

## 色彩捕捉者——淀粉与碘的美妙邂逅

丁琳<sup>1</sup>, 张津芃<sup>1</sup>, 李俊锋<sup>1</sup>, 刘大颖<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>天津农学院基础科学学院, 天津 300392

<sup>2</sup>天津农学院化学实验教学中心, 天津 300392

**摘要:** 淀粉是一种植物多糖, 通常由直链淀粉和支链淀粉两部分组成。淀粉遇碘显蓝色的性质, 早已被人们所知晓, 并因其显色非常灵敏而在检验碘或淀粉存在的实验中被广泛应用。然而, 淀粉遇碘显色不一定是蓝色, 其显色与淀粉组成有直接关系。本文通过探究不同食物淀粉及不同因素(淀粉浓度、碘伏浓度、温度、酸碱度、聚合度)遇碘显色不同, 科普色彩捕捉之淀粉与碘的美妙邂逅, 感受淀粉邂逅碘的神奇显色之趣。本科普实验材料均取自常见食物淀粉以及消毒水碘伏等, 成本低, 绿色环保无毒安全易操作。通过淀粉与碘不同显色制备绿色环保多色墨水, 融合传统书法、国画等创作书法和国画作品; 尝试神奇的碘钟反应、碘熏法指纹勘测、淀粉制备非牛顿流体等体验化学实验的奇妙与乐趣, 受众面广, 实现梯度科普, 趣味性强, 通过线下体验活动, 感受化学之趣、色彩之美, 启发对化学的兴趣与热爱, 收获良好的科普效果。

**关键词:** 淀粉; 碘; 显色; 梯度科普

**中图分类号:** G64; O6

## Color Catcher: A Marvelous Encounter of Starch and Iodine

Lin Ding<sup>1</sup>, Jinpeng Zhang<sup>1</sup>, Junfeng Li<sup>1</sup>, Daying Liu<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Basic Science, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China.

<sup>2</sup> Chemistry Experiment Teaching Center, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China.

**Abstract:** Starch, a plant polysaccharide typically comprising amylose and amylopectin, exhibits a well-known property of turning blue upon encountering iodine. This color reaction, celebrated for its sensitivity, has found widespread application in experiments aimed at detecting iodine or starch. However, the coloration of starch upon iodine exposure is not always blue; rather, it varies depending on the starch composition. This study explores the diverse coloration exhibited by different food starches under various conditions (starch concentration, iodophor concentration, temperature, pH, polymerization degree), capturing the enchanting encounter between starch and iodine. Utilizing common food starches and iodophors as experimental materials, this educational experiment is cost-effective, environmentally friendly, non-toxic, and user-friendly. By harnessing the distinct color reactions of starch and iodine, we create environmentally friendly multi-color ink, seamlessly integrating traditional calligraphy and Chinese painting techniques. Additionally, we explore captivating chemical experiments such as the magical iodine clock reaction, iodine fumigation for fingerprint analysis, and the preparation of non-Newtonian fluids from starch. With its strong appeal and broad audience reach, this experiment effectively employs gradient science popularization strategies. Through hands-on offline activities, participants experience the beauty of chemistry firsthand, fostering a deep appreciation and passion for the subject. The experiment yields significant outcomes in promoting scientific literacy and cultivating interest in chemistry among learners.

**Key Words:** Starch; Iodine; Coloration; Gradient science popularization

收稿: 2023-11-20; 录用: 2024-01-05; 网络发表: 2024-04-07

\*通讯作者, Email: liudaying03@163.com

基金资助: 天津农学院本科教育教学研究与改革项目(2023-B-47); 天津农学院国家级大学生创新创业训练计划项目(202310061035); 天津市科技计划项目技术创新引导专项(基金)(20YDTPJC01160); 天津农学院课程思政示范课程建设项目; 天津农学院一流本科建设课程项目

## 1 引言

淀粉是由几百至几千个葡萄糖分子聚合形成的植物多糖，由直链淀粉和支链淀粉组成的一种高分子碳水化合物。淀粉遇碘显蓝色的性质，早已被人们所知晓，并因其显色非常灵敏而在检验碘或淀粉存在的实验中被广泛应用。然而，淀粉遇碘显色并不一定是蓝色，显色与淀粉组成有关。本文从人们熟知的现象入手，科普淀粉遇碘显色因淀粉组成不同而呈现不同颜色。以可溶性淀粉、支链淀粉、糊精、家用面粉以及不同食物中所含淀粉为研究对象，探究不同因素(浓度，温度、酸碱度、聚合度)对淀粉遇碘显色的影响。通过不同显色制备多色彩环保墨水，融合书法、国画等传统文化作品创作，极具趣味性，适合不同受众人群，感受传统文化魅力，浸润浓浓爱国情，坚定文化自信，培养红红中国心。利用线下体验活动，感受化学之趣、色彩之美，实现不同受众人群梯度科普效果。

## 2 实验部分

### 2.1 实验原理

淀粉(starch)是植物生长期以淀粉粒形式贮存于细胞中的贮存多糖。它在种子、块茎和块根等器官中含量特别丰富。淀粉由直链淀粉和支链淀粉两类组成，二者在淀粉中所含比例随植物种类而不同(表1)。直链淀粉和支链淀粉结构不同(图1)，物理和化学性质有明显区别(表2)。直链淀粉相对分子量比支链淀粉小，通常由三百至四百个D-葡萄糖分子通过 $\alpha$ -1,4-糖苷键相连形成，卷曲成螺旋形，可溶于热水。支链淀粉相对分子量比直链淀粉大，主链通过 $\alpha$ -1,4-糖苷键相连而形成主链，存在支链结构，每个分支通过 $\alpha$ -1,6-糖苷键相连形成短链，不溶于冷水，与热水形成浆糊。

表1 不同植物淀粉中直链淀粉含量

不同来源淀粉	直链淀粉含量	不同来源淀粉	直链淀粉含量
绿豆	60%以上	土豆	11%~20%
玉米	27%	红薯	18%
小麦	25%	木薯	17%
水稻	14%~20%	糯米	<2%

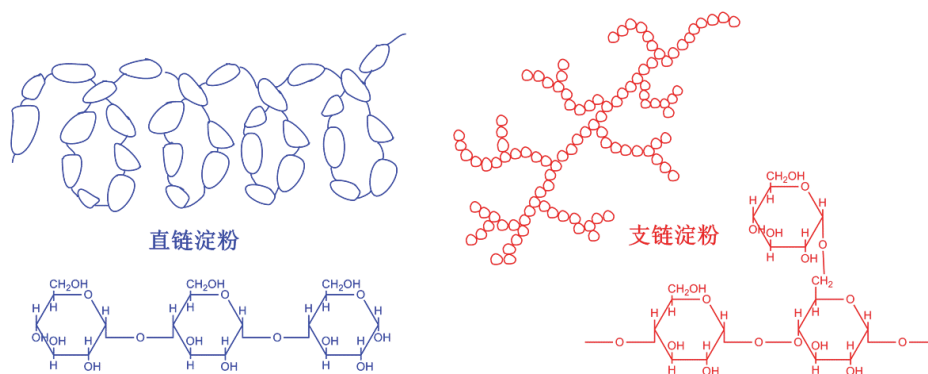


图1 直链淀粉与支链淀粉的结构

表2 直链淀粉与支链淀粉比较

参数	直链淀粉	支链淀粉
含葡萄糖数	200~980个	600~6000个
相对分子质量	较小，3~16万	较大，10~100万
结构	螺旋形	树枝状
糊化作用	不易糊化	易糊化
人体消化情况	易消化	不易消化

淀粉遇碘显色与淀粉中直链淀粉、支链淀粉组成有关，且受浓度、温度、酸碱度、聚合度等多种因素影响<sup>[1,2]</sup>。一般认为是由于淀粉分子具有螺旋状的卷曲结构，能使淀粉与碘形成淀粉-碘包合物，因而显示颜色<sup>[3]</sup>。在淀粉中，每个碘分子和一个螺旋中的六个葡萄糖基结合。淀粉与碘生成包合物的颜色与淀粉分子中糖苷键的数量(亦即聚合度)有关(表3)。当链长低于六个葡萄糖基时，无法形成螺旋卷曲结构，因此不能显色。当平均长度在大约20个葡萄糖基时显红色，平均长度大于30个葡萄糖基时显蓝色。支链淀粉相对分子量比直链淀粉大，但是支链淀粉存在分支短链且其长度只有20至30个葡萄糖基，于是碘分子进入长度不同的螺旋圈内显示出不同的颜色，支链淀粉遇到碘分子显示紫红色，正是蓝色与红色的混合色。而直链淀粉的平均链长大于30个葡萄糖基，于是与碘分子相遇显示出蓝色。

表3 淀粉糖苷键的数量与显示颜色

葡萄糖单体个数	显示颜色	葡萄糖单体个数	显示颜色
< 6	无色	25-30	蓝紫色
8-12	红色	30-60	蓝色
15-20	紫红色	> 60	深蓝色

## 2.2 试剂或材料

不同种类的淀粉，如可溶性淀粉、支链淀粉、糊精、家用面粉等，碘伏，柠檬，双氧水消毒液，滤纸，烧杯，滴管，样品管等。

## 2.3 实验步骤/方法/现象

### 2.3.1 探究不同种类的淀粉遇碘显色差异

取不同种类的淀粉放入试管，加入适量的水溶解，滴入碘液，观察显色变化。不同淀粉呈现不同颜色，显色效果如图2与图3所示。

淀粉遇碘显紫色。食物中的淀粉大多都是直链淀粉与支链淀粉的混合。淀粉中所含有直链淀粉与支链淀粉的所占比例不同，会导致淀粉呈现的颜色从蓝到紫的转变。

### 2.3.2 探究不同因素对淀粉遇碘显色影响

#### 2.3.2.1 淀粉溶液浓度对显色影响

以可溶性淀粉为例，探究不同浓度对显色影响(图4)。从左往右淀粉溶液浓度逐渐上升，可以清晰看出颜色由浅到深的变化。溶液的浓度会影响碘和淀粉显色。



图2 不同种类淀粉遇碘显色差异

电子版为彩图，下同



图3 不同食物(土豆、玉米及小麦粉)淀粉遇碘显色差别



图4 不同浓度淀粉遇碘显色差异

### 2.3.2.2 不同量碘液对显色影响

取适量淀粉，加水溶解，然后取等量的淀粉溶液分别装入两个试管中，分别滴入一滴和两滴碘液，观察显色差异(图5)。

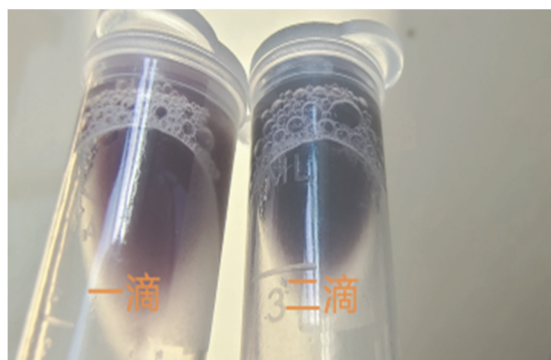


图5 不同量碘液对淀粉遇碘显色影响

### 2.3.2.3 温度对显色影响

以土豆淀粉为例，探究在常温以及热水中淀粉遇碘的显色差别，分别滴入相同量的碘液，观察现象如图6所示。

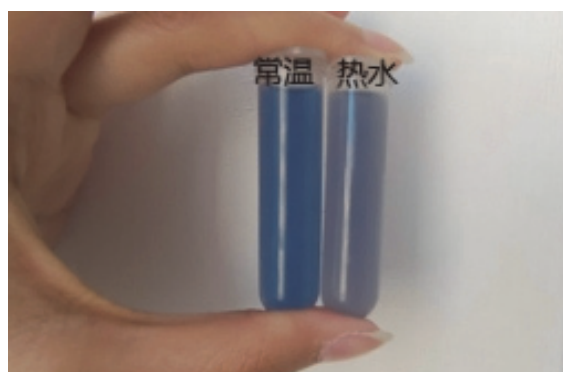


图6 温度对土豆淀粉遇碘显色影响

通过实验可以明显地观察到，温度对淀粉与碘显色有一定的影响。淀粉在较高的温度条件下，分子结构会发生变化，淀粉的分子卷曲结构破坏，由于热运动强烈，不能再以弱键与碘结合，会失去显蓝色的包合物结构，显示原来淀粉的本色。所以随着温度的升高，淀粉与碘的混合物受热时，

淀粉螺旋结构被破坏，淀粉-碘复合物解体，淀粉的显色会变浅，甚至蓝色消失。当溶液冷却后，淀粉和碘又重新形成螺旋状复合物，颜色恢复。

#### 2.3.2.4 酸碱度对显色影响

相同的淀粉碘溶液分装在三只试管中，分别加入酸性的白醋与碱性的苏打，中间试管作为对照(图7)。碘淀粉溶液在酸性条件下，有利于显色，而在碱性溶液中碘歧化反应生成次碘酸和碘化合物，因而不显色<sup>[4]</sup>。

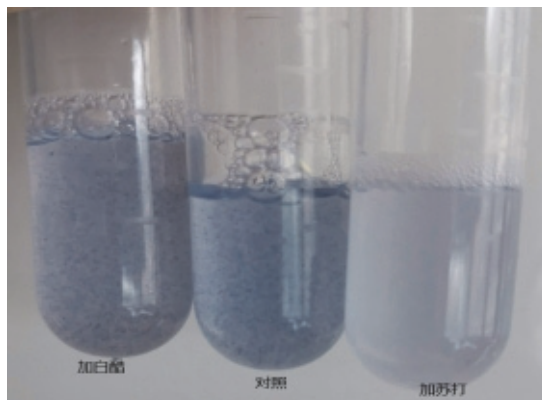


图7 不同酸碱度对土豆淀粉遇碘显色影响

#### 2.3.2.5 聚合度对淀粉显色影响

以糊精、玉米支链淀粉、玉米糊(支链淀粉、直链淀粉混合物)、直链淀粉为例，探究不同聚合度的淀粉与碘伏显色情况，实验结果如图8所示。

据相关研究，淀粉的聚合度和生成碘包合物的颜色有关系(表4)<sup>[4]</sup>。从图表中可以看出，随着聚合度增加，淀粉与碘生成包合物的颜色从无色、紫色，到蓝色的逐渐转变。聚合度会影响淀粉的显色。

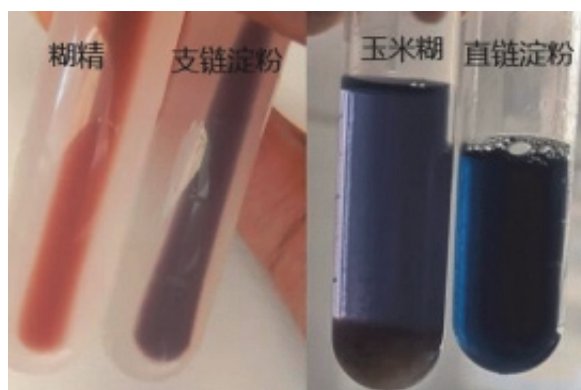


图8 不同聚合度淀粉遇碘伏显色差异

### 3 科普展示和互动方案

#### 3.1 科普展示

本作品融合书法、国画等传统文化，通过淀粉遇碘不同显色制备绿色环保多色墨水，设计书法、国画等特色活动，坚定文化自信，培养不同受众红心中国心，浓浓爱国情。书法效果、绘画效果展示分别见图9和图10。

表4 不同聚合度对淀粉显色影响

葡萄糖元聚合度	包合物颜色	对应的多糖
3.8	无色	无色糊精
7.4	淡红色	红糊精
12.9	红色	红糊精
18.3	棕红色	红糊精
20.2	紫色	支链淀粉紫糊精
29.3	蓝紫色	支链淀粉直链淀粉混合物
> 34.7	蓝色	直链淀粉

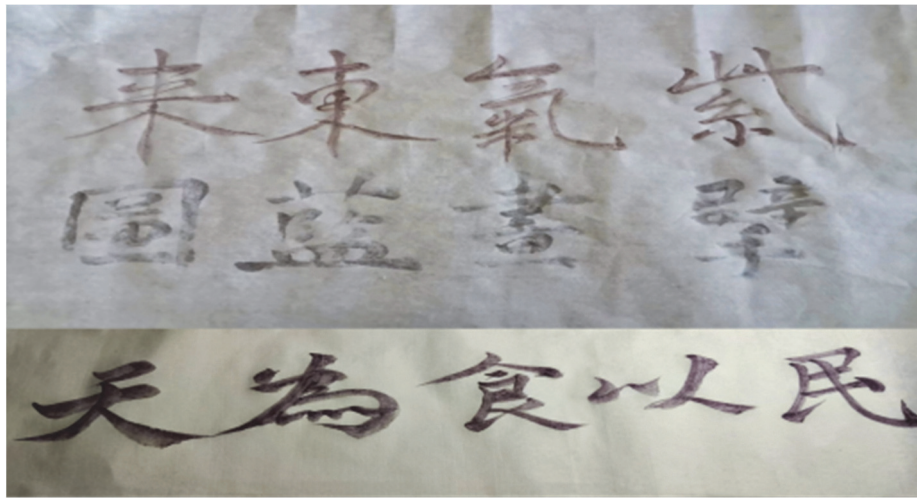


图9 书法创作展示效果

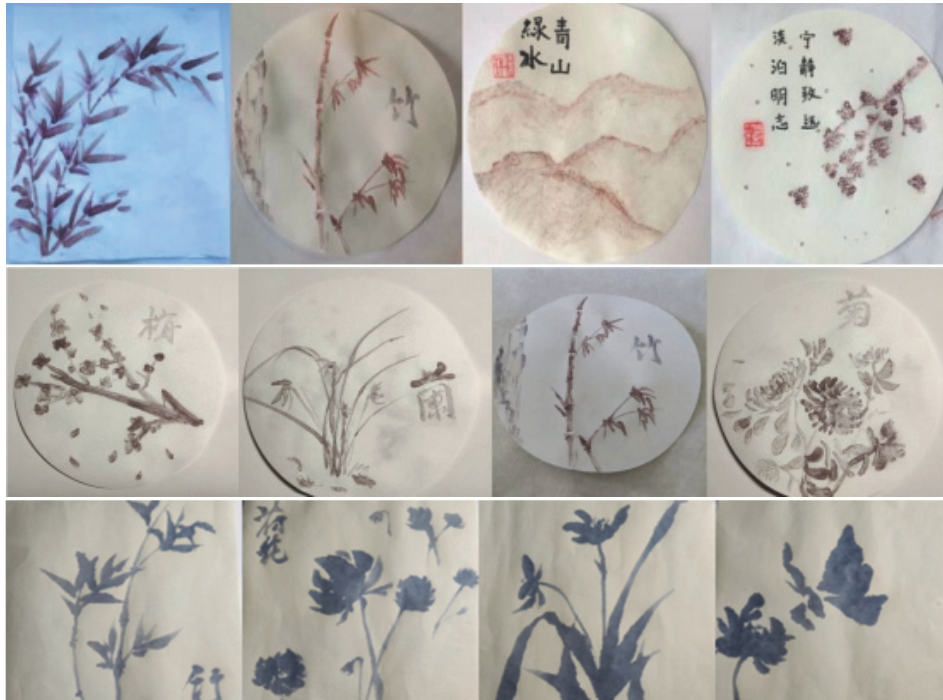


图10 绘画创作效果展示

## 3.2 互动方案

面向幼儿园小学生、中学生、大学生及社会大众等不同知识储备的人群实现梯度科普，受众人群广泛，趣味性强，不同受众感受色彩之美与化学之趣，激发对化学的热情和兴趣，培养创新探索思维。梯度科普具体活动方案如下。

### 3.2.1 面向幼儿园小学生群体

选取不同种类的淀粉如普通面粉、饺子粉、富强粉等及富含淀粉的常见食物如土豆、红薯等，感受不同种类淀粉遇碘显色不同的色彩之美，展示颜色变化之趣。2017年2月教育部办公厅印发《教育部办公厅关于做好中小学课后服务工作的指导意见》<sup>[5]</sup>及2021年7月，中办、国办印发《关于进一步减轻义务教育阶段学生作业负担和校外培训负担的意见》<sup>[6]</sup>，结合“双减”政策背景下课后延时服务，在学校老师或者家长的陪伴下，利用家中面粉控制面粉量的不同遇碘变色后的不同颜色，让小朋友观察淀粉遇上碘溶液会发生变色，而且颜色多种多样，激发小朋友的兴趣。

可以利用多色溶液制备绿色环保墨水，让小朋友尝试书写、简笔画创作等，绿色环保安全，无毒有害物质，小朋友们放心使用。还可通过“会游泳的毛毛虫”、变换淀粉与碘伏使用顺序尝试神奇变色书信，感受神奇的“无字天书”。淀粉是人类能量的主要来源，告诉小朋友们要珍惜粮食，一粥一饭当思来之不易，一丝一缕恒念物力维艰。

### 3.2.2 面向中学生群体

淀粉遇碘变蓝这一特性因其显色反应灵敏而被广泛用于检测碘或淀粉的存在实验中。中学生物课程多处涉及淀粉，如淀粉的鉴定、酶的专一性、淀粉酶等，中学化学课程涉及淀粉碘化钾试纸用来定性检验氧化性物质的存在等。可将此设计成探索创新实验，中学生可以在家中利用不同的面粉以及常见含有淀粉的食物，例如土豆、玉米等，探究不同淀粉以及淀粉浓度对显色的影响。培养中学生探索创新思维，深刻认识结构决定性质的化学原理，要懂得透过现象看本质，感受色彩之美与化学之趣，激发学习化学的热情与兴趣。

### 3.2.3 面向大学生群体

作为大学生，比高中具有更多实践的机会，更需创新训练。探究多种因素对淀粉显色变化影响，科普淀粉遇碘显色原理及淀粉分类组成结构，深刻体会结构决定性质的涵义，助力培养创新化学实验思维，提高自身科学素养。利于不同颜色淀粉进行书法国画创作，坚定文化自信。利用淀粉碘液柠檬和过氧化氢消毒液进行神奇的碘钟反应。碘钟反应是一种化学振荡反应，将两种(或三种)无色的液体混合在一起，并在几秒钟后变成靛蓝色(图11)。科普利用碘熏法进行事故现场指纹勘查与提取。科普淀粉是一种天然高分子化合物，天然绿色环保，结合科技前沿科普其是一种符合绿色环保可持续发展理念的环境材料以及发展淀粉基功能材料的重要性。科普利用淀粉制作非牛顿流体，非牛顿流体属于剪切增稠流体，具有“遇强则强、遇弱则弱”的特性。利用这一特性，可以制成柔软的防弹衣，克服传统防弹衣硬而重的特点。科普我国科学家经历长达6年多科研攻关，实现了世界上首次实验室由二氧化碳从头合成淀粉，是我国继1965年世界上首次人工合成结晶牛胰岛素后的又一“0到1”原创性成果，引导大学生创新探索，坚定创新自信，抢抓创新机遇，勇攀科技高峰，努力实现高水平科技自立自强。

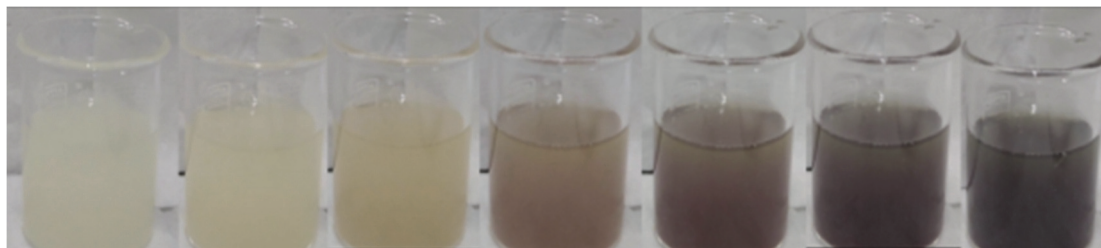


图11 碘钟反应变色过程

### 3.2.4 面向社会大众群体

民以食为天，碳水化合物、脂肪、蛋白质是三大营养来源。淀粉是一种常见的碳水化合物，淀粉和面粉是两个完全不同的概念。面粉是由各种谷物研磨而成的粉，不仅含有碳水化合物，还含有蛋白质、脂肪、矿物质、维生素等。而淀粉只是一种碳水化合物，分为直链淀粉与支链淀粉两种结构，直链遇碘显蓝色，支链遇碘显紫色，并不是人们熟知的淀粉遇碘都显蓝色。在日常生活所吃的大米中，就含有直链淀粉与支链淀粉这两种不同的淀粉，直链淀粉与支链淀粉组成比例会因产地不同而不同。比如常吃的粳米和籼米，粳米的支链淀粉含量高、出饭率较低，而籼米直链淀粉含量高、出饭率较高。直链淀粉和支链淀粉分子结构的不同决定了其性质不同，因此使其在烹饪制作时表现不同：直链淀粉可溶于热水，其溶液较稀，不易形成糊状，比较经熬经煮。支链淀粉粘性较大，不溶于冷水，与热水易形成浆糊，因此，加压加温溶解后的溶液较粘稠，用高压锅长时间煮出来的粥会更浓稠。支链淀粉比直链淀粉相对分子量大、水溶性差，难于被人体消化吸收。糯米、糯玉米等糯性食物中支链淀粉含量较高，有时可高达99%，因此，糯性食物不易被消化，对于消化能力较弱的老人、儿童等人群需提醒其适量吃，吃糯米粽子时要告诫其不宜多吃。并且要提醒其健康饮食、预防糖尿病等。造成植物中直链淀粉和支链淀粉含量差异的因素有很多，除植物品种本身差别外，环境因素也非常重要。例如，在高温环境中植物相对更易形成直链淀粉。生活中有很多大家感同身受实例，例如，我国南方比北方气温高，使得东北大米(粳米)和南方大米(籼米)吃起来的口感明显不同。粳米直链淀粉低、支链淀粉高，因此，东北大米质软，黏性适中，且支链淀粉不易老化，因此具有“剩饭不回生”的特点。南方大米直链淀粉含量高，黏性较差，煮熟之后米粒颗颗松散，适合用作炒饭。

## 4 结语

本科普实验探究了不同种类淀粉在相同条件下与碘显色不同，具有安全、绿色、有趣、易操作等特点，可面向不同受众人群，实现梯度科普，让受众了解淀粉遇碘不一定变蓝，其显色与淀粉组成即直链淀粉和支链淀粉含量有关。通过碘与淀粉不同显色原理制备多色彩环保墨水，融合书法、国画等中华优秀传统文化进行书写绘画创作，展现化学之美，感受色彩之趣。根据受众人群特点，设计不同层次实验展示和互动方案，科普碘钟、非牛顿流体、人工合成淀粉等科技前沿知识，助力公众了解科学，树立科学理念，动手体验化学实验的奇妙和乐趣，展现化学的趣味与魅力，感受色彩之美，启发学生对化学的兴趣与热爱，在青少年心中埋下化学种子，开启神奇化学探索之旅。通过活动，不仅收获有趣的化学知识，同时坚定“强国有我、奋发报国”的理想信念。

## 参 考 文 献

- [1] 王新芳, 范才萌. 教学仪器与实验, 2008, No. 11, 7.
- [2] 张启亚. 江苏教育, 1989, No. 11, 37.
- [3] 徐建芸. 中学生物教学, 2008, No. 3, 43.
- [4] 王瑛. 化学教学, 2007, No. 1, 75.
- [5] 教育部办公厅关于做好中小学课后服务工作的指导意见. [2024-04-05].  
[http://www.moe.gov.cn/srsite/A06/s3325/201703/t20170304\\_298203.html?eqid=ce1e0f030000159f00000004642eb763](http://www.moe.gov.cn/srsite/A06/s3325/201703/t20170304_298203.html?eqid=ce1e0f030000159f00000004642eb763)
- [6] 关于进一步减轻义务教育阶段学生作业负担和校外培训负担的意见. [2024-04-05].  
[https://www.gov.cn/zhengce/2021-07/24/content\\_5627132.htm?eqid=e86d237c000b897a000000036479e1ec](https://www.gov.cn/zhengce/2021-07/24/content_5627132.htm?eqid=e86d237c000b897a000000036479e1ec)