

甜菜红色素的提制与应用

前言

颜色是衡量食品质量的重要指标之一。有些食品具有天然的色泽，而有些食品则需要人工着色。然而现有的合成食用色素为数有限，其中有些在安全性方面尚有争议。故此，人们对高制安全性的天然色素颇为重视。我国目前允许使用的食用合成色素苋菜红和胭脂红的安全性均不够好，特别是苋菜红有致癌性的争论，美国已从1976年开始禁止使用。甜菜红的色调与苋菜红极为近似，是存在于红甜菜（*Beta Vulgaris* L. var *rabra*）中的天然植物色素，安全性高。红甜菜是甜菜的一种变种，每年栽种二次，亩产可达2吨左右。价格便宜，含色素多（每100克鲜组织含甜菜苷约0.1克），是水溶性食用色素的良好来源。

红甜菜汁作为食品的着色剂，在我国民间早已使用。美国1960年开始允许使用红甜菜汁浓缩液和脱水甜菜粉作为食用色。联合国联合食品添加剂委员会（FAO/WHO）在1976年订出甜菜红的规格标准，日本食品添加剂团体联合会也有相应的规定。目前欧美及日本均在深入研究甜菜红色素及其应用。

甜菜红系由红色的甜菜花青（betacyanines）和黄色的甜菜黄素（betaxanthines）组成。甜菜花青中的主要成分甜菜苷（betanine）占红色素的75~95%。其余尚有异甜菜苷（isobetanine），前甜菜苷（prebetanine）和前甜菜苷（isoprebetanine），甜菜黄素包括甜菜黄素I（Vulgaxanthine I）和甜菜黄素II（Vulgaxanthine II）。甜菜苷的色彩在pH=3.0~7.0之间比较稳定，而以pH=4.5~5.0稳定性最佳。甜菜苷不耐热，其降解速度随温度升高而增加，半衰期在pH=5.0时，25°C为1150±100分钟；50°C为310±30分钟；75°C为90±10分钟；100°C为14.5±2分钟。但是甜菜汁的成分对甜菜苷有保护作用。

现已证明甜菜红对糖果、明胶点心及某些肉、乳制品等食品的着色是成功的，尤其适用于冰棍、雪糕、冰淇淋等低温加工或贮藏的冷饮食品以及以干燥形式销售或短期贮藏的食品。

关于甜菜红的研究，国外资料

不少，且已有商品甜菜红色素出售，但国内尚未见有研制报告，现就我们的研制工作，报告如下：

一、材料与仪器设备：

红甜菜：选用天津灰堆生产大队选育的色素含量高的品种，采后在地里埋藏1~3个月。

721型分光光度计。

糖量计。

高速组织捣碎机。

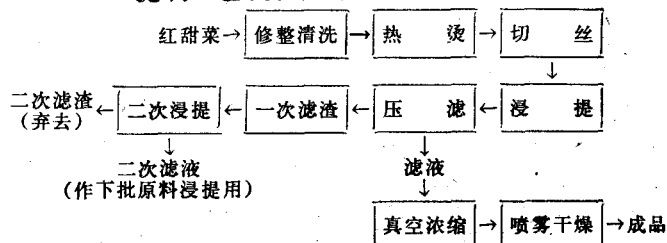
简易螺旋压榨机。

玻璃真空蒸馏仪。

喷雾干燥器。

二、方法与步骤：

1. 提制工艺：甜菜红是水溶性色素，主要提制工艺流程如下：



2. 色素含量的测定：由于红甜菜中甜菜苷、异甜菜苷和甜菜黄素 I 的含量超过了红甜菜中色素含量的95%，故可将全部甜菜花青认为是甜菜苷，全部甜菜黄素认为是甜菜黄素 I，这在计算色素含量时，误差很小。本试验测定方法如下：

取10克甜菜汁加pH=5.0的 Na_2HPO_4 -柠檬酸缓冲液至1000毫升（若不清亮，用滤纸过滤）。以上述缓冲液作对照，用721型分光光度计测定稀释液在537nm、476nm及600nm处的吸收度，按下式计算：

$$X = 1.095(A_{537} - A_{600})$$

$$Y = -0.258A_{537} + A_{476} - 0.742A_{600}$$

式中X是甜菜苷的吸收度，Y是甜菜黄素 I 的吸收度。甜菜苷的吸收系数 $E_{1\%}^{1\text{cm}} = 1120$ ；甜菜黄素 I 的吸收系数 $E_{1\%}^{1\text{cm}} = 750$ 。由此可计算甜菜苷和甜菜黄素 I 的浓度。

红甜菜组织中甜菜苷和甜菜黄素 I 的测定：选取有代表性的红甜菜样品，经清洗、整理、切去生长冠后切丝，取适当量（1公斤/升）的甜菜丝，加到pH=5.0的 Na_2HPO_4 -柠檬酸缓冲液中，用高速组织捣碎机搅切2分钟。取10克混合物用蒸馏水稀释到1升，经滤纸过滤后，如前法测定并计算浓度。为防止色素的酶促降解，上述切丝、搅切操作，最好在氮气保护下进行。

热烫和抽提过的甜菜丝中甜菜苷和甜菜黄素 I 的测定：取适量样品，按组织中色素含量的测定方法测定。可溶性固形物用糖量计测定。

浸提率由浸提液中甜菜苷的总量除以新鲜红甜菜中甜菜苷的总量求得。浓缩及喷雾干燥时甜菜苷的回收率，分别由浓缩和喷雾干燥后甜菜苷的总量除以浓缩和喷雾干燥前的甜菜苷的总量求得。

三、结果与讨论：

1. 工艺条件：考虑到目前工业生产的实际可能、实验选取表1的操作条件。表1所列条件中，最重要的是热烫温度，时间及添加柠檬酸的浓度。红甜菜中含有甜菜花青褪色酶及多

酚氧化酶，会使之褪色或变色。提制甜菜红色素时必须使酶钝化。加热不够不足以使酶完全钝化，加热过度会导致甜菜苷降解、破坏过多而影响色泽或水率。加热的温度和时间需按所用红甜菜的大小选择。添加0.125%柠檬酸可使pH由6.0以上降至5.0左右，使甜菜苷的稳定性增强而得到保护。另外若能在氮气下浸提，效果会更好，本实验在空气下浸提，是考虑实际生产的可能性才选用这样的浸提环境的。

甜菜红色素浸提操作条件 表 1

甜菜热烫温度及时间	100℃, 20分钟
菜丝粗细	3~5毫米
柠檬酸溶液浓度	0.125%
菜丝与柠檬酸液用量比	1:1
浸提温度	室温(15~22℃)
浸提时间	40分钟
浸提环境	大 气

从表2可以看出，甜菜苷的含量经热烫平均损失13.4%，甜菜黄素 I 则受热的的影响很小。表中有几项色素在热烫后含量反而增加，这是因为热烫过程使甜菜部分脱水（失重约7%）所致。

鲜甜菜及热烫后的甜菜中甜菜苷及甜菜黄素 I 的含量 表 2

样 品	鲜 甜 菜			热烫*后的甜菜		
	甜菜苷 (%)	甜菜黄素 I (%)	红:黄	甜菜苷 (%)	甜菜黄素 I (%)	红:黄
1	0.108	0.099	1.09	0.128	0.108	1.19
2	0.115	0.102	1.13	0.116	0.090	1.29
3	0.131	0.090	1.46	0.097	0.102	0.95
4	0.132	0.110	1.20	0.095	0.099	0.96
5	0.127	0.104	1.22	0.082	0.082	1.00
6	0.103	0.074	1.39	0.098	0.109	0.90
平 均	0.119	0.096	1.24	0.103	0.098	1.05
标准差	0.012	0.013	0.15	0.016	0.010	0.14

* 热烫温度100℃时间20分钟

采用二次压榨法可使收率由原来的一次压榨提取率50%左右增加到63.6%。残渣中甜菜

苷的含量降至16.4%。加工中的损失约20%（见表3）。

甜菜苷的提取率 表3

样 品	浸 提 液		残 渣		加 工 损 失 (%)
	甜菜苷 (%)	提取率 (%)	甜菜苷 (%)	残留量 (%)	
1	0.0598	59.9	0.0330	17.7	22.4
2	0.0637	64.6	0.0332	17.4	18.0
3	0.0622	66.4	0.0313	14.2	19.4
平 均	0.0619	63.6	0.0325	16.4	19.8

据Wiley等人报告，用连续浸提器可使甜菜丝中残留的甜菜苷下降到1%以下，并使甜菜苷的提取率提高至90%。此法无需预先热烫，而通过在连续浸提时，调节浸提液的温度和pH以钝化酶，保护甜菜苷。这种方法对工业化生产有重要意义。

值得注意的是，在真空浓缩过程中，回收率大于100%（见表4）。我们取真空度为700~720mmHg，使可溶性固形物含量由6.5~7.5%浓缩至26.0~28.0%。甜菜苷含量在此过程中稍有增加的现象，除了由Von Elbe所指出的，甜菜汁对甜菜苷的保护作用外，可能是由于酸解和加热使分子发生变化的结果。

甜菜苷浓缩时的回收率 表4

样 品	甜菜苷含量(%)		回 收 率 (%)
	浸提液	浓缩液	
1	0.0267	0.110	97.8
2	0.0345	0.152	104
3	0.0407	0.201	106
平均	0.0339	0.154	102.6

按红甜菜浓缩液中可溶性固形物含量的10%加入干燥助剂蔗糖，调整溶液浓度至可溶性固形物含量为25%，进行喷雾干燥。结果见表5。喷雾后的粉所含甜菜苷比鲜甜菜高约7倍。从表5可见，甜菜苷与甜菜黄素I的比值在热烫后有所下降（表2）但喷雾干燥后重行

上升，且超过鲜甜菜中的比值。这是因为甜菜苷在pH5时最稳定，而甜菜黄素I则在pH6.2左右最稳定。在浸提过程中，溶液一直保持在pH5，甜菜黄素受到一定破坏。这种红黄比值上升的效果，对于将它作为红色着色剂来说，是有利的。

喷雾干燥后甜菜色素的含量及回收率* 表5

样品	甜菜苷 (%)	甜菜黄素I (%)	红+黄	甜菜苷回收率 (%)
1	0.786	0.432	1.82	79.3
2	0.809	0.483	1.67	78.4
3	0.829	0.458	1.81	80.2
平均	0.808	0.458	1.77	79.3

* 离心喷雾器进风温度150~160℃出风温度80~85℃。

全过程甜菜苷的回收率约50%。每100公斤甜菜可提制6公斤甜菜红色素。

二、使用与成本问题的探讨：

1. 成本概算及使用价值：

本试制品经有关工厂按日产300公斤的生产规模进行成本概算，每公斤不到4元。

若按成本4元计，销售价5元，仅为人工合成高含量苋菜红或胭脂红价格的1/7。美国和日本甜菜红的价格也低于合成红色素或苋菜红色素^(12,13)。但甜菜红色素粉含甜菜苷甚低，（因品种而异），要达到与合成色素相同的着色强度，其用量要多10~20倍，因此使用时，价格约为合成色素的2倍（可比价格），而美国可比价格为45。由此可见我们的甜菜红色素远比美、日的价格要低，但仍高于合成色素，因此尚难推广。还需进一步改进工艺，降低成本。

2. 安全性及品质规格：

FAO/WHO1978年规定甜菜红色素的ADI（人体每日允许摄入量）为“不限制”，欧美及日本等国都已证明此色素为安全色素。我们先后将三批所提制的甜菜红色素送天津市卫生防疫站，取15克/公斤体重以水为溶剂给5只小鼠灌喂后观察一周，动物无异常表现。

现将本试验所得甜菜红色素粉的理化分析

结果与日本及联合国所订规格标准列表如下：
(表6)

不同甜菜红色素粉理化指标的比较 表6

项 目	本试制品	日本 ⁽²⁾	FAO/WHO ⁽¹⁾
外 观	红紫色粉末	红紫-暗紫色粉末	微红色粉末
含 量	500~900ppm	200ppm	4 %
溶解性	溶于水 不溶于无水乙醇	—	溶于水 不溶于无水乙醇
最 大 吸收波长	pH5.4 529~534nm	pH5.4 535nm	pH5.4 535nm pH8.9 547nm
碱性反应	溶液变黄	溶液变黄	—
薄层层析	呈单个红色斑点 有拖尾	—	呈单个红色斑点 有微褐色拖尾
砷(As)含量	≤0.5ppm	≤2 ppm	≤3 ppm
铅(Pb)含量	≤2ppm	—	≤10ppm
重金属含量	≤10ppm	≤20ppm	≤40ppm

上表说明本试制品完全符合卫生要求。

3. 应用试验：

我们与京、津两地十几家食品厂及制药厂协作试用，结果见表7：

此外我们还用甜菜红色素粉对火腿肠进行了着色试验。直径约6厘米的大火腿肠由于水煮时间太长(84~90℃, 90分钟)结果退色或变色，当改用小肠衣灌装并减少水煮时间，经感官评价认为添加甜菜红(以甜菜苷计)32ppm的样品，其色泽与添加50ppm亚硝酸盐的对照样品相似，但风味稍差一些，再添加约500ppm的抗坏血酸，则色泽与风味均同添加亚硝酸盐的样品相仿。由此可见，甜菜红用作某些肉制品着色是可能的。

另外还对果子露的着色作了试验，添加甜菜红(以甜菜苷汁)7.5ppm的产品，呈樱桃红色，色泽鲜艳自然，无异味，但不够稳定，若将pH由原来的3~3.5调到4.5~5时，成品色泽相当稳定。

小结

红甜菜是食用甜菜，产量较高，价格低

甜菜红色素对一些食品着色试验结果 表7

产 品 名 称	加入量(ppm)		使用单位评价
	甜菜红粉	甜菜苷	
水果硬糖	500~2000	4~16	色泽鲜艳、着色均匀、透明度好、稳定、无异味，可以实际使用
琼脂软糖	330~778	2.7~6.2	色泽鲜艳、着色均匀、透明度好、稳定、无异味，可以实际使用
淀粉软糖	2000	16	色泽呈深玫瑰红色、稳定、无异味，可以使用
冰 棍	100~400	0.8~3.2	色泽鲜艳、无异味，可以使用
威夫饼干	6400	51.2	色淡红、均匀、稳定、无异味，可以使用
中式糕点	100~250	0.8~2	色泽鲜艳、无异味，可以使用
红 粉 皮	3300	26.4	玫瑰红色、稳定、色调与传统产品(大红)不同
吉 力 豆	4000	32	产品呈玫瑰红色，色均匀、无异味，可以使用
青水红丝	6880	55	呈玫瑰色、稳定、可以使用
膨化食品	2000	16	呈玫瑰色、稳定、可以使用
红 果 汁	2000	15	呈草莓色，色泽自然，可以使用
糖衣药片	500~5000	4~40	稳定性比合成品好，建议扩大生产并用于药剂制造中。

廉，含色素多，遍布北方各省，是食用天然色素的良好来源。其色素提制工艺简单，成本低。

甜菜红色素耐光性及对酸的稳定性较好，可经受较长时间的高温处理，加工和保藏过程中比较稳定，有杨梅或玫瑰的鲜明色泽，其浓缩液虽带有特殊气味，但可在一定条件下被掩蔽。其固体粉末无异味。

甜菜红色素易溶于水，使用方便，安全无毒，使用范围广，完全可能代替人工合成的苋菜红和胭脂红。

天津轻工业学院食品添加剂教研组

刘志皋 执笔