

论著

富含黄酮类物质果蔬汁对大鼠肝脏中氧化损伤
相关Ⅱ相代谢酶基因 mRNA 表达的影响

刘金萌,刘全日,韩静,麻微微,冯玲莉,王超,苑林宏,肖荣

(首都医科大学公共卫生学院 环境毒理学北京市重点实验室,北京 100069)

摘要:目的 探讨富含黄酮类物质的果蔬汁对大鼠肝脏内氧化损伤相关Ⅱ相代谢酶基因表达的影响。方法 SPF级雄性成年大鼠54只按体重随机分为对照组、低剂量果蔬汁干预组和高剂量果蔬汁干预组,对照组每日给予生理盐水灌胃、干预组给予低剂量和高剂量果蔬汁灌胃。干预5周后,腹主动脉采血用于生化指标检测;取肝脏组织检测基因表达情况。RT-PCR方法检测肝脏中氧化损伤相关Ⅱ相代谢酶 mRNA 的表达情况;试剂盒法测定血清总抗氧化能力(T-AOC)、丙二醛(MDA)、谷胱甘肽(GSH)含量。结果 与对照组相比,低、高剂量果蔬汁饮食干预组大鼠的血清抗氧化能力增强,同时上调肝脏中药物代谢Ⅱ相酶人醌NADH脱氢酶(NQO1)和谷氨酰-半胱氨酸连接酶催化亚基(GCLC)mRNA的表达($P < 0.05$),但对GSTP1、GCLM、GSTM2、GSTA2Ⅱ相代谢酶基因 mRNA 表达无影响。结论 富含黄酮类物质果蔬汁可以增强大鼠血清抗氧化能力,同时诱导肝脏中抗氧化Ⅱ相代谢酶NQO1及GCLC基因 mRNA 的表达。

关键词:果蔬汁;抗氧化;Ⅱ相代谢酶;大鼠;肝脏;氧化损伤;黄酮;基因表达

中图分类号:R155;TS255.3;O611.62;Q344⁺.13 文献标志码:A 文章编号:1004-8456(2014)05-0409-05

DOI:10.13590/j.cjfh.2014.05.001

**Effect of flavonoids-rich fruit and vegetable juice on the mRNA expression of
oxidative damage related phase II enzyme gene in rat liver tissue**

LIU Jin-meng, LIU Quan-ri, HAN Jing, MA Wei-wei, FENG Ling-li, WANG Chao, YUAN Lin-hong, XIAO Rong
(School of Public Health, Capital Medical University, Beijing Key Laboratory of
Environmental Toxicology, Beijing 100069, China)

Abstract: Objective To investigate the effect of the flavonoids-rich fruit and vegetable juice intake on the oxidative damage related phase II enzyme gene expression in rat liver. **Methods** 54 healthy Wistar rats (SPF, male) were randomly divided into control group, lower dosage fruit and vegetable juice group and higher dosage fruit and vegetable juice group. The control group was treated with saline water and the latter two groups were treated with different dosage of fruit and vegetable juice for 5 weeks. Rat serums were obtained for the measurement of oxidative damage related biomarkers. Liver tissues were used for the detection of phase II enzyme gene expression. The oxidative damage related phase II enzyme gene mRNA expression was detected by RT-PCR and the serum T-AOC, MDA and GSH levels were tested by using experimental kits. **Results** Comparing with the control group, fruit and vegetable juice increased the serum antioxidant capacity significantly, as well as up-regulated the mRNA expression of NQO1 and GCLC genes ($P < 0.05$) in rat liver tissues. However, the dietary intervention had no effects on the mRNA expression of GSTP1, GCLM, GSTM2 and GSTA2 ($P < 0.05$). **Conclusion** Flavonoids-rich fruit and vegetable dietary intervention improve the antioxidant capacity and the up-regulation of NQO1 and GCLC gene mRNA expression in rats.

Key words: Fruit and vegetable juice; anti-oxidation; phase II enzyme; rats; liver; oxidative damage; flavone; gene expression

收稿日期:2014-05-30

基金项目:国家自然科学基金面上项目(81273071);北京市教委科技发展计划面上项目(KM201310025011);北京市属高等学校高层次人才引进与培养计划项目(CIT&TCD201304188)

作者简介:刘金萌 女 硕士 研究方向为营养与疾病 E-mail:liumengjinok@126.com

通讯作者:肖荣 女 教授 研究方向为营养与营养相关疾病 E-mail:xiaor22@ccmu.edu.cn

苑林宏 女 副教授 研究方向为营养与营养相关疾病 E-mail:yhlhmedu@126.com

果蔬是人类平衡膳食的重要组成部分,富含人体必需的多种维生素、矿物质、膳食纤维和碳水化合物。流行病学资料表明,果蔬摄入与慢性病的发生存在负相关关系^[1]。除维生素C、胡萝卜素等抗氧化物质外,黄酮类化合物被认为是果蔬中的另一类具有较强抗氧化活性的物质。研究发现^[2],黄酮类化合物具有多种生物学活性如抗氧化、抗衰老、抗肿瘤等。研究证实,来源于植物性食物的黄酮类物质(如大豆异黄酮、槲皮素等)可促进体内自由基的清除,提高机体抗氧化能力^[3]。另有研究提示,果蔬摄入除了可增加体内抗氧化物的水平外,还可能参与体内氧化损伤相关Ⅱ相代谢酶的调控^[4]。本研究选择富含黄酮类物质的果蔬作为干预食物,对大鼠进行饮食干预,以观察富含黄酮类物质果蔬汁对大鼠抗氧化能力及肝脏中氧化损伤相关Ⅱ相代谢酶基因 mRNA 表达的影响。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 实验动物

健康雄性 SPF 级 Wistar 成年大鼠 54 只[北京维通利华实验动物公司,生产许可证号:SCXK(京)2012-0001],体重 310~330 g,于首都医科大学 SPF 级动物实验研究中心饲养[合格证号:SYXK(京)2012-0020]。饲养条件:温度 20~23℃,湿度 50%~55%,自然采光;自由摄食进水,饲以基础饲料。动物实验符合国家《实验动物管理条例》,并经首都医科大学动物伦理委员会认可。

1.1.2 主要仪器与试剂

凝胶成像分析系统(Fluor Chem[®] FC2,美国 Alpha Innotech)、梯度 PCR 仪、电泳仪(美国 Bio-Rad)、酶标仪(瑞士 Tecan)、100% 原汁榨汁机(韩国惠氏)。

血清丙二醛(MDA)、谷胱甘肽(GSH)、总抗氧化能力(T-AOC)检测试剂盒均购自南京建成生物制剂有限公司,总 RNA 提取试剂盒(美国 Promega)、逆转录试剂盒(德国 Thermo)、PCR 试剂(日本 Takara)。

1.2 方法

1.2.1 动物分组及处理

按体重将实验大鼠随机分为 3 组,每组 18 只,分别为:对照组、低剂量果蔬汁干预组、高剂量果蔬汁干预组。文献报道^[5]动物饮食干预试验每组动物 15~20 只可检测到统计学差异。在满足统计学要求的前提下尽量减少动物的使用量,本试验选择每组 18 只动物进行饮食干预试验。适应性喂养 1 周后,各组动物每天分别给予生理盐水、低剂量果

蔬汁和高剂量果蔬汁干预,共干预 5 周。

1.2.2 果蔬汁干预

1.2.2.1 果蔬汁制备

选择黄酮类物质含量丰富、且中国居民经常食用的 6 种蔬菜和 1 种水果用于制备果蔬汁。包括紫洋葱、西兰花、芹菜、西红柿、甜椒、胡萝卜和葡萄汁。蔬菜汁现用现做,所有蔬菜均采购于同一销售地点。新鲜蔬菜清洗沥干水后切割成小块儿,采用 100% 原汁榨汁机榨汁。葡萄汁采用市售 100% 葡萄汁(北京汇源果汁有限公司)。该果汁为 100% 葡萄汁(主要成分为葡萄浓缩汁和纯净水)且无食品添加剂。

1.2.2.2 饮食干预

①动物干预食谱的制定:编制 3 个果蔬汁干预食谱,每个食谱中包含 2 种蔬菜汁,1 种水果汁。食谱每 3 d 为 1 个循环。食谱一:胡萝卜汁、芹菜汁、葡萄汁;食谱二:西红柿汁、紫洋葱汁、葡萄汁;食谱三:甜椒汁、西兰花汁、葡萄汁。

②灌胃剂量:文献报道中国居民平均每日膳食中黄酮类物质的摄入量为 20~70 mg^[6]。标准体重按 60 kg 计算,平均每天摄入黄酮量按 50 mg 计算,则每人每千克体重应摄入黄酮量为 50 mg/60 kg = 0.833 mg/kg·BW。本研究以黄酮类物质摄入量为 1.0 mg/kg·BW 作为低剂量干预组。考虑到人和动物的种属差异,以 5.0 mg/kg·BW 作为高剂量干预组。根据郭长江等^[7-8]报道的北京市售果蔬中黄酮类物质平均含量,计算出若每只大鼠的黄酮类物质均来自一种蔬菜或仅由葡萄果汁提供时所对应的蔬菜和果汁的量。中国居民膳食指南中推荐的蔬菜摄入量是水果摄入量的 1.5 倍,我们把计算出来的所对应的食谱中每种蔬菜或果汁量各取 1/3 作为大鼠最终的果蔬汁干预总量。灌胃体积随实验动物体重的增加而进行调整。高剂量干预组灌胃体积较大,故每天上下午两次灌胃。

1.2.3 指标检测方法

血清氧化损伤相关生化指标检测:干预 5 周后,动物麻醉固定,腹主动脉采血分离血清,同时取肝脏组织。采用试剂盒法检测动物血清 T-AOC、MDA 及 GSH 含量。每组检测 18 个样,三组共计 54 个样。实验操作严格按照说明书进行且重复 3 次。

基因 mRNA 表达情况:采用 Promega 试剂盒提取组织总 RNA,Thermo 试剂盒将 1 μg RNA 逆转录为 cDNA。每次从 3 个试验组中各随机抽取 1 只,每个指标重复试验 3 次,同一基因共检测 9 只大鼠。PCR 扩增条件:94℃ 2 min,94℃ 30 s,退火温度 30 s,72℃ 30 s,34 个循环后 72℃ 5 min。RT-PCR 产物经琼脂糖凝胶(2%)电泳后用激光密度扫描仪

测定目的条带和内参 β -actin 基因条带密度值,以目的基因产物与内参 β -actin 的灰度值的比值来反映目的基因的相对表达水平,引物序列见表 1。

表 1 基因的引物序列、退火温度及片段长度

Table 1 Gene sequences of primers, annealing temperature and fragment length

基因	引物序列	退火温度 /°C	片段长度 /bp
<i>GCLC</i>	F:5'-CTGGGGAGTGATTTCTGCAT-3' R:5'-AGATCTCCGTGTCGATGGTC-3'	56	158
<i>GCLM</i>	F:5'-ATGCCACCAGATTTGACTG-3' R:5'-CACTCTGGGCTTCAATG-3'	51	140
<i>NQO1</i>	F:5'-GAAGAAGAAAGGATGGGAG-3' R:5'-GCCTTCCTTATACGCCAGA-3'	52	148
<i>GSTM2</i>	F:5'-CTTTGTGGGAGACAGAG-3' R:5'-CAAAGTCAGGGCTGTAGC-3'	51	106
<i>GSTA2</i>	F:5'-ACAGACCAAGCCATTCT-3' R:5'-TTTGGTCTGTCTTTTGC-3'	54	190
<i>GSTP1</i>	F:5'-AGATGTCTGGCTTCAAGG-3' R:5'-TTCACCATATCCACCAAG-3'	54	174
β -actin	F:5'-AGATCTGACCGAGCGTGCC-3' R:5'-CCAGGGAGGAAGAGGATGCG-3'	62	138

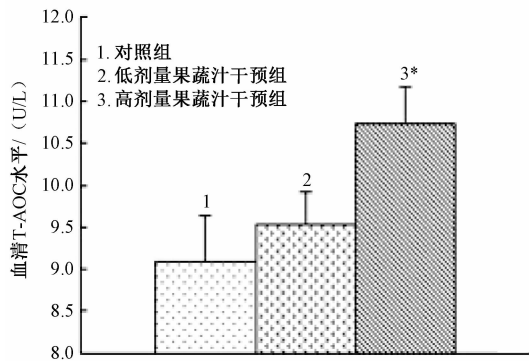
1.2.4 统计学分析

数据分析采用 SPSS 11.5 统计软件。不同组间生化指标采用单因素方差分析方法进行比较, $P < 0.05$ 判定为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 饮食干预对血清中 T-AOC 的影响

果蔬汁干预 5 周后,与对照组相比,干预组大鼠血清中 T-AOC 均有所增高,其中低剂量干预组虽有增加趋势,但与对照组比较差异无统计学意义($P > 0.05$);高剂量果蔬汁干预组 T-AOC 明显高于对照组,且差异有统计学意义($P < 0.05$),见图 1。



注: * 为与对照组相比, $P < 0.05$

图 1 果蔬汁干预 5 周后对大鼠血清中 T-AOC 水平的影响
Figure 1 Serum T-AOC level after flavonoids-rich F&V juice dietary intervention for 5 weeks in rats

2.2 饮食干预对血清中 MDA 水平的影响

果蔬汁干预 5 周后,干预组大鼠血清中 MDA 水平虽然表现为轻度的下降趋势,但与对照组比较差

异无统计学意义($P > 0.05$),见图 2。

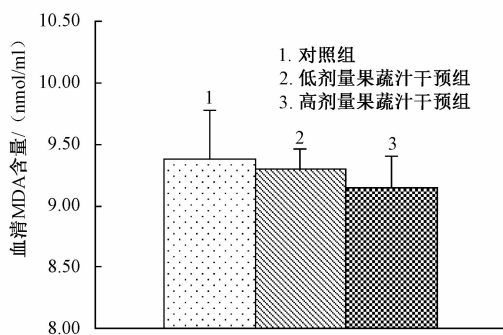
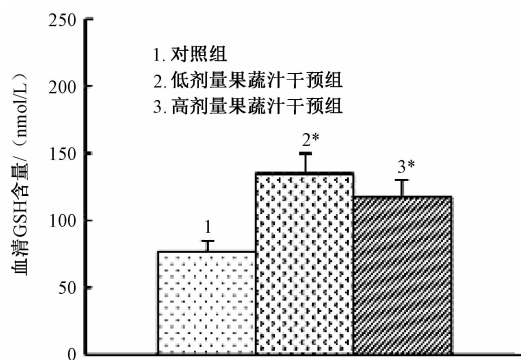


图 2 果蔬汁干预 5 周后对大鼠血清中 MDA 水平的影响
Figure 2 Serum MDA content after flavonoids-rich F&V juice dietary intervention for 5 weeks in rats

2.3 饮食干预对血清中 GSH 水平的影响

果蔬汁干预 5 周后,果蔬汁干预组大鼠血清中 GSH 水平明显上升;且与对照组比较差异有统计学意义($P < 0.05$),见图 3。



注: * 为与对照组相比, $P < 0.05$

图 3 果蔬汁干预 5 周后对大鼠血浆中 GSH 水平的影响
Figure 3 Serum GSH content after flavonoids-rich F&V juice dietary intervention for 5 weeks in rats

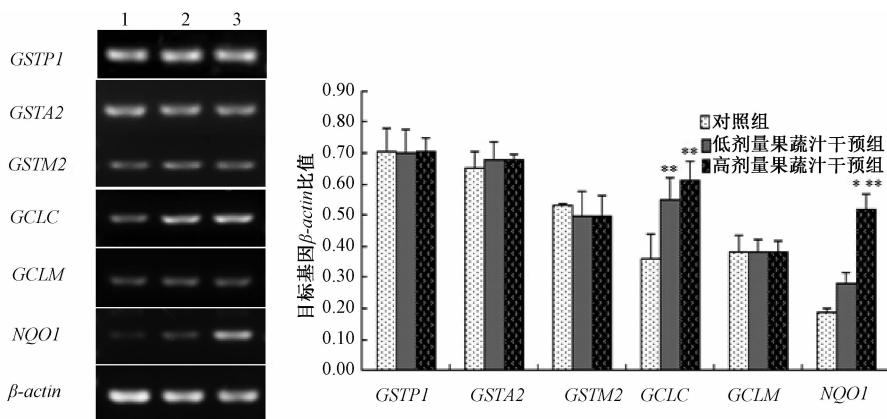
2.4 肝脏中氧化损伤相关Ⅱ相代谢酶基因表达情况

果蔬汁饮食干预 5 周后,与对照组比较,干预组大鼠的肝脏中 *NQO1* 和 *GCLC* 基因表达上调;其他Ⅱ相代谢酶包括 *GSTP1*、*GSTA2*、*GSTM2* 及 *GCLM* 基因 mRNA 的表达与对照组比较,差异无统计学意义,见图 4。

3 讨论

目前,国内外有关膳食来源抗氧化物质与机体氧化损伤及抗氧化能力相关性研究多采用单一的抗氧化物质或单一种类水果或蔬菜进行饮食干预研究,而本次研究中我们采用的是混合果蔬汁进行膳食干预,旨在观察饮食对实验动物抗氧化能力及肝脏中氧化损伤相关酶类基因表达的影响。

本研究结果显示:果蔬汁干预 5 周后,实验动物血清中 T-AOC 和 GSH 水平均有升高的趋势,且



注:1. 对照组; 2. 低剂量果蔬汁干预组; 3. 高剂量果蔬汁干预组; * 为与低剂量组相比, $P < 0.05$; ** 为与对照组相比, $P < 0.01$

图4 果蔬汁干预对大鼠肝脏组织中氧化损伤相关Ⅱ相代谢酶基因 mRNA 表达水平的影响

Figure 4 Effects of flavonoids-rich fruit and vegetable juice dietary intervention on oxidative damage related phase II metabolism enzyme gene mRNA expression in rat liver tissue

与对照组比较, 差异有统计学意义; MDA 水平虽表现为下降趋势, 但与对照组比较差异无统计学意义。这可能是由于本次研究对象为健康成年大鼠, 其体内正常生理状态下细胞膜脂肪氧化水平较低的缘故。上述研究结果提示, 富含黄酮类物质的果蔬汁饮食干预可有效提高机体的抗氧化能力。姚芳芳等^[9]证实, 给予高尿酸血症大鼠膳食来源的黄酮类物质槲皮素及芹菜素预防性治疗 3 周后发现, 槲皮素和芹菜素均能显著降低高尿酸血症大鼠血清尿素和 MDA 水平, 同时提高超氧化物歧化酶、T-AOC 水平。Amoutzopoulos 等^[10]采用葡萄汁对 89 名健康成年人进行膳食干预, 受试者每天饮用高剂量组 (500 ml/d) 或低剂量组 (250 ml/d) 葡萄汁饮料, 40 d 后发现, 两组个体体内的 MDA 水平较对照组明显下降, 同时 T-AOC 水平明显提高。以上研究结果均与本次研究结果相一致。说明富含黄酮类物质的果蔬汁可明显改善机体的抗氧化能力。

人群试验发现^[11], 膳食来源的黄酮类物质经机体代谢入血后的浓度水平较低, 提示黄酮类物质可能通过调节氧化损伤相关信号传导途径而发挥改善机体抗氧化能力的作用。研究表明^[12], 黄酮类物质可通过对转录因子 NF-E2 相关因子 (NF-E2-related factor 2, Nrf2) 信号通路的调解来发挥抗氧化作用。Nrf2 是细胞氧化应激反应中的关键因子, 其通过与抗氧化反应元件 (antioxidant response element, ARE) 相互作用, 启动 Nrf2 下游氧化损伤相关靶基因的表达。另有研究发现^[13-14], 姜黄素及富含黄酮类物质的西兰花可通过激活 Nrf2 上调 II 相酶基因的表达。在本次研究中, 我们进一步检测了肝脏中 Nrf2 下游的氧化损伤相关靶基因 *NQO1*、*GSTP1*、*GSTA2*、*GSTM2*、*GCLC*、*GCLM* 表达情况。结果表明, 5 周的果蔬汁饮食干预可明显诱导肝脏中

NQO1 基因的表达, 其他 II 相酶基因 (*GSTP1*、*GCLM*、*GSTM2*、*GSTA2*) mRNA 的表达较对照组无明显差异。NQO1 是细胞内的一种保护性还原酶, 其可通过维持维生素 E 的还原态, 参与维生素 E 介导的抗氧化反应。Soyalan 等^[15]也证实, 苹果汁能上调大鼠肝脏中 Nrf2 下游 *NQO1* 的基因表达。本研究结果与国内外研究结果相一致, 即富含黄酮类物质的果蔬汁可以诱导实验动物肝脏组织中 *NQO1* 基因 mRNA 的表达。

谷氨酰半胱氨酸连接酶是体内合成 GSH 的限速酶, 包括 GCL 催化亚基 (*GCLC*) 和调节亚基 (*GCLM*)。本研究发现, 富含黄酮类物质果蔬汁饮食干预在增加血清中 GSH 水平的同时, 可以上调肝脏中 *GCLC* 基因 mRNA 的表达, 提示富含黄酮类物质果蔬汁可能通过上调组织细胞中 *GCLC* 的表达, 来促进体内 GSH 的合成, 从而增加体内 GSH 水平而发挥改善机体抗氧化能力的效果。

Wiegand 等^[16]发现, 染料木黄酮可上调小鼠肝脏中 *GSTA2* 的 mRNA 水平, 同时下调 *GSTM2* 和 *GSTP1* 水平; 银杏提取物被证实可通过对 Nrf2/ARE 通路的调节作用来诱导 II 相酶 *GCLC*、*GSTP1* 及 *NQO1* 基因的表达^[17]。然而在本次研究中, 未观察到谷胱甘肽 S 转移酶家族氧化损伤相关基因的表达发生改变。Jaiswal^[18]报道通过 ARE 启动的多种氧化损伤相关 II 相酶基因的表达可能不完全依赖 Nrf2 信号途径的激活, 可能还存在其他信号途径对上述基因的表达起调控作用, 因此推测, 上述原因可能是导致果蔬汁混合膳食干预未引起 *GSTP1*、*GCLM*、*GSTM2*、*GSTA2* 等基因表达发生改变的原因。

综上所述, 富含黄酮类物质的果蔬汁可明显改善实验动物体内的抗氧化能力, 同时诱导肝脏内抗氧化相关 II 相酶基因 mRNA 的表达, 提示肝脏可能

是膳食来源黄酮类物质发挥抗氧化作用的重要靶器官。本次研究的不足体现在未能对干预前后大鼠血浆中非黄酮类抗氧化物质进行测定,故不能完全排除这些物质是否也参与了改善实验动物机体抗氧化能力的作用。此外,本研究旨在探讨富含黄酮类物质果蔬摄入与机体氧化损伤的关系。膳食本身的复杂性也提示,植物性膳食的健康促进作用不是依靠单一抗氧化物质实现的,而是多种膳食成分联合作用的结果,这也是本研究采用混合食物用于膳食干预的原因。

参考文献

- [1] Toh J Y, Tan V M, Lim P C, et al. Flavonoids from fruit and vegetables: a focus on cardiovascular risk factors [J]. *Curr Atheroscler Rep*, 2013, 15 (12) : 368.
- [2] Nile S H, Park S W. Edible berries: review on bioactive components and their effect on human health [J]. *Nutrition*, 2014, 30 (2) : 134-44.
- [3] Kanter M, Unsal C, Aktas C, et al. Neuroprotective effect of quercetin against oxidative damage and neuronal apoptosis caused by cadmium in hippocampus [J]. *Erboga M, Toxicol Ind Health*, 2013.
- [4] HE C, LI B, SONG W, et al. Sulforaphane attenuates homocysteine-induced the endoplasmic reticulum stress through Nrf-2 driven enzymes in immortalized human hepatocytes [J]. *J Agric Food Chem*, 2014.
- [5] 刘慧琳. 人参皂甙 Rb₁ 对血管性痴呆大鼠认知功能障碍的防治作用 [D]. 西安: 第四军医大学, 2013.
- [6] 孙长灏. 营养与食品卫生学 [M]. 6 版. 北京: 人民卫生出版社, 2007: 110-128.
- [7] 郭长江, 徐静, 韦京豫, 等. 我国常见水果类黄酮物质的含量 [J]. *营养学报*, 2008, 30 (2) : 130-135.
- [8] 郭长江, 徐静, 韦京豫, 等. 我国常见蔬菜类黄酮物质的含量 [J]. *营养学报*, 2009, 31 (2) : 185-190.
- [9] 姚芳芳, 张锐, 傅瑞娟, 等. 槲皮素和芹菜素对高尿酸血症大鼠血尿酸及抗氧化能力的影响 [J]. *食品科学*, 2011, 32 (5) : 287-290.
- [10] Amoutzopoulos B, Löker G B, Samur G, et al. Effects of a traditional fermented grape-based drink 'hardaliye' on antioxidant status of healthy adults: a randomized controlled clinical trial [J]. *J Sci Food Agric*, 2013, 93 (14) : 3604-3610.
- [11] Hollman P, Cassidy A, Comte B, et al. The biological relevance of direct antioxidant effects of polyphenols for cardiovascular health in humans is not established [J]. *Nutr*, 2011, 141 (5) : 989-1009.
- [12] Rubiolo J A, Mithieux G, Vega F V. Resveratrol protects primary rat hepatocytes against oxidative stress damage: activation of the Nrf2 transcription factor and augmented activities of antioxidant enzymes [J]. *Eur J Pharmacol*, 2008, 591 (1 - 3) : 66-72.
- [13] ZHANG Y, Talalay P, Cho C G, et al. A major inducer of anticarcinogenic protective enzymes from broccoli: isolation and elucidation of structure [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1992, 89 (6) : 2399-2403.
- [14] GAO S, DUAN X, WANG X, et al. Curcumin attenuates arsenic-induced hepatic injuries and oxidative stress in experimental mice through activation of Nrf2 pathway, promotion of arsenic methylation and urinary excretion [J]. *Food Chem Toxicol*, 2013, 59: 739-747.
- [15] Soyalan B, Minn J, Schmitz H J, et al. Apple juice intervention modulates expression of ARE-dependent genes in rat colon and liver [J]. *Eur J Nutr*, 2011, 50 (2) : 135-143.
- [16] Wiegand H, Wagner A E, Boesch-Saadatmandi C, et al. Effect of dietary genistein on phase II and antioxidant enzymes in rat liver [J]. *Cancer Genomics Proteomics*, 2009, 6 (2) : 85-92.
- [17] LIU X P, Goldring C E, Copple I M, et al. Extract of Ginkgo biloba induces phase 2 genes through Keap1-Nrf2-ARE signaling pathway [J]. *Life Sci*, 2007, 80 (17) : 1586-1591.
- [18] Jaiswal A K. Regulation of genes encoding NAD(P)H: quinone oxidoreductases [J]. *Free Radic Biol Med*, 2000, 29 (3-4) : 254-262.

· 标准工作动态 ·

美国农业部发布家禽检测最新规则

据国际畜牧网 9 月 9 日消息, 美国农业部近日发布一项新的家禽检验规则, 要求针对所有的家禽加工设施进行额外的微生物检测, 并引进第五代检测系统, 美国家禽工厂可自愿采用。

美国农业部部长 Tom Vilsack 认为, 这项规则为“现代化系统”做出了“长远的努力”, 将进一步促进食品安全。Vilsack 还表示, 美国农业部下属的食品安全检验局 (FSIS) 已经对工厂沙门氏菌和弯曲杆菌进行了检测, 但是要求家禽加工工厂至少每班还要检查两次。FSIS 局长 Al Almanza 指出: “工厂应该对相关危险的病原菌进行检测, 作为家禽机构而言, 就是沙门氏菌或弯曲杆菌。”

据悉, 新家禽检测系统 (NPIS) 是基于 HACCP 验证检验模式 (HIMP) 建立, 指导家禽公司在将产品呈交 FSIS 检测之前先整理自己产品的质量缺陷。此前, FSIS 曾收到许多公众反馈, 称每分钟检测 175 只家禽的速度提升将危害工人安全, FSIS 回应将保持每分钟最多 140 只家禽的检测速度, 来匹配当前家禽检测系统。据 Vilsack 称, 这些运用 HIMP 原则进行试验性检测超过数十年的家禽工厂检测速度平均在一分钟 130 只左右。据悉, 该规则也要求工厂采用 NPIS 系统, 建立路径发现工人早期受伤事件, 并鼓励尽早上报。此外, FSIS 的检查人员也接受了相关培训, 监测与上报受伤事件, 并直接向美国职业安全与保健管理总署 (OSHA) 报告。(摘自食品伙伴网)

(相关链接: <http://news.foodmate.net/2014/09/274957.html>)