

操作带来极大不便,较长时间的受热也影响了产品的机能性质。超过滤处理使物料在不受热的情况下精制浓缩一次完成,节省了能源,简化了操作,提高了产品质量。

(四)高的蛋白质得率

传统的酸碱法制取分离蛋白,影响蛋白质得率的主要原因有二方面:一是在萃取过程中蛋白质的萃取率,二是等电沉降时蛋白质的沉降率。大豆蛋白质在等电点时,蛋白质的溶解量仍占全部蛋白质的9~10%,所以,对蛋白萃取液讲,蛋白质得率为89~90%。

超滤法制取大豆蛋白,影响蛋白质得率的原因,除蛋白萃取率外,对一定的操作过程还有二个原因。一是超滤过程中由滤膜透过的蛋白质的损失,二是滤膜对蛋白质的吸附作用。如果滤膜选择适当,可以把滤膜透过的蛋白损失降低到极少。由于不同材质对蛋白质吸附量不同,这就造成不同的蛋白质得率。如对于XM50滤膜,得率(以萃取液中蛋白质总量为基准,下同)仅为83~85%,而对于PM50滤膜,得率可达93~95%。另外,滤膜上所吸附的精蛋白质,经水洗可以洗脱下来循环使用,所以,利用超过滤可以取得高蛋白得率。我们通过实验发现,超滤法的得率比酸碱法要高10%以上。

五、超过滤技术在植物蛋白领域中的应用

除了大豆分离蛋白以外,在其它植物分

离蛋白以及浓缩蛋白的制取过程中,都可以采用超滤技术完成其它工艺手段难以完成的工作。如葵花蛋白质中氯原酸的去除,棉籽蛋白中棉酚以及菜籽蛋白中硫代葡萄糖甙的去除等,在这方面,美国AandM大学和加拿大Lund大学均作了许多有益的工作。^{[1][8][9]}

目前,超过滤技术还不十分完善,设备成本也较高,一次投资也较多。我国超过滤技术刚刚开展,问题就更大些。但是,从技术上考虑,即使成本高也是可以用它的其它优点来补偿。我们相信,随着高分子工业及食品工业的发展,超过滤技术一定会在植物蛋白领域得到广泛应用,生产出更好的蛋白产品。

主要参考文献

- [1] Journal of Food Science Vol.42 №2 1977
- [2] Journal of Food Science Vol.43 №2 1978
- [3] Journal of Food Science Vol.44 №4 1979
- [4] Journal of Food Science Vol.46 №2 1981
- [5] Journal of Food Science Vol.46 №3 1981
- [6] Food Engineering Vol.53 №7 1981
- [7] Journal of Americal Oil Chemists Society Vol.53 №3 1981
- [8] Brit Pat 1,580,051
- [9] U.S.Pat 3,622,556; 4,163,010

异构化乳糖的性质及利用

——双裂乳酸杆菌因子

王建中

引言:乳糖焦糖化产生的乳酮糖是一种双裂乳酸杆菌因子,能促进人消化道中双裂菌群的生长,而双裂菌群抑制了腐败菌的繁殖,并且产生了对消化奶中的乳糖不可缺少的乳糖酶等。近年来,双裂

乳酸杆菌因子作为一种维生素性因子,它的有用的生理作用及作为食品添加剂的价值被日益重视,而主要成分是乳酮糖的异构化乳糖的人工制取,开拓了作为食品添加剂的应用和研究的新前景。

一、异构化乳糖：双裂乳酸杆菌因子与双裂菌群

1952年, Gyorgy^[1]报告了在人奶和哺乳动物的初乳里, 含有一种特殊的生长因子, 能促进双裂乳酸杆菌宾夕法尼亚菌株 (*Lactobacillus bifidus penn. var.*) 的生长, 始被称为双裂乳酸杆菌因子 (*Bifidus factor*)。国外的营养学家将双裂乳酸杆菌因子作为维生素性因子而列入维生素类化合物。

1957年, petuely^[2]阐明了焦糖化乳糖的本质, 成功地从焦糖化乳糖中分离出能促进双裂乳酸杆菌增殖的纯粹物质, 分析的结果确认这物质是乳酮糖 (β -D-galactopyranosyl-4-D-fructose), 一般称为 (*Lactulose*)。仅由于制造方便, 主要成分是乳酮糖的异构化乳糖成了目前唯一实用化的双裂乳酸杆菌因子, 虽然在化学结构上完全不同于人奶中的双裂乳酸杆菌因子 (*N*-乙酰- β -D-氨基葡萄糖苷)。

早期的文献中, 能被双裂乳酸杆菌因子增殖的双裂菌 (*Bifidus bacterium*) 的许多种类全部被叫作双裂乳酸杆菌 (*Lactobacillus bifidus*) 由于这些微生物的同一性被怀疑, 因此在现代的报告里, 使用了双裂菌群 (*Bifidus bacteria*) 的术语。这双裂菌群是革兰氏阳性的, 并为双裂的杆菌。在母乳喂养乳儿的粪便中, 是占绝对优势的微生物。80余年来, 研究者关注着人肠道里双裂菌群在新生儿至成人消化道中的生理作用及在健康上的重要性。

作为双裂乳酸杆菌因子的异构化乳糖的一些基本概况^[3]如下:

1. 异构化乳糖: 以乳糖的原料制造的, 主要成分是乳酮糖的异构化乳糖, 作为双裂乳酸杆菌因子显示出卓越的性质。作为原料的乳糖, 在食品、医药品中作为赋形剂, 发酵的培养基而广泛地使用。

由于乳糖的甜度低、水溶性也不好, 故不适于作为食品及医药品的甜味剂或矫味剂。而从乳糖制得的异构化乳糖, 甜度上升、在水里的溶解度大为提高, 能作为甜味剂或矫味剂使用。乳糖和乳酮糖的比较见表1。

2. 异构化乳糖的成分: 异构化乳糖是以乳酮糖为主要成分的混合糖液, 水分约30%, 乳酮糖50%以上 (在固形成分中为70~80%) 残余的是原料乳糖和一系列分解产物如果糖、半乳糖、葡萄糖等。

3. 异构化乳糖的物理性质:

(1) 性状、甜度: 异构化乳糖, 通常是淡黄色的透明的糖酱状糖液, 有令人舒适的甜味。乳酮糖的甜度据parrish报告是砂糖的48~62%。和砂糖一起使用甜度增加。异构化乳糖的实测值是砂糖的60~70%。

(2) 色泽: 异构化乳糖的颜色是透明的淡黄色, 长期保存或在高温下连续加热, 异构化乳糖和果糖的着色程度相仿。因此在气温高的季节, 最好储放在冷暗的地方。添加山梨醇等糖醇, 可防止异构化乳糖色泽的加深。

(3) 结晶性: 异构化乳糖是固形成分约70%的糖液, 即使是如此高的浓度, 在通常的保存条件下也不会有结晶析出, 不过根据乳酮糖的含量, 粉末化是可能的。

(4) 粘度和比重: 异构化乳糖 (70%) 的粘度在25°C时大于300cp, 和砂糖及麦芽糖相似, 而比重在25°C时为1.35, 折射率为1.47。

4. 异构化乳糖的安全性: 异构化乳糖的各个成分, 都天然地存在, 在加工的乳制品中也都含有, 自古以来一直被摄取。主要成分的乳酮糖, 在制造干酪和炼乳时即生成。作为医药使用, 乳酮糖的生理效果主要是作为双裂乳酸杆菌因子的效果, 完全没有副作用和体内蓄积等问题。毒性试验结果如表2 (附砂糖的毒性试验)。

乳酮糖和乳糖的比较

表1

	乳 糖 (lactose)	乳 酮 糖 (lactulose)
构 造	4- β -D-半乳糖苷-D-葡萄糖	4- β -D-半乳糖苷-D-果糖
甜度(砂糖=1)	0.2~0.3	0.6~0.7
溶解度(25°C)	20%以下	70%以上
用 途	食品医药品的赋形剂, 小儿用乳制品, 发酵培养基等	作为双裂乳酸杆菌因子, 用于食品和医药品的添加剂或矫味剂

乳 酮 糖 的 毒 性 试 验

表 2

试 验	给与方法	动 物	结 果	文 献
急性毒性 LD ₅₀	经 口	鼠	♂ 25g/kg ♀ 27g/kg	[4]
		小鼠	♂ 30g/kg ♀ 34g/kg	[4]
	腹 腔	鼠	26.5g/kg以上	[5]
		小鼠	♂ 19g/kg ♀ 16g/kg ♂ 15g/kg ♀ 17g/kg	[4] [4]
亚急性毒性	经 口	鼠 狗	26.5g/kg/日 3个月没有异常 6g/kg/日 84天没有异常	[5] [4]
亚慢性毒性	经 口	鼠 狒狒	6g/kg/日 5个月没有异常 13.3g/kg/日 6个月没有异常	[4] [5]

砂糖的毒性试验

表 2

急性毒性	经口	鼠	LD ₅₀ 29g/kg	[6]
亚急性毒性	经口	鼠	19.8g/kg/日, 轻度成长抑制	[7]

5. 乳酮糖作为双裂乳酸杆菌因子的特性:

- (1) 对双裂菌群几乎所有的菌株都有效。
- (2) 在小肠不被消化吸收, 而到达双裂菌最多的大肠的回肠结肠部分。为菌群所利用。
- (3) 在体内特别有效。
- (4) 具有和其他的糖相似的性质, 制备容易。
- (5) 原料丰富, 能工业规模地生产。
- (6) 它的安全性在世界各国都已被确认, 并已广泛应用。

6. 异构化乳糖作为双裂乳酸杆菌因子的活性:

Hoffmann^[8]等以肠道没有病变的健康成人七名作为试验组, 经口给予异构化乳糖, 和十一名对照组比较, 结果如表 3。总菌数和大肠杆菌数

服用乳酮糖前后肠内菌丝的变化

(Hoffmann)

表 3

	对 照 组	给与乳酮糖组
总 菌 数	$2.38 \times 10^{10}/g$	$1.1 \times 10^{10}/g$
大肠杆菌	$3.25 \times 10^9/g$	$5.9 \times 10^7/g$
双裂菌、乳酸菌	7.5%	57%
pH	7.9~6.8 (平均7.2)	6.7~4.4 (平均5.6)

减少, 双裂菌和其他的乳酸杆菌增加, 肠内 pH 低下。

人工喂养乳儿投以异构化乳糖, 结果同上。

二、异构化乳糖对乳儿的有用的生理作用

异构化乳糖促进了双裂菌群的生长, 而双裂菌群分泌了分解乳糖所必需的乳糖酶。牛奶中的双裂乳酸杆菌因子只有人奶活性的 1/50~1/100, 而从表 4 可知^[9], 牛奶奶中乳糖达人奶的 70% (人奶中乳糖是β-乳糖, 牛奶中为2-乳糖), 由于乳糖实际上是婴儿必须连续食用数月的唯一糖类, 喂以牛奶的婴儿由于缺乏足够的乳糖酶, 因而这些婴儿有可能因消化不良, 腹痛而不快。原因是乳糖不分解就不能被吸收, 如果小肠粘膜中没有足够的β-半乳糖苷酶时, 相应的糖到达肠的下段, 并进入结肠与水结合有导泻作用。服用乳糖过量时能导致渗透性腹泻, 这是喂牛奶的婴儿中常见的疾患, 可部分解释婴儿腹泻的原因。由于婴儿期后肠道中乳糖酶的活性急剧降低, 即使成人食用多量乳糖也不易消化。双裂菌群还产生了磷蛋白分解酶, 能促进酪蛋白的消化, 已在小儿科临床被证实^[10], 考虑到牛奶及其制品的蛋白质中酪蛋白的比例很大, 这意义

乳 类 成 分 比 较

表 4

种 类	出生时体重倍 增所需天数	成 分 (%)			
		旦白质	脂肪	乳糖	灰分
人	180	0.9	3.8	7.0	0.2
牛	47	3.4	3.7	4.8	0.7
羊	10	5.5	7.4	4.8	1.0

是不言而喻的。

生理学和生物化学上的兴趣被世界各地的临床规定所增进：婴儿喂以人奶较之喂以牛奶不易患传染病。据此推测结肠里的双裂菌群可能对乳婴抵抗传染病起了作用。

镜检上健康母乳喂养乳儿的粪便大体上是单一的细菌（双裂菌群），而人工喂养乳儿的粪便存在着种种的细菌。十一例一个月的母乳喂养乳儿的肠内菌丛中，双裂菌群平均占92.2%，大肠杆菌占4.0%。同样十一例一个月的人工喂养乳儿的肠内菌丛中，双裂菌群为19.1%，大肠杆菌为24.4%^[11]。这样，母乳喂养乳儿的粪便菌丛被称为生理菌丛或双裂菌丛。认为是母乳喂养乳儿健康的一个症候。

异构化乳糖促进人工喂养乳儿肠道中双裂菌群的增殖，最后形成双裂菌丛，意义是巨大的。

双裂菌丛对乳儿的作用可归纳成：

1. 双裂菌丛没有致病性，对宿主没有害处：注射大量的双裂菌到动物体内，不会引起任何反应，是一种无害的细菌。如果病毒侵入肠粘膜增殖，破坏肠粘膜表层的细胞，形成细菌侵入的途径。如果肠内是双裂菌丛，就难以引起其他细菌的二次感染^[12]。双裂菌丛充满了肠粘膜的上皮组织的纤毛间隙，防止了其他细菌侵入肠粘膜。

2. 双裂菌丛防止了其他细菌在肠内的繁殖：双裂菌丛在培养实验里阻止了其他菌增殖的报告很多，在液体培养基里，将双裂菌丛和致病性大肠杆菌、肺炎球菌或枯草杆菌不论那一种混合培养，都认为这些致病菌的增殖完全被阻碍^[13]。其次，添加双裂菌丛培养液的干燥物在平板培地上阻碍了致病性大肠杆菌、伤寒菌、付伤寒菌、葡萄球菌、肠球菌或变形杆菌等的发育。

Ruschmann^[13]曾报导了在双裂菌群占优势的乳儿粪便里混合致病性大肠杆菌，在37°C保温，致病性大肠杆菌急剧消失。但双裂菌群不优势的乳儿粪便中混合的致病性大肠杆菌能长时间地生存。

双裂菌群表现出来的抗菌作用和它们产生的抗生物物质有关，此外双裂菌群发酵糖质产生酸，降低了肠道或培养基的pH。也是抗菌现象的一个原因。

3. 双裂菌丛在肠内不断产生酸，不仅阻碍了其他菌的增殖，还刺激了肠子适当地蠕动^[14]。其次，钙和铁的吸收也提高了。并且母乳喂养乳儿形成了双裂菌丛，胃肠作用也正常化了。

4. 双裂菌丛合成B族维生素^[15]：双裂菌丛产生维生素B₁、B₂、B₆、B₁₂等，特别是能很好地合成维生素B₁。这些合成的B族维生素在一定程度上能被作为宿主的乳儿利用。

5. 双裂菌丛使肠内的腐败现象难以形成：作为肠内腐败的产物，蛋白质分解产生了氨、硫化氢、吲哚、粪臭素、胺、甲烷、甲硫醇等。这些物质对宿主，特别是对乳儿，是有害的物质。

母乳喂养乳儿肠内难以形成腐败现象，粪便中氨、组氨那样的物质少，特别是尿中的酚类和尿兰母（都是氨基酸的腐败产物，经肝脏代谢产生）作为肠内腐败发酵状况的指标也是较低的^[16]。反之，母乳喂养乳儿粪便中游离氨基酸的量较之人工喂养乳儿多，这些氨基酸是到达大肠的蛋白质的分解产物，双裂菌丛不能分解。人工喂养乳儿投以异构化乳糖，由于双裂菌群的增殖，显示出抑制腐败发酵的作用，降低了尿中酚类和尿兰母的量。

三、异构化乳糖对成人的有用的生理作用

从人的粪便分离的双裂菌群，综合Reuter^[17]、光冈^[18]的报导，可大致分为成人型和乳儿型二大类。虽然这两类双裂菌群在各自的宿主上的作用是类似的，双裂菌群对乳儿的生理作用同样表现在成人（包括老人）的身上。

由于人的年龄，双裂菌群的形态也在变化。在成人消化道中，各种菌群十分繁杂，由于食物和环境的变化，疲劳或压迫（精神或肉体的）等会发生暂时的肠内菌丛的不平衡。在临床和人的健康密切相关的菌群中，双裂菌群是有益菌的代表。体内各菌群和人体的关系见图1、图2。由于进入老年期，肠道内双裂菌群大幅度地降低，考虑到双裂菌群在肠内的生理机能和对人体的影响，异构化乳糖对老年人的健康是很重要的。

人的健康和肠道细菌的关系，由于食物成分、内容及数量的不同，细菌的活性也不相同。由于高动物脂肪，高蛋白质食，肠内细菌生成毒物的活性也升高，和致癌的关系已经被研究。因此成人肠内双裂菌群的生理作用也引起了浓厚的兴趣。

Muting等^[19]归纳了廿名肝病病人服用异构化乳糖增加了肠道内的双裂菌群后，注意到了血氨、血清中游离的酚化合物及氨态氮有意义地降低、尿里游离酚和游离氨基酸的减少也被注意到。这都有助于肝病病人的恢复。还规定到伴随着肝硬变的高氨血症患者在肠道内的双裂菌群增加后，血

中的氨及胺化物浓度降低。这是因为异构化乳糖增殖的双裂菌群抑制了患者肠内产生氨、胺化物的细菌。从营养学的角度讲,避免了能量的浪费。

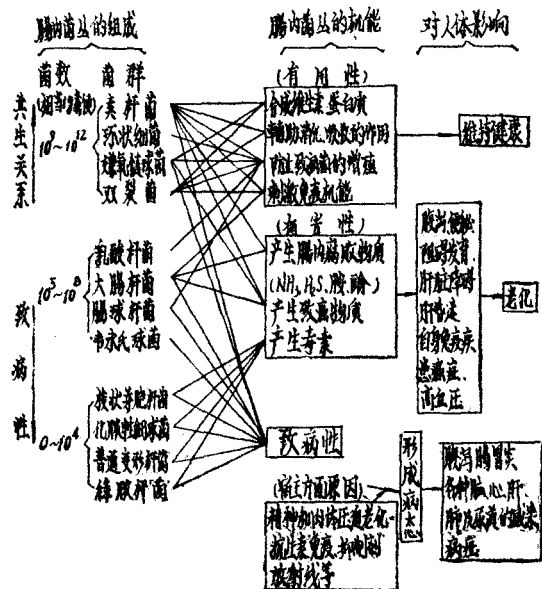


图1 肠内菌丛的有用性、有害性(光冈)

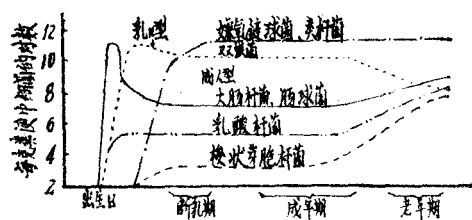


图2 人肠道菌丛的变化(光冈)

在动物实验中发现了双裂菌群的抗肿瘤作用^[20], 经口服不能有效地抑制鼠的肉瘤——180细胞的繁殖。进一步以致死量的放射线照射鼠, 观察不同的肠内细菌延长生命的效果^[21]。用普通鼠、无菌鼠、无菌鼠加大肠杆菌、无菌鼠加乳酸杆菌及无菌鼠加双裂菌五组鼠作动物试验, 无菌鼠加双裂菌组的生存日期最长, 其次为无菌鼠加乳酸杆菌组、无菌鼠组及无菌鼠加大肠杆菌组, 生存期最短的是普通鼠组。无菌鼠加双裂菌组鼠的平均寿命是普通组鼠的二倍。

这些论述有力地说明了作为双裂乳酸杆菌因子的异构化乳糖的价值。

此外, 双裂菌群菌体蛋白质的氨基酸组成, 从营养学来说是非常出色的。双裂菌群菌体蛋白质及

氨基酸作为氨基酸源在宿主体内被吸收利用的可能性, 已经被详尽地研究^[22]。

四、异构化乳糖应用的前景

在食品中加入双裂菌群, 在国外已经急剧地发展成重要的食品产业部门, 年产值达1000亿日元。作为肠内有用菌的代表的双裂菌群日益得到高度的评价。但在食品的加工及流通阶段、保持双裂菌群是一个困难的问题。

而作为双裂乳酸杆菌因子的异构化乳糖, 由于安定, 适用范围广, 又能达到加双裂菌群到食品里的同样的目的, 因此是富于实用性的食品添加剂。异构化乳糖能和其他的糖、糖醇自由混合使用, 也能作为甜味剂单独使用, 根据不同的对象, 成人每日摄取2~5g、乳幼儿每日摄取0.5g是最适宜的。

异构化乳糖作为维生素类化合物, 能为各种保健食品、营养品所利用, 也可作为食疗食品的有效成分。

大致的应用如下:

1. 乳幼儿食品: 奶粉、断奶食品、幼儿食品。
2. 饮料: 牛奶饮料、二氧化碳饮料、果汁、粉末饮料、及其他的清凉饮料。
3. 糖果: 口香糖、饼干、冰淇淋等。
4. 果酱: 果子酱、桔子酱、蛋黄酱等。
5. 保健食品: 各种特种食品、液体健康食品。
6. 医药: 肝病的辅助治疗药及婴儿腹泻的治疗药。

五、结束语

异构化乳糖, 作为食品用的双裂乳酸杆菌因子已经实用化。本文介绍了异构化乳糖及其主要成分乳酮糖的性质, 及被其增殖的双裂菌群对乳儿及成人的有用的生理学作用。概述了关于利用的范围。异构化乳糖, 作为食品是一种新开发的基本素材, 它的普及仅仅是一个时间问题。

参考文献

- [1] Gyorgy P, et al, Amer J Dis Child 84, 482, 1952
- [2] Petuely F, Zeitschrift für Kinderheilkunde 79, 174, 1957
- [3] 磯部信生: 食品工业24(2): 44, 1981
- [4] 粵村昌也: 基础と臨床7(14): 37, 1973
- [5] Lister: 未发表
- [6] Boyd EM, et al, Appl Pharmacol 7, 609, 1965
- [7] Constantopoulos G, et al, Ed cosmet Toxcol 6, 717, 1968

- [8] Hloffmann K, Schweiz Med Wschr 99, 608, 1969
- [9] 苏祖斐, 上海食品(2), 5, 1982
- [10] 渡道章子, 小儿科临床 28, 19, 1975
- [11] 务台方彦, New food Industry 20, 17, 1978
- [12] Mayer JB, Mschr Kinderheilk 114, 67, 1966
- [13] Ruschmann E, Z Hyg 144, 298, 1958
- [14] 田中隆一郎, セリルト研究報告集1, 24, 1970
- [15] 林良二, ビタミン 4, 98, 1951
- [16] Haen H, et al, zbl Bakteri Orig 215, 333, 1970
- [17] Reuter G, Zbl Bakteri Orig 191, 486, 1963
- [18] 光岡知足, 临床上细菌 2, 197, 1975
- [19] Muting Dw, et al, Amer J Proctol 19, 336, 1968
- [20] 加藤幾雄, 第38回日本癌学会 総会滙て発表, 1979
- [21] 横倉輝男, 医学のあゆみ 116, 153, 1981
- [22] 岩田和夫, 日本細菌学雑誌 35, 539, 1980

儿童补血奶糖和饼干的研制试验

姚谷士 祖国栋 朱文韬 李北利 石松田 谢妮
于 萍 杜葵霞

儿童补血奶糖和补血饼干是由中国医科大学和沈阳市食品科学研究所及儿童食品厂共同研制的。主要解决目前儿童缺铁问题。

目前人体缺铁是世界普遍存在的营养问题, 婴幼儿缺铁性贫血早已为国内外所重视。“辽宁省营养性贫血防治协作组”普查了城乡7岁前儿童共13,636人, 患病率为40.5%, 其中绝大多数为缺铁性贫血。沈阳市调查了7岁前健康儿童2,578人, 患病率为38.98%, 贫血程度以轻度者居多, 辽宁省其他地区亦有类似的报导和相同的结论, 与全国调查情况基本相符。

营养性贫血, 关键是缺铁, 尤其在早期, 因缺铁而贫血并不明显, 故不易为家长及时发现, 以致得不到及时防治, 终至病情继续发展日益恶化, 患贫血的儿童食欲不振, 皮肤粘膜苍白, 抵抗力弱, 容易患各种慢性病和传染病, 影响儿童的生长发育和智力发育。因此, 研制食用方便、效果良好的含铁强化食品是防治缺铁性贫血的一项措施, 也符合“优生优育”的国策。这里试将我们研制过程介绍如下:

一、铁制剂的选择:

铁在人体内代谢吸收是一个复杂的过程。人体吸收食物中铁主要在十二指肠及空

肠上段进行, 吸收很快, 胃和小肠的其余部分也可吸收少量, 但速度较慢。动物性食物中的铁吸收率约为10~20%, 植物性食物铁的吸收率低, 仅为2%左右。

在糖果和糕点中加入铁剂, 首先必须考虑易为胃肠吸收。主要有四个问题: (一) 铁剂的铁腥味要小。(二) 食品加工过程中温度较高, 所使用的铁剂的化学性质应比较稳定。(三) 尽量不改变食品原来的色泽和风味。(四) 易溶于水, 便于混合均匀。根据临床药理学各种书籍列举的补血药物, 指出枸橼酸铁铵易溶于水, 作用缓和, 无刺激性及腐蚀性, 特别适用于小孩服用。故选择了枸橼酸铁铵作为强化食品的材料。本品为棕红色的透明菲薄鳞片或棕褐色颗粒, 或为棕黄色粉末, 无臭、味咸有吸湿性, 遇光易变质, 易溶于水, 含铁量为20.5~22.5%。

1市斤奶糖(75块)添加枸橼酸铁铵2克, 每块奶糖含铁约5毫克。1市斤饼干(400粒)的湿面中添加枸橼酸铁铵2克, 每粒饼干含铁量为1毫克。

二、操作要点

加工奶糖添加铁剂, 宜尽量降低糖坯温度, 以保持枸橼酸的化学稳定性, 同时注意混合均匀。当糖浆在搅拌锅里搅拌成糖坯,