

四、界面电荷与食品乳状液的安定性

食品乳状液的液珠一般带有电荷,使液滴相互接近时产生排斥力,防止了液滴的絮凝。界面电荷的来源有:电离、吸附和液珠与介质之间的摩擦。对于O/W乳状液,若用皂类(R-CooNa)乳化,乳化剂亲水的一端会离解为R-Coo⁻与Na⁺,所以O/W乳状液的油滴表面为一层负电荷所包围。而在W/O乳状液中,膜外电位一般是由液滴间摩擦产生的。可用Coehn的经验规则预测液滴的电性。由于水的介电常数比常遇的其它液体高,故在O/W型中,油珠带负电,而在W/O型中,水珠带正电。此规则对导体不适用。

带电的液滴在界面的两边都能建立双电层。双电层的电势分布形式如图4。图4.(a)

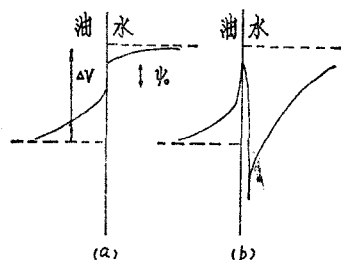


图4 乳状液中油—水界面的双电层
(a)无表面活性剂 (b)有表面活性剂

为无表面活性剂存在时界面附近电势随距离变化的情况, ΔV 代表水相到油相的电势差, ψ_0 是界面电势,虽然界面两侧电势都相当高,但在界面上电势降不大,所以液滴能相互靠拢,有自动聚结的倾向,故此乳状液很不安定。图4.(b)为界面上吸附表面活性剂离子而在紧密层内吸附反离子时,电势随距离变化的情况。此时电荷大多集中于水相,它的Zeta电势可以很高,足以使乳状液安定。

King曾指出,扩散双电层的厚度越大以及表面电势 ψ_0 值越大,则油珠间防止絮凝的排斥越有效。当扩散双电层重叠时,液滴互斥,斥力的大小由 KH_0 决定。 K 为扩散双电层厚度的倒数, H_0 是液滴间的距离。

参考文献

- (1)胡英 陈学让 吴树森编,“物理化学”(第二版)中册,高等教育出版社,457—460,(1983)。
- (2)A. W. Adamson, “Physical Chemistry of Surfaces”, 顾惕人译,科学出版社,510—529,(1986)。
- (3)M. Van den Tempel, Rec. Trav. chim., 72, 419, (1953)。
- (4)J. W. Corran, Emulsion Technology, Brooklyn Chemical Publishing Co(1946)。
- (5)P. Becher, “Emulsions Theory And Practice”, 北京大学胶体化学教研室译,科学出版社,135—137,(1978)。

苹果酸的性质、生产与用途

无锡轻工业学院 金其荣

摘 要

本文着重介绍了重要酸味剂—苹果酸的物理—化学性质,苹果酸的重要化学反应,苹果酸的抗菌作用,DL—苹果酸化学合成的几种主要方法,较为详细地介绍了国内外苹果酸生产、研究的动态,包括笔者几年来的工作。此外还介绍了苹果酸产品规格和苹果酸的各种用途

一、前言

我国有机酸发酵工业最近几年有了很大发展。柠檬酸和乳酸除了满足国内需要外,还大

量出口创汇。葡萄糖酸及其 δ -内酯也逐步应用到食品工业。有机酸中占重要位置的苹果酸也开始引起人们极大兴趣。苹果酸的研究、试制和生产也提到议事日程上来了。

早在六十年代初,采用化学合成法生产DL—苹果酸,已在美、英等国进行少量生产,随着食品工业的发展,苹果酸产量不断增加,到了六十年代中期,年产量达数千吨。苏联和日本等也都建厂生产。当前,国际上的苹果酸主要是DL—苹果酸^[1,2]。我国也在六十年代进

(2) 化学性质

白色结晶或结晶性粉末，比重 1.601

DL-型消旋苹果酸融点 125~127 或 127~130℃

D-型右旋苹果酸融点 101℃

L-型左旋苹果酸融点 98~99℃

L-苹果酸的旋光于 20℃ 下，34% L-苹果酸水溶液没有旋光，加水稀释后出现左旋，当其浓度超过 34% 时，又出现右旋。

比旋度

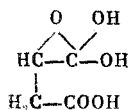
$[\alpha]_D + 2.92^\circ$ (甲醇中)

$[\alpha]_D + 5.2^\circ$ (丙酮中)

$[\alpha]_D - 23.^\circ$ (浓交 8.5% 于水中)

苹果酸在水中极易溶解，微溶于乙醇中。

苹果酸在水溶液中形成环氧化物如下：



环氧式苹果酸

环氧式苹果酸和直链式苹果酸呈可逆平衡。



DL-苹果酸从水中结晶出来呈白色，半透明晶体，在室温下很稳定，加热到 180℃ 以上分解为马来酸（顺丁烯二酸）和延胡索酸（反

表 2 苹果酸水溶的在水中溶解度

温 度℃	溶解度g/100g水中
5	48
20	55.5
25	58.0
30	61.0
40	65.5
50	68.9
60	72.8
70	76.9
75	80.0
80	80.8

丁烯二酸

吸湿性

苹果酸分子中含有-OH基和-COOH基，所以对极性溶媒的溶解度大，纯品更易吸湿，在相对湿度较大的空气中易吸湿液化。例如：在相对湿度为 98% 空气中 25℃ 下放置 6 月，可增加 50.4% 水分。

溶解度

苹果酸在水中溶解度如表 2 所示，其溶解度随着水温升高而增大。

苹果酸水溶液的PH(表 3)

表 3 苹果酸水溶液的 PH

苹果酸浓度(%)	水溶解 PH
0.1	2.82
0.3	2.52
0.5	2.51
1.0	2.34
1.5	2.27
2.0	2.18
3.0	2.09

苹果酸离解常数

苹果酸是强有机酸，离解常数 $K_1 = 3.9 \times 10^{-4}$ ； $K_2 = 7.5 \times 10^{-6}$ 。

苹果酸与柠檬酸极相似，也与其他有机酸一样能与重金属离子起螯合作用，其螯合常数如下：

苹果酸螯合常数：46.3；

柠檬酸螯合常数：70.5，

酒石酸螯合常数：52.1

乳酸螯合常数：13.5

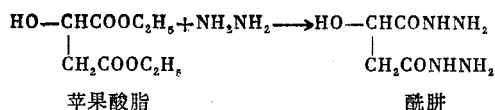
醋酸螯合常数：4.3

2. 苹果酸的重要化学反应

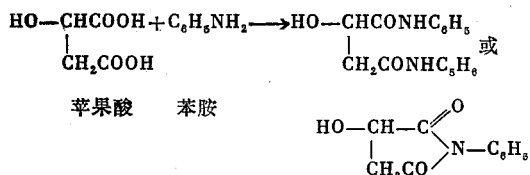
1) 苹果酸的酯化作用

苹果酸经三氟化硼催化与醇类反应生成苹果酸单酯，与酰氯作用生成苹果酸二酯。例如：与硬脂酰氯 (stearoyl chloride) 生成十八烷基苹果酸二酯，苹果酸与多羟醇、多羧芳香族酸生成苹果酸聚烷酯树脂。

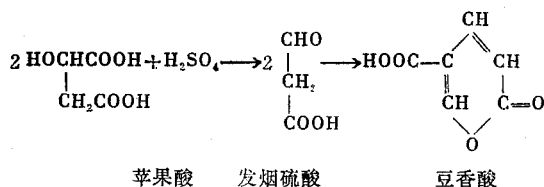
苹果酸酯在氨的醇溶液中能形成酰胺，与肼反应生成酰肼如下式所示。



2) 苹果酸与苯胺反应如下:

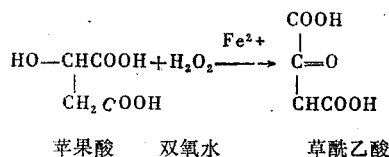


3) 苹果酸氧化作用: 苹果酸与发烟硫酸反应得到70~80%香豆酸(Coumarlic acid)。反应如下:



4) 苹果酸与苯酚反应生成香豆素。此反应称为 pechman 反应。

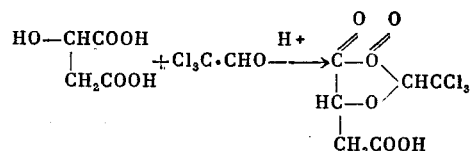
5) 苹果酸在 Fe^{2+} 催化下与 H_2O_2 反应生成草酰乙酸, 反应如下:



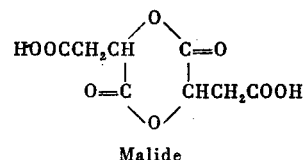
6) 由苹果酸转化为酒石酸

上述5)反应中采用铬、 Fe^{3+} 、钛作催化剂则产生酒石酸。

7) 苹果酸与醛反应: 苹果酸与三氯乙醛在氢离子存在下, 生成4-酮-二氧杂茂酮(4-keto-clio-xolones)。反应如下:



8) 苹果酸的其他反应: 苹果酸不能形成酸酐, 但可产生一种缩合物, 称Malide, 其结构式如下:



四、苹果酸的抗菌作用^[3]

苹果酸的抗菌作用主要是降低PH, 苹果酸本身也有抗菌作用, 但比醋酸、丙酸、山梨酸弱, 苹果酸本身的抗菌能力试验, 以从肉制品中分离出来的微生物为试验菌, 于10°C下, 培养4日后, 比较微生物的增殖度, (结果如表4所示:

表 4 在苹果酸钠存在下(PH6.0)10°C培养4日后各种细菌的增殖

细菌名称	苹果酸钠浓度	对照增殖度为 100 时的增殖率(增殖浊度比)		
		0.5%	1.0%	2.0%
葡萄球菌属(staphylococcus)		92	80	77
不动杆菌属(Acinetobacter)		55	24	8
芽孢杆菌属(Bacillus)		108	71	25
变形菌属(Proteus)		134	130	127
乳杆菌属(Lactobacillus)		103	100	100
气单胞菌属(Aeromonas)		89	79	75
产碱菌属(Alcaligenes)		57	48	43

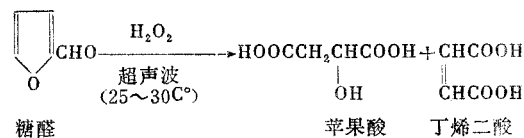
从表4可知苹果酸2.0%对不动杆菌属细菌有抗菌作用, 也能抑制芽孢杆菌属细菌, 对其余细菌无抗菌作用。

五、DL-苹果酸的化学合成

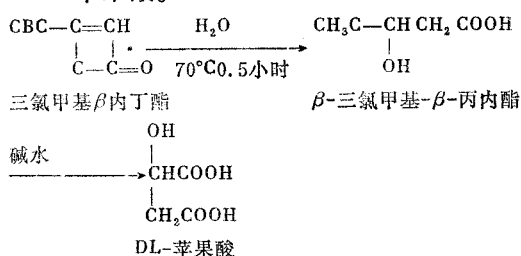
DL-苹果酸化学合成的方法相当多, 这里

介绍几种主要方法如下:

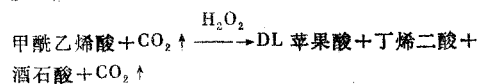
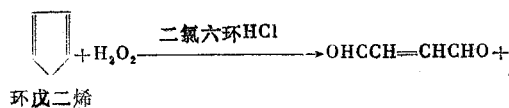
1. 以糖醛为原料, 经 H_2O_2 处理在超声波作用下, 转变为 DL-苹果酸和丁烯二酸, 反应如下:



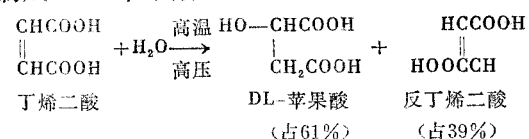
2. 以 β -内酯为原料在 70°C 下水解 0.5 小时, 再经碱水处理, 获得 5% 苹果酸溶液, 经离子交换树脂分离, 在乙酸-苯内结晶, 得到 DL-苹果酸。



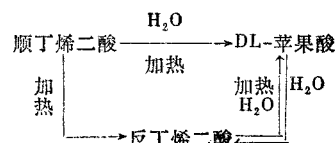
3. 以环戊二烯为原料, 氧化为 DL-苹果酸



4. 以丁烯二酸为原料, 在高温高压下水合制成 DL-苹果酸



以上四种合成方法中, 在工业上采用丁烯二酸为原料的技术路线。例如: 以顺丁烯二酸为原料, 加热至 120°C , 于 $10\sim 15\text{kg/cm}^2$ 压力下, 进行水合作用, 产生 DL-苹果酸, 当温度上升至 130°C , 顺丁烯二酸本身发生异构化, 生成反丁烯二酸。已经生成 DL-苹果酸随着其浓度增加, 于 180°C 下易脱水产生反丁烯二酸。而反丁烯二酸与水进行缓慢地水合作用, 又产生 DL-苹果酸, 当顺丁烯二酸消失后, 反丁烯二酸与 DL-苹果酸形成可逆平衡:



经试验确定, 完成上述平衡, 最佳条件是反应温度 $180\sim 200^\circ\text{C}$, 反应时间 $3.5\sim 8$ 小时, 工作压力 $10\sim 15\text{kg/cm}^2$ 。反丁烯二酸与 DL-苹果酸达到平衡时, 其比例为 $1:1.7$, 若在反应初按比例加入反丁烯二酸, 则顺丁烯二酸全部水合为 DL-苹果酸, 收率由 63% 上升至 90% 以上。DL-苹果酸中尚含有 $1\sim 5\%$ 顺丁烯二酸和反丁烯二酸必须除去。

DL-苹果酸精制方法很多, 有有机溶媒提取法, 例如: 西德采用乙酸异丁酯或二乙基酮、乙醚等以除去顺、反丁烯二酸。日本将含有 1.2% 顺丁烯二酸的 DL-苹果酸, 加热到 100°C 2 小时, 使杂质达到痕量。法国采用钨碳催化氢化, 使丁烯二酸转化为丁二酸分离除去。美国用强碱性阴离子交换树脂 Diaion SA, OA 处理精制。

六、国内外苹果酸生产研究动态

1963 年美国 DL-苹果酸产量只有 453.6 吨, 到了 1965 年在西弗吉尼亚 (West Virginia) 建厂年产 900 吨 DL-苹果酸, 以苯为原料, 经五氧化二砷催化氧化合成顺丁烯二酸, 再经水合反应生产 DL-苹果酸。1965 年英国在维德莱斯 (Widness) 建厂年产 DL-苹果酸 1000 吨, 日本 1965 年建成两个工厂年产 DL-苹果酸 700 吨。

苏联专利方法是将 40% 顺丁烯二酸 (内含 4% 硫酸作为催化剂, 同时与铅形成保护膜), 加到衬铅的高压釜中, 加热到 170°C , 10 个大气压反应 8 小时, 反应液冷却, 过滤除去反丁烯二酸, 滤液中含有 DL-苹果酸、硫酸、少量反丁烯二酸以及 Fe^{2+} , 加 CaCO_3 中和 (或用苹果酸钙中和), 再加 H_2O_2 将 Fe^{2+} 氧化为 Fe_2O_3 , 加入 NaCN , 则形成普鲁士蓝, 添加活性炭脱色, 过滤除炭, 滤液浓缩至含 DL-苹果酸达 20% , 冷却过滤, 滤去析出的硫酸钙和反丁烯二酸,

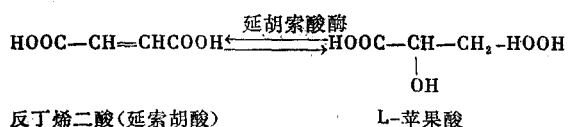
滤液再次减压浓缩至比重 1.34 (DL—苹果酸浓度 80% 左右), 冷却结晶, 过滤或离心分离, 干燥过筛, 包装入库, 收率为 65~70% (对原料顺丁烯二酸)。

结晶后母液用 CaCO_3 中和生成苹果酸钙, 作为下一批反应液的中和剂, 以中和反应液中的残留硫酸, 回收的反丁烯二酸可循环使用。

我国 1967 年以前, DL—苹果酸没有生产。1967 年东北制药总厂进行 DL—苹果酸试制工作, 直到 1971 年采用顺丁烯二酸为原料, 使用 150 升搪玻璃加压釜, 180°C , $9\sim 10\text{kg}/\text{cm}^2$ 8 小时反应, 反应前加入反丁烯二酸 (用量为顺丁烯二酸 1/3), DL—苹果酸收率达 93%, 熔点 $128\sim 130^\circ\text{C}$, 纯度 98%。反应后反应液浓缩脱水在 40°C 下减压浓缩, 情况较好。因反应釜严重腐蚀, 每年要换一次, 于 1974 年停产。

L—苹果酸酶法生产开始于日本千畑一郎等。[4,5]

他们使用产氨短杆菌 (*Brevibacterium ammoniagenes*) IAM1645 菌株, 培养于如下培养液中: 葡萄糖 2.0%, 延胡索酸 0.5%, 尿素 0.2%, KH_2PO_4 0.2%, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.05%, 玉米浆 1.0% 调节 $\text{PH}=7.30^\circ\text{C}$ 通风培养 20 小时通过高速离心机分离收集菌体。按通常方法, 用聚丙烯酰胺凝胶固定化, 反丁烯二酸 (即延胡索酸) 在产氨短杆菌的延胡索酸酶催化下, 发生下列反应



但是直接使用产氨短杆菌细胞, 除了生成 L—苹果酸外, 还有琥珀酸副产物生成, 工业生产 L—苹果酸时必须除去该副反应。将固定化细胞凝胶粒子预先用胆汁来处理, 抑制琥珀酸副生 (用 0.3% 胆汁的含 1 克分子反丁烯二酸钠溶液于 37°C 下浸泡固定化细胞粒子 20 小时后装柱。副生的琥珀酸减少到 L—苹果酸产量的 0.2% 以下)。日本田道公司采用此法进行小批量生产。其后, 他们又使用黄色短杆菌 (*Brevi-*

bacterium flavum) 代替产氨短杆菌, 采用卡拉胶与聚乙烯亚胺代替聚丙烯酰胺, 提高了固定化细胞中延胡索酸酶活性, 同时固定化细胞粒子半衰期寿命也延长了, 相对生产能力增加数倍 [4]。所生产的 L—苹果酸现在主要用于医药, 还不能满足食品业工大量需要。

中科院微生物研究所以反丁烯二酸为原料, 采用聚丙烯酰胺凝胶包埋皱褶假丝酵母湿细胞 600g (f 重 150g), 装入玻璃柱内, 连续稳定工作一个月, 转化率 82~86%, L—苹果酸结晶成品纯度 98% 以上。迄今未见业工化生产报导。

日本高尾彰一等 [6]: 以葡萄糖为原料采用少根根霉 (*Rhizopus arrhizus*) NRRL1526 菌株摇瓶培养 30 小时, 使葡萄糖转化为延胡索酸, 转化率约 59%, 接着在培养液中再接种膜醭毕赤酵母 (*Pichia membranaefaciens*) 混合培养 48 小时, 生产对糖 60% 以上的 L—苹果酸。据高尾彰一本人 1986 年在我院作学术讲演时说混株培养处于实验室阶段, 尚未进入工业化阶段。

采用单一纯菌种直接发酵淀粉 (或糖质) 一步转化为 L—苹果酸的研究, 在日本从 1959 年来以, 迄今从未中断过。许多科学家先后使用过, 米曲霉、黄曲霉、文氏曲霉、出芽短梗霉 (*Aureobasidium pullulans*) 以及裂褶菌 (*Schizophyllum commune*) 等通风培养, 由于发酵周期 5~6 日, L—苹果酸产酸率低, 对糖转化率也低。未能工业化生产。

笔者也主张采取类似我国柠檬酸发酵工艺, 使用单一纯菌种一步法直接发酵淀粉 (或糖质原料), 希望能在短时间内获得大量 L—苹果酸。笔者等从 1981 年从全国各地采集近千个土样, 经多次分离选育出几株能利用淀粉 (或糖质原料) 的不产黄曲霉素的黄曲霉菌 (*Asp. flavus* UVT3)。 $33\pm 1^\circ\text{C}$ 摇瓶培养 140 小时, 生产 L—苹果酸 3.3g/100ml, 对糖转化率 30% 以上 [7]。为了进一步提高产酸率和转化率, 我们在发酵培养基中添加适量铁盐, 发现副生的琥珀酸基本消失, 提高了 L—苹果酸产酸率,

摇瓶试验 140 小时, 产酸率 6~7%, 对糖转化率提高到 60% 以上。在江苏昆山味精厂协作下, 进行了 500 升发酵罐扩大试验, 以大米为原料, 采用酶酸法制备的水解糖液为主, 添加适量氮源和无机盐, 于 $33\pm 1^{\circ}\text{C}$, 通风搅拌发酵 40 小时左右, 连续五批平均 L—苹果酸 4.4% 最高 4.95%, 对糖转化率平均 68%, 最高转化率 75% 以上, 所制备产品, 纯度 98% 以上, 添加到各式汽水和女士香槟酒中风味极佳。于 1986 年 11 月通过技术鉴定。根据扩大试验结果, 此生产工艺非常近乎于柠檬酸发酵工艺, 此菌种很有可能成为工业生产菌种, 有可能进行工业化生产。^[9]

七、苹果酸产品规格

根据美国食品化学品法典 (Food Chemicals Codex) 和美国药典 (21 版 1984) 关于 DL—苹果酸规格如下:

外观白色或近乎白色结晶粉末或颗粒

溶解度: 1g DL—苹果酸溶解于 0.8ml 水中。

1g DL—苹果酸溶解于 1.4ml 乙醇

中。

纯度: 99.5% (滴定法测定)

熔点: $128\sim 129^{\circ}\text{C}$

砷 $\leq 3\text{ mg/l}$, 反丁烯二酸 $\leq 0.5\%$

重金属 $\leq 20\text{ mg/l}$ (主要是铅)

顺丁烯二酸 0.05%, 灼烧残渣 $\leq 0.1\%$

水中不溶物 0.1%

关于 L—苹果酸的规格英、美、苏联、日本和西德等国药典均未记载, 笔者认为 L—苹果酸熔点 $98\sim 99^{\circ}\text{C}$ 比 DL—苹果酸低, 其余规格可以参照 DL 苹果酸。

八、苹果酸的用途

苹果酸在水中溶解度很大, 酸味柔和, 风味别致, 质地稳定。特别是发酵法生产 L—苹果酸是当前国际食品界公认的安全性食品添加剂, 是加工果酱、果冻、各式饮料、罐头、糖果、糕点等优良的酸味剂之一。如果 L—苹果酸与柠檬酸拼配使用, 不仅可以模拟天然果实

的酸味特征, 而且使产品甜酸味觉显得更加自然丰满与谐调, 甚至对于天然果香起到相当的良好效果, 单用柠檬酸加工食品或饮料 (除柠檬汁外), 口感往往酸中带涩, 刺激性强, 因为柠檬酸的特点起酸快, 消失也快 (有迅速达到最高峰并很快降低的特点) 以致产品味觉显得单薄, 回味较差, 如果单用 L—苹果酸, 或者 L—苹果酸与柠檬酸拼配使用, 产品味觉柔和丰满, 因为 L—苹果酸刺激缓慢, 酸味刺激可以保留较长时间。所以, 在欧美和日本等国在生产果汁、果味饮料、速溶冰茶、果酒、乳酸菌饮料、蛋黄酱、人造奶油等方面都有应用, 而且成为不可缺少的基本原料之一。酿造高级葡萄酒中添加少量苹果酸可促进酒的陈化。苹果酸钠代替食盐做调味料。苹果酸可作为 PH 调节剂; 应用于牙膏调味、烟草调味剂、乳酸钙注射液安定剂, 代柠檬酸除锈剂, 抗氧化剂, 水产品防腐剂、油漆防泡剂, 以及制备聚酯塑料的原料。由于 L—苹果酸产量少, 目前采用 DL—苹果酸, 但是 DL—苹果酸中一半的 D 型在生理上无效。相反, L—苹果酸具有重要的生理功能, 据报导美国营养学家发现 L—苹果酸对人体健康有帮助, 因为它参与人体代谢, 不仅如此, L—苹果酸钾可以作为钾的主要来源, 钾能保持人体水分平衡, 防止水肿、血压过高、或偏低及脂肪积聚作用。L—苹果酸还可制造抗癌药。L—苹果酸用于治疗肝功能不全, 并为混合氨基酸注射液的组分之一。L—苹果酸的铁、锌、钙、铬等盐类和 L—苹果酸的酯类的各种新用途的开发与应用, 都是急待我们去努力探索的项目。据了解 L—苹果酸在国际市场上价格很高, 每吨人民币 4 万元, 根据我们扩试成本推算, 每吨人民币 1 万元左右, 如能形成工业化生产能力的话, 是有很高的经济效益的。当然, 从扩试到大工业生产有大量的工作要我们去研究、去实践。

参考文献

- [1] Kirk—othmer, Encyclopedia of Chemical Technology Vol12 837—84 (1967).
- [2] A.A. Lawrence: Food Acid manufacture

[3] 宫尾茂雄: リソコ^ア 酸の利用, 天然物利用(ルよろ 食品の保存技术73(1981)

[4] 千畑一郎: 化学工学 5, 276—281(1979)

[5] 千畑一郎: 发酵工学杂志 5, 445—455(1985)

[6] 高尾彰一: 金其荣译应用微生物 1, 29(1987)

[7] 金其荣: 无锡轻工业学院学报创刊号89(1982)

[8] 金其荣等: 柠檬酸科技交流 8—13(1986)

[9] 金其荣等: L—苹果酸500升罐发酵研制报告 技术鉴定会材料(1986)

热处理对小麦胚芽营养价值的影响

目前, 在发展中国家盛行为食品强化蛋白质和热量。用滚式磨研磨小麦生产面粉时所出的麦麸中可分离出小麦胚芽。过去人们把麦麸当作家畜饲料。而今, 由于人们发现麦麸中含25~30%的优质蛋白, 所以它已成为人类食品的蛋白质来源之一。每年印度生产面粉时可生产出大约60000吨小麦胚芽作为磨粉时的副产品。由于小麦胚芽中富含不饱和脂肪酸和解脂酶, 所以小麦胚芽的货架期仅1~2周。本研究所在早先曾进行了研究旨在用加热处理的方法来提高小麦胚芽的贮存质量。但有一篇研究报告介绍加热处理对小麦胚芽营养价值的影响。本研究报告介绍各种不同的热处理方法对小麦胚芽营养价值的影响。

材料和方法:

从Calcutta、Bombay、Indore、Bangalore和Pondicherry的面粉厂得到未加工的市售小麦胚芽样品。从美国获得含小麦胚芽的市售麦麸并充氮包装、进行分析检测和比较。由于小麦胚芽货架期太短, 我们就从一个附近的面粉厂取小麦胚芽样进行深入研究。从当地获得落花生粉和脱脂奶粉。饮食营养包括蛋白质利用率的试验和对照。为了研究滚筒干燥小麦胚芽在断奶儿童食品中的应用, 市售的一种断奶儿童食品也进行分析, 作为对照。

用放大镜, 手工从麦麸和小麦胚乳中挑出小麦胚芽。市售小麦胚芽的纯度用其扁平情况和其色灰白—黄色程度来表示。用公职分析化学家协会方法来测定不同的小麦胚芽的化学成分和添加5%硫酸钾溶液后蛋白质的提取率。

用Carpenters方法测小麦胚芽的赖氨酸含量。用Kakade方法测小麦胚芽样品的抗胰蛋白酶酶活。

加热处理: 混和好的小麦胚芽样品用下列方法处理: (a)、150°C、20分钟热风循环炉来烘焙2.5厘米厚的小麦胚芽。(b)、常压下, 蒸汽处理5厘米厚的小麦胚芽10分钟。(c)、用一个双滚筒干燥器来干燥处理含33%小麦胚芽的浆液或小麦胚芽和落花生(80:20)的混和物。双滚筒干燥器的气压保持每平方英寸35英磅、转速每分钟3圈。

蛋白质和用率:

用PAG方法测小麦胚芽经不同的热处理后其蛋白质利用率。小麦胚芽的纯度为85%、蛋白质含量为10%。选择21天龄的刚断奶的雄性老鼠72只, 分成8组。老鼠分组隔离开单独在铁丝笼里饲养。定量喂食4周。测进食量和老鼠体重增加情况。蛋白质和用率以消耗每克蛋白质所增体重来计算。

结果与讨论

表1所示为不同的印度小麦胚芽与美国小麦胚芽化学含量的对比。小麦胚芽的蛋白质含量为20.0%至28.4%, 这可能由于胚芽纯度不同(42.8%至94.1%)所致。由于纯小麦胚芽的蛋白质含量差异不大, 所以有必要依靠改进研磨技术, 使小麦胚芽的纯度达到80%左右。这样的小麦胚芽其蛋白质含量达到25%, 它适合作加工食品的营养强化剂。

加热处理对赖氨酸和蛋白质溶解性的影响,