

超临界 CO₂ 处理对米糠纤维物性的影响

王大为, 丰艳, 李毅丽, 郭雪飞

(吉林农业大学食品科学与工程学院, 吉林 长春 130118)

摘要: 研究超临界 CO₂ 处理米糠粉前后制备的米糠纤维的膨胀力、持水力、结合水力及吸脂力的变化。结果表明, 相同粒度的米糠纤维, 其膨胀力、持水力和结合水力经超临界 CO₂ 处理后均有所提高, 而吸脂力却有所下降。超临界 CO₂ 处理前后持水力、吸脂力均在纤维粒度 0.246mm 时达到最高值, 膨胀力、结合水力在 0.900mm 和 0.175mm 时分别达到最高值。米糠纤维的综合物性在粒度 0.246mm 时最佳, 且超临界 CO₂ 处理后米糠纤维的综合物性值比处理前提高 27.75%, 米糠纤维提取率增加 36.63%。

关键词: 米糠; 膳食纤维; 超临界 CO₂; 物性

Effect of Supercritical CO₂ on Physical Properties of Dietary Fiber from Treated Rice Bran

WANG Da-wei, FENG Yan, LI Yi-li, GUO Xue-fei

(College of Food Science and Engineering, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: Rice bran subjected to supercritical CO₂ treatment for the removal of fat was extracted to obtain dietary fiber. Dietary fibers from treated bran and untreated rice bran were compared for the differences in their physical properties including expansibility, water-holding capacity, water-retention capacity and oil-retention capacity. The expansibility, water-holding capacity, water-retention capacity of the dietary fiber from treated rice bran with the same particle sizes all increased when compared with that from untreated rice bran, while the oil-retention capability displayed an opposite change. For both of the dietary fibers, the highest water-holding capacity and oil-retention capacity were both achieved at the particle size of 0.246 mm, and the highest expansibility and water-retention capacity at 0.900 mm and 0.175 mm, respectively, and the highest weighted value of the above 4 parameters at 0.246 mm. The highest weighted value of the above 4 parameters of the dietary fiber from treated rice bran was 27.75% higher than that of the dietary fiber from untreated rice bran. Supercritical CO₂ treatment resulted in an increase in dietary fiber yield of 36.63%.

Key words: rice bran; dietary fiber; supercritical CO₂; physical properties

中图分类号: S816.44

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2010)13-0143-05

我国是世界上最大的稻米生产国和消费国。据有关方面统计, 近五年我国稻谷产量在 1.75~1.99 亿 t 之间, 占我国粮食总产量的 30% 以上^[1]。2008 年我国稻谷产量为 1.93 亿 t, 约占世界稻谷产量的 1/3, 占我国粮食总产量的 2/5。我国约有八亿人口以稻米为主食, 每年因直接食用稻米及其制品而耗用稻米约 1.3~1.4 亿 t^[2], 同时也产生大量的米糠。米糠是糙米碾白过程中被碾下的果皮、种皮和糊粉层的碎片、胚及少量胚乳淀粉等组成的混合物, 占稻谷总质量的 6%~8%。米糠中含有丰富的膳食纤维, 以及蛋白质、脂肪、维生素等营养成分^[3], 其中膳食纤维占米糠干基的 35%~50%。研究表明, 普通膳食纤维只是一种无能量添加剂, 其中可溶

性成分含量在 3% 以下, 膨胀力、持水力、结合水力及加工学特性不理想, 生理活性较低, 食入过多不但会引起人胃肠不适, 而且易导致营养代谢异常; 高品质膳食纤维的可溶性成分含量达 12% 以上, 膨胀力、持水力及结合水力均为普通膳食纤维的两倍以上, 在预防高血压、高血脂、糖尿病、便秘、肥胖症、冠心病等疾病的发生方面具有不可替代的作用。因此, 营养学家们将高品质膳食纤维推崇为“人类第七营养素”^[4]。米糠中含有的生物活性成分具有预防心血管疾病、调节血糖、减肥、预防肿瘤等功效^[5]。目前米糠绝大部分用于饲料的生产或废弃, 少量用于热轧法榨油, 经济效益低, 同时也造成了大量的环境污染^[6]。

收稿日期: 2010-04-09

基金项目: 国家“863”计划项目(2007AA10Z336)

作者简介: 王大为(1960—), 男, 教授, 博士, 主要从事功能食品研究。E-mail: xcpyfzx@163.com

本研究以米糠为原料,采用超临界CO₂萃取技术对其进行脱脂脱杂处理,分别从处理前和处理后的米糠中提取米糠膳食纤维,通过比较超临界CO₂处理前后米糠纤维在不同粒度下膨胀力、结合水力、持水力、吸脂力、可溶性成分及综合物性的变化规律,研究超临界CO₂处理对米糠纤维提取率及物性的影响,为提高米糠资源的综合利用价值及米糠纤维在功能性食品中的应用提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

米糠 吉林省圣禾现代农业发展有限公司。

金龙鱼大豆油 益海嘉里食品营销有限公司;二氧化碳(CO₂含量为99.9%,食品级) 长春氧气厂;耐高温淀粉酶、碱性蛋白酶 诺维信(中国)生物技术有限责任公司;氢氧化钠 天津市北方化玻购销中心;盐酸 北京北化精细化学品有限责任公司;以上及其他试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

HA121-50-02超临界萃取装置 江苏南通华安超临界萃取有限公司;PHS-3BW 电脑数显酸度计 上海理达仪器厂;WF-250B 型万能粉碎机 上海蓝深制药机械有限公司;CT15RT 型高速冷冻离心机 上海天美生化仪器设备有限公司;LXJ-II 型离心沉淀机 上海医用分析仪器厂;101A-2E 型数显式电热鼓风干燥箱 上海实验仪器厂有限公司;GB1302 电子精密天平 梅特勒-托利多仪器有限公司;HZS-HA 水浴振荡器 哈尔滨市东联电子科技有限公司;JJ 型精密电子天平 美国双杰兄弟(集团)有限公司。

1.3 方 法

1.3.1 脱脂米糠的制备

新鲜米糠自然晾干后过40目筛除去碎米及不可食用杂质,在萃取压力25MPa、萃取温度45℃、萃取时间90min、CO₂流量25L/h的条件下萃取分离,取萃取物备用^[7-9]。

1.3.2 米糠纤维的制备

采用酶解法制备米糠膳食纤维^[10]:称取一定量的超临界CO₂脱脂处理的米糠粉,按1:10(m/V)的料液比加蒸馏水,再添加2.4%的盐酸溶液,20℃、80r/min的条件下水浴振荡30min,于20℃、3500r/min离心10min,倾去上清液,除去原料中的植酸。将残渣按1:10料液比加蒸馏水,搅拌均匀,在95~100℃的水浴中加热20min,调pH6.0,加入质量分数0.5%的高温淀粉酶,边搅拌边加热,保持95℃,维持40min,使米糠中淀粉质在淀粉酶作用下完全降解溶于水的低分子物质而被

除去。调节溶液温度到60℃、调pH8.5后,加入质量分数0.5%碱性蛋白酶,30r/min搅拌1h后,于3500r/min离心10min,热蒸馏水离心冲洗沉淀物数次,收集滤渣,在70℃条件下烘至水分含量低于12%,粉碎筛分得0.900mm(20目)、0.450mm(40目)、0.246mm(60目)、0.175mm(80目)、0.147mm(100目)、0.125mm(120目)及0.105mm(140目)的米糠纤维粉备用。采用同样方法提取未经超临界CO₂处理的米糠中膳食纤维。分别按式(1)、(2)计算米糠纤维提取率和米糠纤维提取率的变化。

$$\text{米糠纤维提取率}/\% = \frac{m_1}{m_2} \times 100 \quad (1)$$

$$C = \frac{R_2 - R_1}{R_1} \times 100 \quad (2)$$

式中: m_1 为米糠纤维干基质量; m 为样品干基质量; C 为超临界CO₂处理前后米糠纤维提取率的变化/%; R_1 为超临界CO₂处理后米糠纤维提取率/%; R_2 为超临界CO₂处理前米糠纤维提取率/%。

1.3.3 米糠纤维物理特性的测定

1.3.3.1 米糠纤维膨胀力

准确称取不同粒度的米糠纤维0.5000g(精确到0.0001g),置于15mL带刻度具塞试管中,加入10.00mL蒸馏水,振荡均匀后密封,25℃放置24h,读取米糠纤维溶胀后的体积,按式(3)计算膨胀力,重复测定3次取其平均值^[11-12]。

$$\text{膨胀力}/(\text{mL/g}) = \frac{V_1 - V_2}{m} \quad (3)$$

式中: V_1 为溶胀后纤维体积/mL; V_2 为干燥样品体积/mL; m 为干燥样品质量/g。

1.3.3.2 米糠纤维持水力

准确称取不同粒度的米糠纤维0.5000g(精确到0.0001g)置于100mL烧杯中,加入20℃的蒸馏水10mL,常温下浸泡1h后,置于定量滤纸上沥干样品水分,迅速移入干燥皿中称其湿质量,按式(4)计算持水力,重复测定3次取其平均值^[11-12]。

$$\text{持水力}/(\text{g/g}) = \frac{m_1 - m}{m} \quad (4)$$

式中: m_1 为样品湿质量/g; m 为样品干质量/g。

1.3.3.3 米糠纤维结合水力

准确称取不同粒度的米糠纤维0.5000g(精确到0.0001g)置于15mL离心管中,加入10mL蒸馏水,混匀,室温下保持1h后,在3500r/min条件下离心10min,弃

去上清液后移至定量滤纸上沥干水分,称剩余湿样质量。按式(5)计算结合水力,重复测定3次取其平均值^[11-12]。

$$\text{结合水力}/(\text{g/g}) = \frac{m_1 - m}{m} \quad (5)$$

式中: m_1 为离心后样品湿质量/g; m 为样品干质量/g。

1.3.3.4 米糠纤维吸脂力

准确称取不同粒度的米糠纤维 0.5000g(精确到 0.0001g)置于 15mL 离心管中,加入 5mL 大豆油,混匀,室温下保持 1h 后,于 3500r/min 离心 10min,弃去上清液后移植在定量滤纸上沥干残渣中游离的油,称剩余湿样质量。按式(6)计算吸脂力,重复测定3次取其平均值^[11-12]。

$$\text{吸脂力}/(\text{g/g}) = \frac{m_1 - m}{m} \quad (6)$$

式中: m_1 为吸脂后样品质量/g; m 为吸脂前样品质量/g。

1.3.3.5 米糠纤维综合物性的判定方法

膳食纤维的吸脂力、膨胀力等物性与其减肥降脂、降血糖等功能作用密切相关。本研究根据持水力、结合水力、膨胀力、吸脂力对膳食纤维润肠、抗便秘作用的影响程度,采用加权系数分析方法计算其综合物性指标,设持水力系数为 0.55,结合水力系数为 0.30,膨胀力系数为 0.10,吸脂力系数为 0.05,系数总和为 1。分别用加权系数乘以各试样的持水力、结合水力、膨胀力以及吸脂力的单项值,所得乘积和作为米糠纤维综合物性评价指标,取 3 次测定结果平均值作为最终结果,数值越大说明其处理结果越理想^[10]。米糠纤维综合物性值及其在超临界 CO_2 处理前后变化按式(7)、(8)计算。

$$\text{综合物性值} = \text{持水力} \times 0.55 + \text{结合水力} \times 0.30 + \text{膨胀力} \times 0.10 + \text{吸脂力} \times 0.05 \quad (7)$$

$$\text{综合物性值变化}/\% = \frac{\text{CP}_2 - \text{CP}_1}{\text{CP}_1} \times 100 \quad (8)$$

式中: CP_1 为超临界 CO_2 处理前米糠纤维综合物性值; CP_2 为超临界 CO_2 处理后米糠纤维综合物性值。

2 结果与分析

2.1 超临界 CO_2 处理对米糠纤维提取率的影响

从表 1 可以看出,所有粒度的米糠超临界处理后纤维提取率均大幅度增加,增加率在 0.900~0.246mm(20~60 目)时呈上升趋势,0.175~0.105mm(80~140 目)时呈下

降趋势,在 0.246mm(60 目)时纤维提取率增加幅度最大为 36.63%。说明粒度对超临界 CO_2 处理效果具有较大影响。

表 1 超临界 CO_2 处理对米糠纤维提取率的变化

Table 1 Extraction yields of dietary fibers from treated bran and untreated rice bran

粒度/mm	超临界 CO_2 处理前米糠纤维提取率/%	超临界 CO_2 处理后米糠纤维提取率/%	处理前后米糠纤维提取率变化/%
0.900(20 目)	29.58	36.78	24.34
0.450(40 目)	30.67	38.94	26.96
0.246(60 目)	31.43	42.94	36.63
0.175(80 目)	30.11	41.08	36.43
0.147(100 目)	30.01	40.69	35.59
0.125(120 目)	29.38	38.38	30.63
0.105(140 目)	29.17	37.75	29.41

2.2 超临界 CO_2 处理对米糠纤维膨胀力的影响

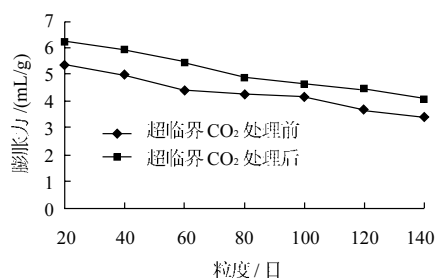


图 1 不同粒度米糠纤维在超临界 CO_2 处理前后对其膨胀力的影响

Fig.1 Effect of particle size on expansibility of dietary fibers from treated bran and untreated rice bran

由图 1 可知,在粒度为 0.900mm(20 目)时,处理前后米糠纤维的膨胀力分别达到最大值 5.3568mL/g 和 6.1913mL/g,超临界 CO_2 处理后米糠纤维的膨胀力比处理前提高了 15.58%。在同一粒度下,超临界 CO_2 处理后米糠纤维的膨胀力高于处理前米糠纤维的膨胀力,其原因是米糠经超临界 CO_2 处理大部分游离脂肪被脱除,立体微孔网状结构的亲水基团数量增多、暴露,提高了纤维吸附水的能力。同时由于纤维内部亲油基团数量的减少,使已吸附的水分易于渗入纤维内部,增大了纤维的膨胀力。随着纤维粒度的减小,米糠纤维的膨胀力逐渐降低,主要原因可能是随着粒度的减小,米糠纤维的立体多孔网状结构被破坏,空间几何间隙变小,堆积密度增加,对水分的渗透阻力增大,导致其膨胀力呈现下降趋势^[13-14]。

2.3 超临界 CO_2 处理对米糠纤维持水力的影响

由图 2 可知,纤维粒度在 0.246mm(60 目)时,超临界 CO_2 处理前后米糠纤维的持水力都达到最大值,分别为 5.0963g/g 和 6.5574g/g,且处理后米糠纤维的持水力

比处理前提高了 28.67%。超临界 CO_2 处理后米糠纤维的持水力高于处理前米糠纤维的持水力。这是因为超临界 CO_2 处理使米糠纤维的憎水基团减少, 颗粒与水的接触面积增加, 提高了米糠纤维的持水力。随着粒度的减小, 米糠纤维的持水力先上升后平缓下降, 米糠纤维粒度在 0.900~0.246mm(20~60 目)之间变化时, 随着粒度的减小, 膳食纤维致密的组织结构被疏松, 颗粒的比表面积增大, 与水的接触面积和部位增多, 增强了米糠纤维对水的吸附能力^[13-15]。当到达极值点 0.246mm(60 目)后, 随着粒度的减小, 剪切和研磨作用破坏纤维粉体细胞结构, 长链减少, 短链和裂片增加, 对水分的包容能力降低, 使得纤维对水分的吸附力和束缚力减弱。

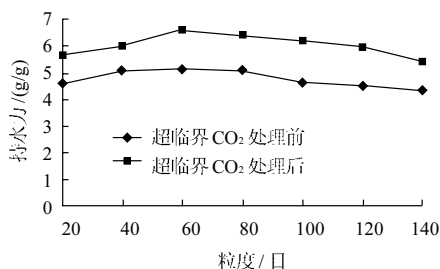


图2 不同粒度米糠纤维在超临界 CO_2 处理前后对其持水力的影响
Fig.2 Effect of particle size on water-holding capacity of dietary fibers from treated bran and untreated rice bran

2.4 超临界 CO_2 处理对米糠纤维结合水力的影响

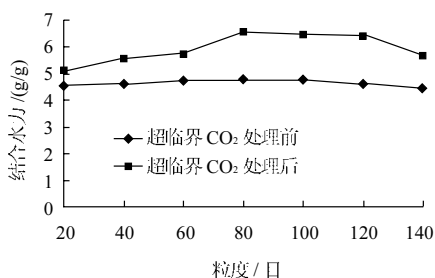


图3 不同粒度米糠纤维在超临界 CO_2 处理前后对其结合水力的影响
Fig.3 Effect of particle size on water-retention capacity of dietary fibers from treated bran and untreated rice bran

由图3可知, 超临界 CO_2 处理后米糠纤维的结合水力高于处理前米糠纤维的结合水力。其原因是超临界 CO_2 处理脱除了米糠中憎水基团游离的脂肪, 导致米糠纤维对水的吸附和束缚能力增加。随着粒度的减小, 结合水力先上升后降低, 并且超临界 CO_2 处理米糠纤维的变化幅度较小, 趋于平缓, 且米糠纤维粒度在 0.900~0.175mm(20~80 目)之间变化时, 随着粒度的减小, 纤维素和半纤维素中更多的亲水性基团暴露出来, 比表面积

增大, 颗粒与水的接触面积、接触部位增多, 堆积密度增加, 米糠纤维分散性增强, 提高了米糠纤维对水的结合能力^[13-15], 粒度在 0.175mm(80 目)时, 超临界 CO_2 处理前后米糠纤维结合水力分别达到最大值 4.7798g/g 和 6.5481g/g, 且处理后米糠纤维的结合水力比处理前提高了 37.00%。当到达极值点 0.175(80 目)后, 由于粉碎过程中, 过度的碾磨、剪切和挤压等作用, 破坏了米糠纤维致密多孔的网状结构, 使其相互堆叠不能支撑起更大的几何空间, 变得密实厚重, 对水分的包容能力下降, 导致其结合水力减小。

2.5 超临界 CO_2 处理对米糠纤维吸脂力的影响

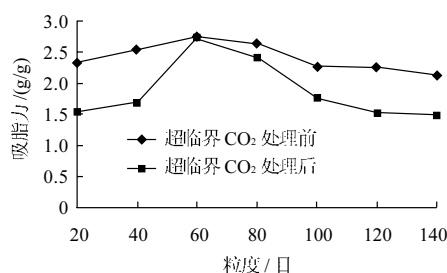


图4 不同粒度米糠纤维在超临界 CO_2 处理前后对其吸脂力的影响
Fig.4 Effect of particle size on oil-retention capacity of dietary fibers from treated bran and untreated rice bran

由图4可知, 相同粒度超临界 CO_2 处理米糠纤维的吸脂力低于处理前米糠纤维的吸脂力。其原因是超临界 CO_2 处理脱除了米糠中游离脂肪, 米糠纤维的亲油基团减少, 亲水基团增多, 抑制了米糠纤维对油的吸附和束缚能力, 降低了米糠纤维的吸脂力。相同条件下, 随着米糠纤维粒度的减小, 其吸脂力首先呈上升趋势, 当粉粒 60 目即粒度为 0.246mm 时均达到最大值 2.7311g/g 和 2.7108g/g, 超临界 CO_2 处理对米糠纤维吸脂力的影响很小, 仅降低了 2.03%。之后则随着粒度继续减小, 其吸脂力大幅度减小。其主要原因是纤维粒度过小, 堆积密度增加, 颗粒间隙减小, 组织密实, 同时亲油基团减少, 降低了米糠纤维对油脂的亲能力和能力, 导致米糠纤维结合油脂的能力降低。

2.6 超临界 CO_2 处理对米糠纤维综合物性值的影响

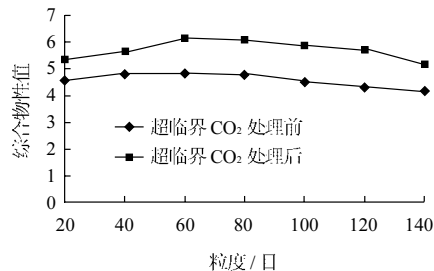


图5 不同粒度米糠纤维在超临界 CO_2 处理前后的综合物性值
Fig.5 Effect of particle size on weighted value of the above 4 parameters of dietary fibers from treated bran and untreated rice bran

由于米糠纤维的持水力、结合水力及膨胀力对米糠纤维软化粪便、润肠、抗便秘作用影响显著,本研究采用加权系数分析方法考察超临界 CO_2 处理前后不同粒度下米糠纤维综合物性的变化情况。如图 5 所示,超临界 CO_2 处理后米糠纤维综合物性值比处理前有所提高;在同一处理条件下,随着纤维粒度的增加,先升高后降低;纤维粒度为 0.246mm(60 目)时,超临界 CO_2 处理前后综合物性分别达到最高值 4.7964 和 6.1273,超临界 CO_2 处理后米糠纤维的综合物性值比处理前增加 27.75%。

3 结 论

本实验研究了相同物性、超临界 CO_2 处理前后,随着米糠膳食纤维粒度的变化,其变化趋势相似。相同粒度、超临界 CO_2 处理后米糠膳食纤维的持水力、结合水力和膨胀力较超临界前均有所提高,而吸脂力在超临界后却有所下降。当粒度在 0.246mm(60 目)时,米糠膳食纤维的持水力、吸脂力都达到最高,粒度为 0.175mm(80 目)时结合水力最大,米糠纤维的膨胀力随着粒度的减小而降低,粒度为 0.900mm 时膨胀力最大。粒度为 0.246mm(60 目)时,米糠纤维的综合物性值最佳,且超临界 CO_2 处理后米糠纤维的综合物性值比处理前提高 27.75%,米糠纤维提取率增加 36.63%,显示其具有良好的加工性能及较高的生理活性,可作为制备高品质膳食纤维的良好原料,为进一步开发具有减肥、润肠、抗便秘功能的保健食品提供基料。

参考文献:

- [1] 姚惠源. 我国谷物加工学科的发展新走向[J]. 粮食加工, 2010, 35(1): 10-13.
- [2] 孙金堂, 孙光华. 稻米的精深加工和综合利用[J]. 粮食与饲料工业, 2005(1): 2-4.
- [3] 苗欣, 张晖, 李伦, 等. 响应面法优化脱脂米糠膳食纤维提取工艺的研究[J]. 中国油脂, 2009, 34(6): 64-67.
- [4] 肖春玲. 人类的第七大营养素: 膳食纤维[J]. 中国食物与营养, 2001(3): 54-55.
- [5] 毛金水, 贺绪金, 李祥, 等. 米糠营养素提取的研究与应用生产[J]. 粮食储藏, 2005, 34(6): 45-47.
- [6] 许晖, 孙兰萍. 从米糠中制备水溶性膳食纤维的比较研究[J]. 粮食与饲料工业, 2007(5): 13-15.
- [7] 宋玉卿, 于殿宇, 张晓红, 等. 超临界 CO_2 流体萃取米糠油研究[J]. 粮食与油脂, 2007(5): 24-26.
- [8] 张艳荣, 丁伟, 王大为. 功能性米糠油超临界流体萃取工艺的研究[J]. 食品科学, 2009, 30(18): 155-158.
- [9] 张艳荣, 马福敏, 王大为. 超临界 CO_2 萃取玉米皮纤维脂类物质的研究[J]. 食品科学, 2005, 26(6): 149-151.
- [10] 张海波, 陈正行. 酶解法去除麦麸中淀粉和蛋白质的研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(29): 16-18.
- [11] 张艳荣, 卜佳莹, 杨小盈, 等. 玉米膳食纤维挤出功能化及粒度对其物性的影响研究[J]. 食品科学, 2009, 30(10): 127-130.
- [12] SANGNARK A, NOOMHORM A. Effect of particle sizes on functional properties of dietary fiber prepared from sugarcane bagasse[J]. Food Chemistry, 2003, 80(2): 221-229.
- [13] 张艳荣, 王大为, 祝威. 高品质玉米膳食纤维生产工艺的研究[J]. 食品科学, 2004, 25(9): 213-217.
- [14] 李伦, 张晖, 王兴国, 等. 超微粉碎对脱脂米糠膳食纤维理化特性及组成成分的影响[J]. 中国油脂, 2009, 34(2): 56-59.
- [15] 张艳荣, 杨小盈, 卜佳莹, 等. 粒度对玉米花丝物性影响的研究[J]. 食品科学, 2009, 30(15): 49-51.