

高粱籽粒提取物抗氧化活性的研究*

王 华¹, 姚亚平², 王毕妮¹, 陈卫军¹, 李荣玮², 曹 炜¹

1(西北大学化工学院, 陕西西安, 710069) 2(陕西师范大学食品工程系, 陕西西安, 710062)

摘 要 以水和甲醇为溶剂提取高粱籽粒中的多酚类化合物, 测定了提取物中的总酚含量、还原力、 Fe^{2+} 络合能力, 以及提取物对 1,1-苯基-2-苦肟基自由基(DPPH)、2,2-联氮-3-乙苯-二噻唑-6 磺酸(ABTS)、定位和非定位羟基自由基的清除能力。结果表明:高粱籽粒提取物中总酚含量范围为 3.87%~38.87%;高粱籽粒甲醇提取物对 DPPH 和 ABTS 自由基的清除能力以及还原力均高于水提取物,但水提取物的络合力高于甲醇提取物。高粱籽粒提取物对定位和非定位羟基自由基介导的 2-脱氧核糖均有保护作用,其保护机理呈多样性。

关键词 高粱籽粒, 水提取物, 甲醇提取物, 总酚含量, 抗氧化活性, 羟基自由基

多酚类化合物是广泛存在于植物界的一类具有多种生理功能的活性物质,它不仅具有很强的清除自由基能力,还可以通过抑制氧化酶和络合过渡金属离子等方面起到抗氧化作用^[1]。近年来研究发现,高粱的外种皮中含有大量的多酚类化合物,包括酚酸、黄酮类化合物和原花青素等,这些化合物具有很强的抗氧化活性^[2]。刘睿等人也对高粱外种皮的原花青素进行了分离、纯化和抗氧化方面的研究^[3]。尽管国内外对高粱的抗氧化活性进行了一定的研究,但主要集中在高粱外种皮方面的研究,对高粱籽粒的抗氧化作用研究较少。本文以主产于我国北方地区的 3 种高粱的籽粒为对象,研究了高粱籽粒提取物的抗氧化活性,旨在为开发高粱抗氧化功能食品提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材料、试剂与仪器

本试验所用高粱品种均由内蒙古通辽市农业科学研究所提供,分别为:通杂 120(TZ120),种皮颜色呈黑红色;通杂 107(TZ107),种皮颜色呈红色;通杂 105(TZ105),种皮颜色呈白色。

DPPH(1,1-苯基-2-苦肟基自由基),ABTS(2,2-联氮-3-乙苯-二噻唑-6 磺酸),铁试剂(ferrozine),2-脱氧核糖、儿茶素均为 Sigma 公司产品;香草醛,没食子酸,无水碳酸钠,铁氰化钾,三氯乙酸,过硫酸钾, FeCl_3 , Na_2HPO_4 , NaH_2PO_4 , EDTA- Na_2 , V_c , 硫代巴比妥酸等均为国产分析纯试剂。

721-分光光度计(上海精密科学仪器有限公司), HH-2 数显恒温水浴锅(国华电器有限公司),电子分

析天平(北京塞多利斯天平有限公司),低速大容量多管离心机(上海安亭科学仪器场), SN-D-2000 超声波直插式处理器(广州市辛诺科超声设备有限公司)。

1.2 样品处理

将高粱籽粒研磨,过 40 目筛网。准确称取 3 种高粱籽粒粉各 5 g,每种高粱平行称取 2 份,然后分别加入 100 mL 蒸馏水和体积分数 80% 的甲醇,1 000 W 超声提取 3 min,4 000 r/min 离心 20 min,将上清液过滤后在 40℃ 下减压浓缩,真空冷冻干燥得到高粱提取物的冻干粉。准确称取上述水提取物和甲醇提取物各 10mg,分别用 5 mL 蒸馏水和 80% 甲醇溶解,配成浓度为 2 mg/mL 的高粱籽粒提取液,置于 4℃ 冰箱保存待用。

1.3 总酚含量的测定

采用 Folin-Ciocalteu 法测定。准确吸取 100 μL 的提取物,加入 200 μL 稀释 1 倍的酚试剂,混匀,再加入质量分数 10% 2 mL Na_2CO_3 溶液,用蒸馏水定容至 5 mL,摇匀,室温避光反应 40 min,4 000 r/min 离心 10 min,上清液在 760 nm 处测吸光度。结果以 100g 提取物中含有相当没食子酸的克数表示。

1.4 DPPH 自由基清除实验

吸取一定体积高粱提取液或 1 mg/mL V_c 溶液置于 10 mL 试管中,加入 0.025 mg/mL DPPL 甲醇溶液 3 mL,摇匀后室温下避光静置 1h,然后测定溶液在 515 nm 处的吸光值。以样品的加入量对 DPPH 清除率作图,可以得到清除 50% DPPH 自由基时所需高粱提取物和 V_c 的浓度,即 IC_{50} 值。

$\text{DPPH 自由基清除率}/\% = (1 - A_{\text{样品}}/A_{\text{对照}}) \times 100$

$A_{\text{样品}}$: 样品管的吸光值, $A_{\text{对照}}$: 对照管的吸光值。

1.5 ABTS⁺ 自由基清除实验^[7]

配制终浓度为 7 mmol/L ABTS 和 2.45 mmol/L

* 第一作者: 硕士研究生(曹炜副教授为通讯作者)。

* 国家科技部专项项目(No. 2001BA9802B02)

收稿日期: 2007-05-23, 改回日期: 2007-09-21

L 过硫酸钾的混合液,室温避光条件下静置过夜,制得 ABTS 自由基储备液,使用时用水稀释至 734 nm 处吸光度为 0.596 ± 0.02 的应用液。移取不同体积的高粱提取液或 1 mg/mL V_c 溶液,加入 3 mL ABTS⁺ 应用液,充分混合,室温下避光反应 30 min 后测定其在 734 nm 处的测吸光度。以样品的加入量对 ABTS⁺ 清除率作图,得到清除 50% 的 ABTS⁺ 所需提取物和 V_c 的浓度,以 IC_{50} 值表示。

$$ABTS^+ \text{ 清除率}/\% = (1 - A_{\text{样品}}/A_{\text{对照}}) \times 100$$

$A_{\text{样品}}$: 样品管的吸光值, $A_{\text{对照}}$: 对照管的吸光值。

1.6 还原力的测定^[9]

吸取 200 μ L 高粱提取液, 1 mL 200 mmol/L pH 6.6 的磷酸缓冲溶液, 1 mL 1% 铁氰化钾溶液, 混合后置于 50℃ 水浴反应 20 min。然后加入 1 mL 10% 三氯乙酸溶液终止反应, 4 000 r/min 下离心 10 min, 取上清液 2 mL, 加 2 mL 蒸馏水, 0.1% 的 $FeCl_3$ 400 μ L, 混匀后在 700 nm 下测定吸光度。以 V_c 作为对照品, 结果以每克提取物相当于 V_c 的毫克数表示。

1.7 Fe^{2+} 络合能力的测定^[6]

将 50 μ L 提取液和 25 μ L 浓度为 1 mmol/L 的 $FeSO_4$ 溶液混合, 加入 50 μ L 5 mmol/L 的铁试剂, 充分摇匀, 室温下反应 10 min 后用甲醇定容至 3 mL, 在 562 nm 下测定吸光度。高粱提取物的络合能力以每克提取物相当于 EDTA- Na_2 的质量 (mg) 表示。

1.8 非定位羟基自由基介导 2-脱氧核糖裂解的保护实验

吸取一定量的高粱提取液, 50 μ L 60 mmol/L 2-脱氧核糖, 100 μ L 1 mmol/L EDTA- $FeCl_3$, 100 μ L 1 mmol/L V_c 和 100 μ L 1 mmol/L H_2O_2 , 用 200 mmol/L pH 7.4 磷酸盐缓冲溶液定容至 1 mL, 置于 37℃ 水浴锅中反应 1 h, 取出后分别加 1 mL 10% 三氯乙酸溶液和 1% 硫代巴比妥酸, 在 80℃ 水浴中反应 15 min, 冷却后在 532 nm 下测定其吸光度。

$$\text{羟基自由基清除率}/\% = (1 - A_{\text{样品}}/A_{\text{对照}}) \times 100$$

$A_{\text{样品}}$: 样品管的吸光值, $A_{\text{对照}}$: 对照管的吸光值。

1.9 定位羟基自由基介导 2-脱氧核糖裂解的保护实验

反应体系中除不加 EDTA 外, 其余步骤及数据处理同 1.8 小节。

2 结果与分析

2.1 高粱籽粒提取物的总酚含量

任何一种溶剂不能将高粱籽粒中抗氧化成分全部提取出来, 考虑到高粱中的抗氧化成分主要是多酚类化合物, 在甲醇和水中具有较高的溶解度^[10], 本文以水和甲醇为溶剂, 采用超声波法提取高粱籽粒中的多酚类化合物, 并对提取物中的总酚含量进行了测定, 结果见表 1。

表 1 高粱籽粒提取物的总酚含量

样品	提取率/%	总酚含量/%
通杂 120 甲醇提取物 (TZ120M)	3.36	36.96
通杂 120 水提取物 (TZ120W)	5.21	14.90
通杂 107 甲醇提取物 (TZ107M)	4.45	38.87
通杂 107 水提取物 (TZ107W)	9.79	18.33
通杂 105 甲醇提取物 (TZ105M)	3.06	5.49
通杂 105 水提取物 (TZ105W)	6.64	3.87

由表 1 可知, 3 种高粱水提取物得率均显著高于甲醇提取物, 其主要原因是高粱的水提取物中含有大量的水溶性物质如糖和蛋白质。以甲醇为溶剂不仅能够有效地提取高粱籽粒中的多酚类化合物, 而且可以避免蛋白质和糖类化合物的溶出, 因此, 高粱甲醇提取物的得率虽然比水提取物的低, 但是总酚含量显著高于水提取物。如表 1 所示, 通杂 120 甲醇提取物的总酚含量为 36.96%, 水提取物的仅为 14.90%, 不同品种高粱籽粒提取物的总酚含量差异较大, 以甲醇提取物为例, 通杂 107 甲醇提取物的总酚含量高达 38.87%, 通杂 105 的仅为 5.49%, 这与通杂 105 高粱中的总酚含量低有关 (数据未列出)。在采用水和甲醇提取高粱籽粒中的多酚类化合物时, 本文采用大功率超声波提取法, 该法能够在常温条件有效地提取高粱籽粒中多酚类化合物, 避免因加热而引起淀粉糊化, 增加介质的黏度, 进而影响到有效成分的溶出。

2.2 高粱籽粒提取物对 DPPH 的清除作用

DPPH 自由基已被广泛用于测定植物提取物的抗氧化活性领域。在有机溶剂中, DPPH 是一种稳定的自由基, 呈紫红色, 515 nm 处有强吸收^[8]。当溶液中存在抗氧化剂时, 抗氧化剂能够给 DPPH 自由基提供氢原子和电子使其发生退色, 吸光值变小, 其颜色变得越浅表明抗氧化剂的抗氧化能力越强。因此, 通过测定样品对 DPPH 自由基的清除能力可以反映其抗氧化活性的强弱。样品对 DPPH 自由基的清除能力一般以 IC_{50} 值表示, IC_{50} 值越小表明样品的抗氧化能力越强。

由图 1 可见, 3 种高粱籽粒醇提取物和水提取物的 IC_{50} 存在显著差异, 同一品种高粱甲醇提取物的

IC_{50} 均小于水提取物,表明甲醇提取物对DPPH自由基的清除能力大于水提取物。其中通杂107甲醇提取物的 IC_{50} 最小,其清除DPPH自由基的能力最强。3种高粱中,通杂105籽粒提取物的 IC_{50} 显著高于其他2种高粱,该结果表明,通杂105的籽粒提取物对DPPH自由基的清除能力远低于通杂120和通杂107。通过比较3种高粱籽粒提取物的 IC_{50} 可知,无论是水提取物还是甲醇提取物,对DPPH自由基清除能力的大小依次为通杂107,通杂120和通杂105。但3种高粱籽粒提取物对DPPH自由基的清除能力均小于 V_c 。

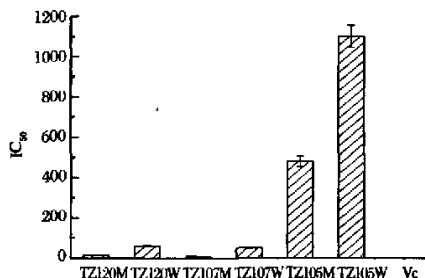


图1 高粱籽粒提取物对DPPH自由基的清除作用

2.3 高粱籽粒提取物对ABTS⁺自由基的清除作用

ABTS经氧化后生成相对稳定的蓝绿色ABTS⁺水溶性自由基,水溶性抗氧化剂与ABTS⁺自由基发生反应后使其溶液退色,退色越明显表明该物质的抗氧化能力越强^[12]。

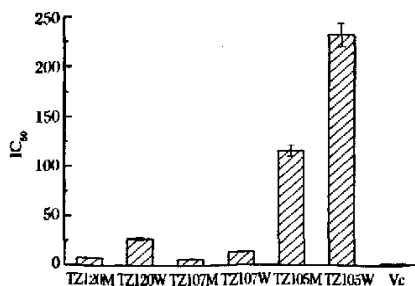


图2 高粱籽粒提取物对ABTS⁺自由基的清除作用

由图2可知,高粱籽粒的水提取物和甲醇提取物对ABTS⁺均有清除作用,其中通杂107高粱籽粒甲醇提取物的 IC_{50} 最低,表明通杂107高粱籽粒甲醇提取物对ABTS⁺的清除能力最高,相反,通杂105水提取物的 IC_{50} 最高,其对ABTS⁺的清除能力最低。3种高粱籽粒甲醇提取物和水提取物对ABTS⁺的清除能力大小顺序均为TZ107>TZ120>TZ105。

2.4 高粱籽粒提取物的还原力

抗氧化剂的抗氧化能力与其还原力有关,还原力

越大,抗氧化能力越强。抗氧化剂能够在一定的条件下将 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} ,因此,根据 Fe^{3+} 还原为 Fe^{2+} 的多少来间接可以评价各种提取物的抗氧化能力^[10]。图3为高粱籽粒提取物的还原力测定结果。

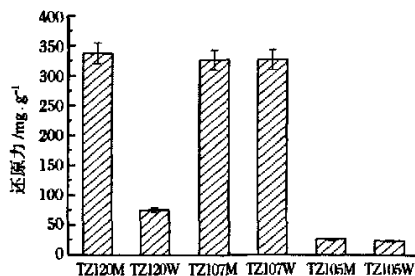


图3 高粱籽粒提取物的还原力

由图3可知,通杂120的甲醇提取物、通杂107的甲醇和水提取物均具有较高的还原力,1g通杂120的甲醇提取物的还原力与337.5mg的Vc相当,相反,1g通杂105的甲醇和水提取物的还原力低于50mgVc的还原力。通过比较3种高粱甲醇提取物和水提取物还原力发现,通杂107和通杂105甲醇提取物和水提取物的还原力相当,而通杂120甲醇提取物的还原能力为水提取物的4.5倍。另外,本实验发现,尽管通杂120和107的水提取物总酚含量差异较小,但是,2者的还原力相差较大,1g通杂107水提取物的还原力与327mg的Vc相当,1g通杂120提取物的还原力仅与75mg的Vc相当。由此可见,高粱籽粒提取的还原力不仅与其多酚类化合物的含量有关,而且可能与其他还原性物质有关。

2.5 高粱籽粒提取物对Fe²⁺的络合作用

在生物体内, Fe^{2+} 与过氧化氢等活性氧反应生成毒性更大的羟基自由基,引发生物膜发生脂质过氧化反应。当抗氧化剂与 Fe^{2+} 发生络合反应后,降低了介质中 Fe^{2+} 的有效浓度,从而减轻自由基对生物膜的氧化损伤作用。

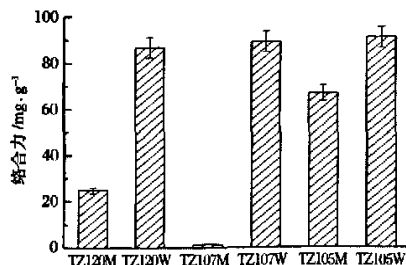


图4 高粱籽粒提取物对Fe²⁺的络合力

图4给出了高粱提取物对Fe²⁺络合能力的测定

结果。高粱籽粒提取物对 Fe^{2+} 均有一定的络合能力,水提取物的络合能力均高于甲醇提取物,其中通杂 107 高粱籽粒水提取物的络合能力是甲醇提取物的 64 倍。在还原力和自由基清除实验中发现,同一品种高粱籽粒的甲醇提取物的作用均高于水提取物,但络合实验的测定结果却相反,尤其是通杂 107 的甲醇提取物对 DPPH 和 ABTS^+ 的清除能力高于其他品种的高粱籽粒甲醇提取物,但是其络合能力远低于通杂 120 和 105 的提取物。通杂 105 高粱籽粒的甲醇和水提取物均具有较高的络合能力。由此可见,高粱籽粒的水提取物中含有能够有效络合 Fe^{2+} 的化合物。

2.6 高粱籽粒提取物对定位和非定位羟基自由基介导 2-脱氧核糖裂解的保护作用

以 Fenton 反应产生的羟基自由基为模型,研究了高粱籽粒提取物对非定位和定位羟基自由基介导 2-脱氧核糖裂解的保护。在非定位羟基自由基的保护实验中,由于 EDTA 与铁离子形成了络合物, Fenton 反应生成的羟基自由基在溶液中以“游离”形式存在,如果抗氧化剂对羟基自由基有抑制作用,表明该抗氧化剂可能通过直接清除羟基自由基来保护 2-脱氧核糖^[11]。

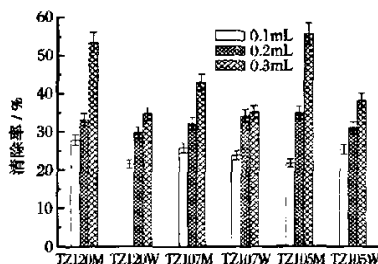


图5 高粱籽粒提取物对非定位羟基自由基介导 2-脱氧核糖裂解的保护作用

由图 5 可知,高粱籽粒提取物对非定位羟基自由基有显著的清除作用,呈量效关系。当反应体系中加入 100 μL 高粱籽粒提取物后,对羟基自由基的清除率差别不大,当加样体积增加到 300 μL 时,甲醇提取物对羟基自由基的清除率明显高于水提取物。尽管通杂 105 的甲醇提取物和水提取物对 DPPH 和 ABTS^+ 自由基的清除率低于通杂 120 和 107,但对羟基自由基的清除率均高于后 2 种,这可能与通杂 105 对 Fe^{2+} 有较高的络合能力有关。

在定位羟基自由基介导的 2-脱氧核糖保护实验中,由于体系中加入 EDTA,因此铁离子能够直接结

合到 2-脱氧核糖分子上,并在特定的位点产生羟基自由基,使 2-脱氧核糖分子发生裂解。抗氧化剂可以通过络合 Fe^{2+} 和清除羟基自由基双重机制来保护 2-脱氧核糖^[11]。

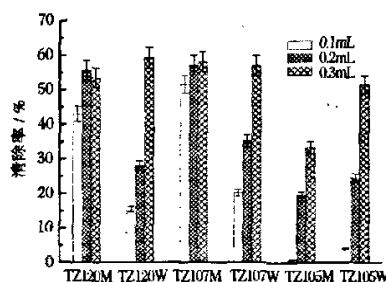


图6 高粱籽粒提取物对定位羟基自由基介导 2-脱氧核糖裂解的保护

由图 6 可知,高粱籽粒提取物对定位羟基自由基介导 2-脱氧核糖的裂解有保护作用。在同一样品的甲醇和水提取物中,同一提取物在不同的浓度下呈现不同的保护机制,以 3 种高粱籽粒的水提取物为例,当在反应体系中加入 100 μL 时,3 种高粱的水提取物对非定位羟基自由基的抑制作用均高于定位羟基自由基,高粱籽粒水提取物主要通过清除羟基自由基途径来保护 2-脱氧核糖;当在反应体系中加入 300 μL 时,3 种高粱的水提取物对定位羟基自由基的抑制作用均高于非定位羟基自由基,此时,高粱籽粒水提取物主要通过络合 Fe^{2+} 途径来保护 2-脱氧核糖。然而,3 种高粱籽粒的甲醇提取物对 2-脱氧核糖的保护机制呈现比水提取物更为复杂的规律。

3 结 论

3 种高粱籽粒的水提取物和甲醇提取物对 DPPH、 ABTS^+ 和羟基自由基均有一定的清除作用,呈量效关系。3 种高粱籽粒的甲醇提取物对 DPPH 和 ABTS^+ 的清除率以及对 Fe^{3+} 的还原力均高于水提取物,这与其提取物中的总酚含量有关。然而在对 Fe^{2+} 的络合实验中发现,高粱水提取物的络合能力均高于甲醇提取物,这可能与高粱籽粒中含有大量的 Fe^{2+} 络合剂有关。另外,高粱籽粒提取物对羟基自由基介导的 2-脱氧核糖裂解有较强的保护作用,其保护机理成多样性,不仅与品种有关,而且可能与提取溶剂以及提取物的浓度有关。

参 考 文 献

- 1 石 碧,狄 莹. 植物多酚[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 124~124

- 2 Dykes L, Rooney L W. Sorghum and millet phenols and antioxidants[J]. *Journal of Cereal Science*, 2006, 44 :236~251
- 3 刘 睿, 谢笔钧, 潘思铁, 等. 高粱种子外种皮中原花青素提取、纯化及其抗氧化活性的研究[J]. *中国粮油学报*, 2003, 4(18): 43~47
- 4 Siddhuraju P. Antioxidant activity of polyphenolic compounds extracted from defatted raw and dry heated *Tamarindus indica* seed coat[J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2007, 40: 982~990
- 5 Oyaizu M. Studies on products of browning reactions: antioxidant activity of products of browning reaction prepared from glucosamine[J]. *Japanese Journal of Nutrition*, 1986, 44: 307~315
- 6 Singh R, Singh S, Kumar S, Arora S. Evaluation of antioxidant potential of ethyl acetate extract/fractions of *A-cacia auriculiformis* A. Cunn[J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2007, 45: 1 216~1 223
- 7 Ragae S, Elsayed M, Abdel Aal, et al. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use[J]. *Food Chemistry*, 2006, 98: 32~38
- 8 Awika J M, Rooney L W, Wu X, et al. Screening methods to measure antioxidant activity of Sorghum (*Sorghum bicolor*) and Sorghum products[J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2003, 51: 6 657~6 662
- 9 Re R, Pellegrini N, Proteggente A, et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay[J]. *Free Radical Biology and Medicine*, 1999, 26: 1 231~1 237
- 10 Choi Y, Jeong H S, Lee J. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korea[J]. *Food Chemistry*, 2007, 103: 130~138
- 11 Hinneburg L. Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and spices[J]. *Food Chemistry*, 2006, 97: 122~129

Antioxidant Properties of Sorghum Groats Extract

Wang Hua¹, Yao Yaping², Wang Bini¹, Chen Weijun¹, Li Rongwei¹, Cao Wei¹

¹(College of Chemical Engineering, Northwest University, Xi'an 710069, China)

²(Department of Food Engineering, Shaaxi Normal University, Xi'an 710062, China)

ABSTRACT Polyphenol compounds were extracted from the sorghum groats by water and methanol. Total phenolic content, reducing power, chelating activity, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, 2,2-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) radical cation scavenging activity and inhibition of site-specific and non-site-specific hydroxyl radical-mediated 2-deoxy-D-ribose degradation of the extract from the sorghum groats have been determined. Total phenolic content in the extract were from 3.87 to 38.87%. DPPH radical scavenging activity, ABTS radical cation scavenging activity and reducing power of methanol extract were higher than water extract, while water extract exhibited higher chelating activity. It was founded that sorghum groats extract could inhibited the site-specific and non-site-specific hydroxyl radical-mediated 2-deoxy-D-ribose degradation, however its mechanism was complicated.

Key words sorghum groats, water extract, methanol extract, total phenolic content, antioxidant activity, hydroxyl radical

行业动态

我国发酵工业面临的任务

在持续发展的基础上,我国的发酵工业已经为国内十亿人和国际市场提供了大量的生活必需食品,如调味品、调味料、高活性干酵母、淀粉和淀粉糖、有机酸、饲料添加剂等。此外,近十多年来发展成产业化生产的具有特种功能的发酵制品,如低聚糖类、真菌多糖类、糖醇类、活性肽类、微生物制剂以及生物防腐剂等,满足了不同人群的保健需求。

随着科学技术的进步以及社会发展的需求,中国发酵工业将持续发展,其重要任务之一就是积极开发新产品,为提高人们的生活质量和健康水平提供更多、更好的产品。

作为农业产业化、农产品深加工的发酵工业,要解决节粮、节水、节能和环保问题,在今后的发展中必须走资源节约型循环经济的发展道路。中国发酵工业协会莫湘筠高工说,做到物尽其用,除了主产品外,对原料主要是玉米中未利用的物料以及发酵中产生的废物,包括淀粉和非淀粉部分,应该采用现代高新技术加以回收,使粮食原料的所有成分得到充分利用。在提高附加值的同时,既提高了原料利用率,又减轻和消除了污染,使企业走上可持续发展的道路。

一般粮食中除了 65%~70% 的淀粉外,还含有其它成分,应该加以充分的利用,如玉米含有玉米皮 9%、玉米胚芽 7% 和玉米蛋白粉 7% 等。目前,有些大中型企业已经建立了副产物回收利用设施,99% 以上的玉米资源都得到了利用,但是有些小型企业需要在工艺和设备上加以完善和改进,使玉米的副产物全部得到利用,提高原料利用率,减少对环境的污染,玉米资源得到全部综合利用。

发酵行业中,每吨产品产生的发酵废液量较多的主要是味精、柠檬酸和酵母生产企业。酶制剂产生的高浓度有机废水相对较少,淀粉糖基本上不产生高浓度的有机废水。此外,在大型味精厂附有以玉米为原料的淀粉生产车间,每吨淀粉需要消耗 2~3t 玉米,同时产生黄浆水、玉米浸泡水等。因此,在发展生产的同时,要加强对废水的治理,做到达标排放,将企业建成环境友好企业。目前,大部分企业已经按照国家要求做到了达标处理和排放。