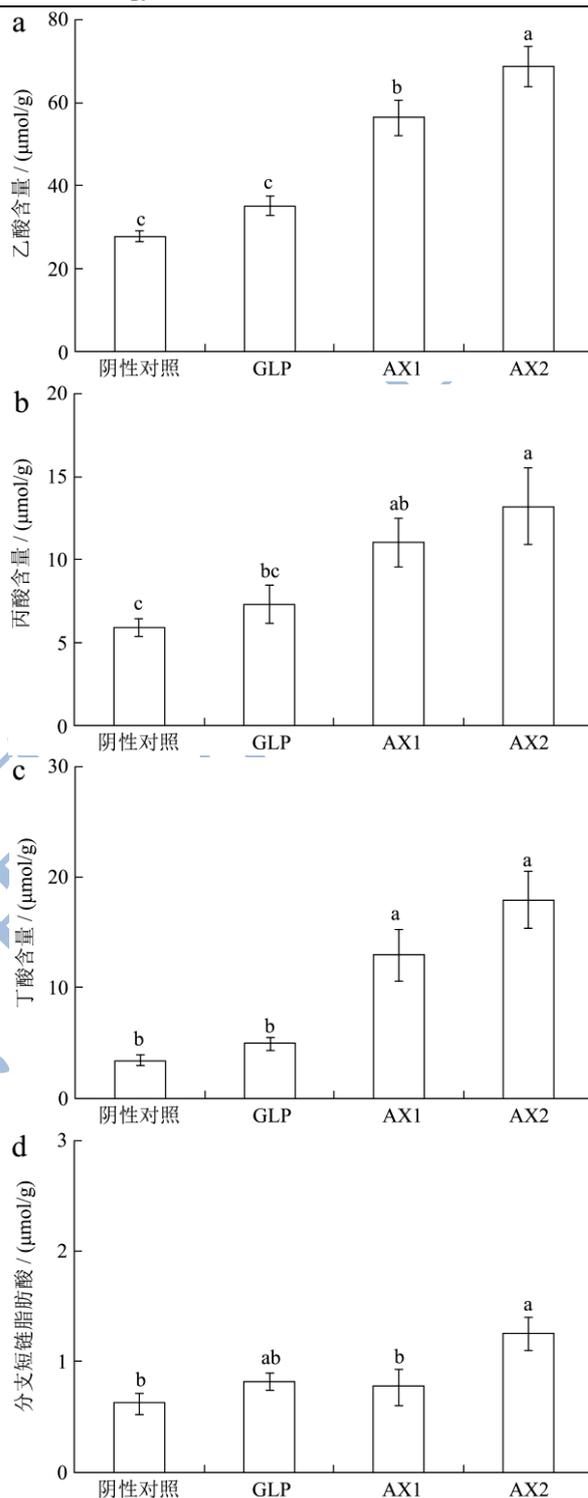


图4 不同实验组小鼠结肠内容物短链脂肪酸比较分析

Fig.4 Comparative analysis of short-chain fatty acids in the colon contents among different experimental groups

注: 不同小写字母代表差异显著, 即 P<0.05。

分支短链脂肪酸, 如异丁酸、异戊酸是肠道细菌发酵蛋白的指示剂。在结肠内, 减少蛋白质发酵是期望的, 因为细菌降解氨基酸途径会导致有毒代谢产物的产生, 如氨以及其他的胺、酚、吲哚和硫醇等^[15]。图4中D为小鼠结肠内容物中分支短链脂肪酸, 即异

丁酸与异戊酸含量之和的变化情况。与阴性对照组相比, GLP 组、AX1 组分支短链脂肪酸含量均无显著差异, 但 AX2 组则显著高于阴性对照组, 这可能与 AX2 样品蛋白含量较高有关。

3 结论

本研究结果证实碱提酸水解与水提酸水解的阿拉伯木聚糖样品可显著抑制小鼠实体瘤的增长, 具有较好的抗肿瘤活性, 特别是 AX2, 其抗肿瘤能力与灵芝多糖组相当。与阴性对照组相比, AX1 和 AX2 均能显著增强 S180 荷瘤小鼠 NK 细胞的活性、小鼠腹腔巨噬细胞吞噬作用与 DTH 反应($P < 0.05$)。这些结果说明 AX1 与 AX2 能够提高机体特异性与非特异性免疫反应, 进而发挥抗肿瘤的作用。此外, AX1 和 AX2 组小鼠结肠内容物中乙酸、丙酸、丁酸含量显著高于阴性对照组和灵芝多糖组, 推测 AX 的免疫与抗肿瘤活性可能与肠道益生作用相关。

参考文献

- [1] 王晓曦, 郑学玲, 马森, 等. 小麦制粉产物中阿糖基木聚糖的制备及其分子特性研究[J]. 现代食品科技, 2014, 3: 126-129
WANG Xiao-xi, ZHENG Xue-ling, MA Sen, et al. Preparation and molecular characteristics of arabinoxylans from different wheat milling fractions [J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 3: 126-129
- [2] Zhou S, Liu X, Guo Y, et al. Comparison of the immunological activities of arabinoxylans from wheat bran with alkali and xylanase-aided extraction [J]. Carbohydrate Polymers, 2010, 81(4): 784-789
- [3] Neyrinck A M, Possemiers S, Druart C, et al. Prebiotic effects of wheat arabinoxylan related to the increase in bifidobacteria, roseburia and bacteroides/prevotella in diet-induced obese mice [J]. PLoS One, 2011, 6(6): e20944
- [4] Guarner F, Calder P C, Yaqoob P. Impacts of prebiotics on the immune system and inflammation [J]. Diet, Immunity and Inflammation, 2013: 292-312
- [5] Lomax A R, Calder P C. Prebiotics, immune function, infection and inflammation: a review of the evidence [J]. British Journal of Nutrition, 2009, 101(5): 633-658
- [6] Ghoneum M, Abedi S. Enhancement of natural killer cell activity of aged mice by modified arabinoxylan rice bran (MGN - 3/Biobran) [J]. Journal of Pharmacy and Pharmacology, 2004, 56(12): 1581-1588
- [7] 任霞. 小麦水溶性阿拉伯木聚糖结构性质的品种变异性研究[D]. 中国农业科学院, 2011
- REN Xia. Study on the variation of structure and properties of water-extractable arabinoxylan among wheat varieties [D]. Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2011
- [8] Delcour J A, Vanhanel S, Geest C D. Physico-chemical and functional properties of rye nonstarch polysaccharides. i. colorimetric analysis of pentosans and their relative monosaccharides composition in fractional (milled) rye products [J]. Cereal Chemistry, 1989, 6, 107-111
- [9] 中华人民共和国卫生部. 保健食品检验与评价技术规范 (2003 年版)[M]. 北京: 中华人民共和国卫生部, 2003
Ministry of Health, PRC. Technical standards for testing and assessment of health food (2003 Edition) [M]. Beijing: Ministry of Health, PRC, 2003
- [10] Trompette A, Gollwitzer E S, Yadava K, et al. Gut microbiota metabolism of dietary fiber influences allergic airway disease and hematopoiesis [J]. Nature Medicine, 2014
- [11] Fincher G B, Stone B A. Cell walls and their components in cereal grain technology [J]. Advances in Cereal Science and Technology (USA), 1986
- [12] Cao L, Liu X, Qian T, et al. Antitumor and immunomodulatory activity of arabinoxylans: a major constituent of wheat bran [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2011, 48(1): 160-164
- [13] 刘松珍, 张雁, 张名位, 等. 肠道短链脂肪酸产生机制及生理功能的研究进展[J]. 广东农业科学, 2013, 11: 99-103
LIU Song-zhen, ZHANG Yan, ZHANG Ming-wei, et al. Research progress on producing mechanism and physiological functions of intestinal short chain fatty acids [J]. Guangdong Agricultural Science, 2013, 11: 99-103
- [14] 井明艳, 赵树盛. 益生菌和益生元在营养和健康中的新观念[J]. 现代食品科技, 2005, 21(4): 93-98.
JING Ming-yan, ZHAO Shu-sheng. New concepts of probiotics and prebiotics in nutrition and health [J]. Modern Food Science and Technology, 2005, 21(4): 93-98
- [15] Van Craeyveld V, Swennen K, Dornez E, et al. Structurally different wheat-derived arabinoxyloligosaccharides have different prebiotic and fermentation properties in rats [J]. The Journal of Nutrition, 2008, 138(12): 2348-2355
- [16] 许勤. 短链脂肪酸的代谢及其在肠道外科中的应用[J]. 肠外与肠内营养, 1999, 6(4): 218-223
XU Qin. Metabolism and application of short chain fatty acids in intestinal surgery [J]. Parenteral & Enteral Nutrition, 1999, 6(4): 218-223