

传承千年的豆腐智慧

——方便果蔬豆腐脑的研究

常州市新北区百草园小学

一、研究背景

后疫情时代，春节假期，从各地热门景点限流来看，人们的旅行需求从短时间、近距离的周边游开始向中远程旅游释放。2023年2月6日起，国家也将试点恢复旅行社经营中国公民赴有关国家出境团队旅游业务。方便面、冲泡米饭、自热火锅……，沉寂多时的旅行快速食品也再次风靡。豆腐是一种传统的大豆制品，在我国有着悠久的历史。作为优质蛋白质廉价的来源，深受人们喜爱。那能否研制一种方便果蔬豆腐脑，让人们在野外露营时、旅途中也能快速享受到豆腐的营养美味呢？沿袭着2100年前传承下来的豆腐智慧，我们开始了研究。

二、研究目标

希望研制操作方便，可野外、旅途速食的方便果蔬豆腐脑，扩大传统美食的影响力。

三、研究过程

1. 开展调查——了解市售方便豆腐脑粉的基本情况

经过调查，我们发现目前市场上出售的方便豆腐脑粉，主要有两类。一种是混合型，将豆浆粉与凝固剂混合在一起。另外一种为非混合型，即豆粉与凝固剂分开包装。

对于混合型方便豆腐脑，主要存在的问题时：一是冲调时，豆浆粉容易抱团、无法迅速在水中溶解，直接影响后续豆腐脑成型。二是有的产品口感偏甜，后续无法调味做成豆花，也不适合糖尿病患者食用。

对于非混合型豆腐脑，主要存在问题时：一是需要加热设备，对产品进行热加温。二是凝固剂往往是整包装的，使用者很难控制添加量。

此外，也没有发现有速食方便果蔬豆腐脑产品，我对自己的研究更有信心了。



2. 查阅资料——了解豆腐脑成型的基本原理

市场调查让我们产生了两个困惑。一为什么大部分混合型方便豆腐脑是甜的?二从豆浆到豆腐脑成型，基本原理是什么呢？我们开始了资料查阅，获得了以下信息：

- (1) 豆腐脑其实是豆浆加工后添加凝固剂制成的具有凝胶网络结构的植物蛋白产品。
- (2) 为保证豆浆粉在复溶时能快速分散、溶解，并具有较好的凝胶效果，往往会在生产中添加麦芽糊精、糖浆等糖类物质。

(3) 豆浆凝固成豆腐脑，是发生了大豆蛋白的凝胶过程，需要使用到大豆蛋白凝固剂。目前广泛使用的大豆蛋白凝固剂有3类：盐类，如氯化镁、氯化钙等；酸类，如葡萄糖酸- δ -内酯；酶类，如

胰蛋白酶、木瓜蛋白酶及微生物谷氨酰胺转氨酶等。

(4) 豆腐脑的凝胶特性与大豆中蛋白的热变性程度密切相关，豆腐花凝胶形成的前提是大豆蛋白必须经过热处理，一般是 80~95 °C。煮浆或喷雾干燥工序中的热处理如果不足或过度，对大豆蛋白顺利凝胶都有影响。



3. 资料整理与分析——明确研究方向

经过对前期收集资料的整理与分析，在老师的帮助下，我们明确了研究的方向。

(1) 探究豆浆粉的制备方法，使豆浆粉易溶于水、原味，并且在合适的温度下加入凝固剂时易凝固。

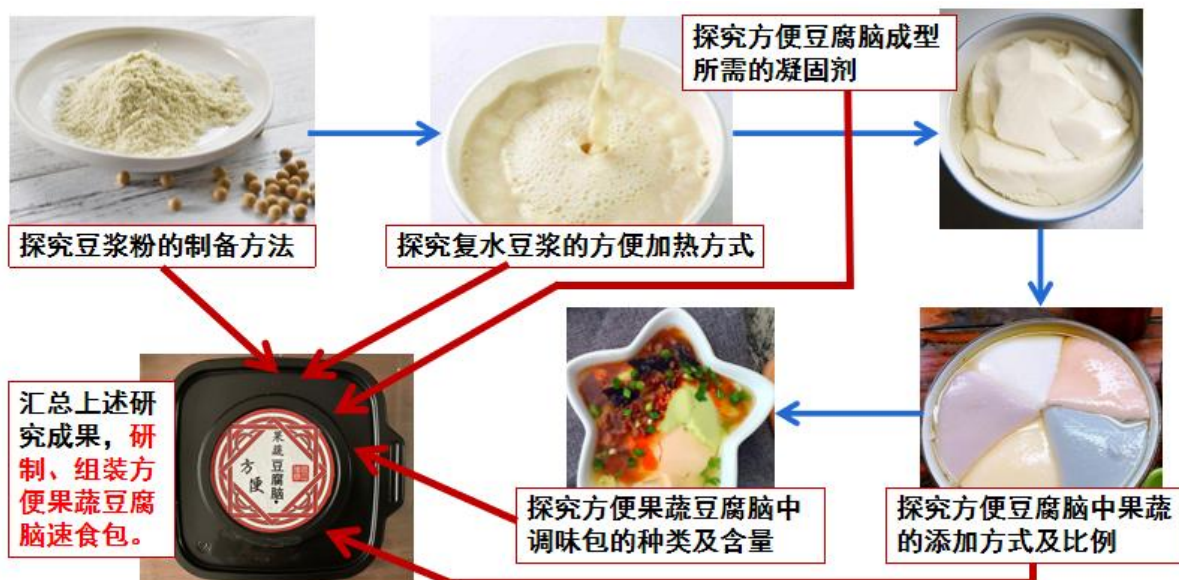
(2) 探究复水豆浆的方便加热方式。既能达到大豆蛋白凝胶所需的温度，又操作便捷，适合野餐时、旅途中操作。

(3) 探究方便豆腐脑成型所需的凝固剂。能满足口感及操作简便的需求。

(4) 探究方便豆腐脑中果蔬的添加方式及比例，进一步提升方便豆腐脑的营养价值。

(5) 探究方便果蔬豆腐脑中调味包的种类及含量，让果蔬豆腐脑颜值与口感兼具。

(6) 汇总上述研究成果，研制、组装方便果蔬豆腐脑速食包。



4. 研究实验 1——探究豆浆粉的制备

通过资料查阅，我们了解到常见的豆浆粉制备有两种方法：

方法 1（样品 1）：煮浆（热处理）→均质→喷雾干燥→冲调。

方法 2（样品 2）：均质→喷雾干燥→冲调→煮浆（热处理）。

接着，我们上网联系相关商家定制了两款样品，并参考了市售豆浆粉的冲饮及方便豆腐脑粉的冲调比例的进了实验。

实验（1）：

材料：样品 90 克*3、纯净热水 900 克*3、葡萄糖酸- δ -内酯 2 克*3

过程：分别用 80℃/90℃/95℃纯净水冲调豆浆粉样品 1，等混合均匀后，撇掉浮末，加入葡萄糖酸- δ -内酯搅拌，然后盖上盖子、静置等待 10 分钟。

结果：三次操作，凝胶基本没有形成，豆腐脑制作失败。

实验（2）：

材料：样品 90 克*3、纯净热水 900 克*3、葡萄糖酸- δ -内酯 2 克*3

过程：将纯净水加热到 40℃时，放入豆浆粉样品 2 混合均匀，然后分别煮浆到 80℃/90℃/95℃，撇掉浮末，加入葡萄糖酸- δ -内酯搅拌，然后盖上盖子、静置等待 10 分钟。

结果：三次操作，凝胶顺利形成，豆腐脑制作成功。

分析原因及得出结果：

虽然一个采用冲调、一个加热，但其实温度基本差不多，即便 80℃水加入豆浆粉后，温度降低，没能达到了凝胶温度。95℃的冲调温度在略降温后肯定是符合的，为什么出现了样品 1 三次都制作失败呢。

对比两种制粉方式，样品 1 进行了原材料的热处理。在指导老师的帮助下，我们了解了大豆蛋白热变性处理与凝胶形成的相关研究，终于找到了答案：在喷雾干燥前进行热处理的样品 1，其中的蛋白经过两次热变性处理，已经几乎不能形成凝胶了。

我们也得到了结果：制作方便豆腐脑需要采用在干燥前未进行热处理的豆浆粉。

5. 研究实验 2——探究复水豆浆的方便加热方式

复水豆浆凝胶成豆腐脑温度的一般是 80~95℃，如果采取冲调的方式，这个水温在野餐时和旅途中是很难确保的。所以，我们的研究方向是考虑实现方便加热，这样即便手头只有冷水，也能吃到热豆腐花。

关于加热，我们首先想到的就是自热米饭中的加热包，加点水，过一会儿热乎乎的水汽就出现了，十几分钟后饭菜就热了。不用电、也不烧煤气，很适合我们的想法。

我们也继续了解了加热包的发热原理。加热包的主要成分一般是：碳酸钠、焙烧硅藻土、铁粉、铝粉、焦炭粉、活性炭、盐，生石灰等。加入水后，利用石灰中的氧化钙遇水放热的化学反应，释放热能并产生蒸汽，从而煮熟食物。温度可高达 150 度以上，蒸汽温度达 200 度。

加热包使用确定后，接下就是使用多少克重量加热包的问题了。

实验材料（1）：加热包 50 克、加热包用水 150 克、纯净水 500 克

实验材料（2）：加热包 70 克、加热包用水 210 克、纯净水 500 克

实验过程 1：使用双层饭盒，底层平放发热包，然后添加发热用水，接着迅速将上层放有 500 克纯净水的饭盒叠放上去，然后开盖煮。并随测温度。同样操作三次，取平均值。

实验数据 1：

50 克/70 克加热包（开盖）测温（室温 26.4℃，水温 27.1℃）：

时间（分钟）	50 克加热包（开盖）	70 克加热包（开盖）
1	34.8℃	30.8℃
2	37.1℃	33.9℃
3	43.3℃	36.6℃
4	49.2℃	39.9℃
5	54.1℃	47.3℃

6	57.3℃	56.6℃
7	64.9℃	63.6℃
8	68.3℃	68.4℃
9	70.5℃	74.9℃
10	72.6℃	75.6℃
11	74.5℃	77.3℃
12	74.5℃	78.2℃
13	73.9℃	78.8℃
14	73.2℃	79.1℃
15	72.2℃	78.5℃

实验结果:

(1) 加热功能明显, 加热常温水, 50 克加热包在 11、12 分钟时出现温度峰值。70 克加热包在 14 分钟时出现温度峰值。

(2) 但开盖加热后, 两个加热包都没有能达到 80℃ 的温度。

实验过程 2: 使用双层饭盒, 底层平放发热包, 然后添加发热用水, 接着迅速将上层放有 500 克纯净水的饭盒叠放上去, 然后加盖煮。并随测温度。同样操作三次, 取平均值。

实验数据 2:

50 克/70 克加热包 (加盖) 测温 (室温 26.4℃, 水温 27.1℃):

时间 (分钟)	50 克加热包 (加盖)	70 克加热包 (加盖)
1	33.9℃	30.4℃
2	38.9℃	34.6℃
3	44.9℃	36.5℃
4	49.3℃	43.8℃
5	53.2℃	50.6℃
6	58.1℃	58.8℃
7	63.9℃	67.9℃
8	69.1℃	75.2℃
9	72.4℃	81.1℃
10	76.3℃	84.8℃
11	79.6℃	88.1℃
12	81.8℃	90.6℃
13	82.8℃	91.8℃
14	84.1℃	92.5℃
15	83.9℃	93.1℃
16	83.9℃	93.5℃

实验结果: 加热功能更加明显, 加热常温水, 50 克加热包在 11 分钟时达到了 80℃。14 分钟出现峰值。70 克加热包在在 11 分钟时达到了 80℃, 并且在 16 分钟后还有持续加热趋势。因此, 确定加盖加热方式更合适。

那室温的变化会对加热包加热造成影响吗? 在冬天, 我们继续了上述实验。

实验数据 3:

50 克/70 克加热包 (加盖) 测温 (室温 7.3℃, 水温 9.3℃):

时间 (分钟)	50 克加热包 (加盖)	70 克加热包 (加盖)
---------	--------------	--------------

1	9.3℃	9.3℃
2	13.6℃	9.3℃
3	22.3℃	17.6℃
4	29.2℃	26.1℃
5	35.5℃	32.6℃
6	41.1℃	38.8℃
7	48.2℃	46.5℃
8	52.5℃	53.9℃
9	58.2℃	60.5℃
10	61.6℃	67.4℃
11	65.1℃	72.6℃
12	67.4℃	76.6℃
13	69.1℃	79.5℃
14	70.2℃	81.3℃
15	71.2℃	82.1℃
16	71.4℃	82.4℃
17	71.2℃	82.2℃

实验结果：室温对加热包的效果是有影响的，使用 50 克的加热包无法达到 80℃。70 克的加热包也需要在 14 分钟时才能 80℃。而且，由于水温低，无论 50 克还是 70 克的加热包都不能迅速产生加热反应，都需要静置 1 分多钟后才开始加热。所以，冬天的加热时间需要适当延长。

得出结果：综合环保、低耗等因素，夏天可以用 50 克加热包作为加热源。冬天，室温比较低，选用 70 克加热包作为加热源，并且还要适当延长加热时间。



6. 研究实验 3——探究方便豆腐脑成型所需的凝固剂

葡萄糖酸- δ -内酯（GDL）是较为常见的大豆蛋白凝固剂，制成的豆腐脑保水性好，质地细腻、滑嫩可口，并具有防腐作用。但缺陷是缺少豆香味，添加量稍多就会出现较明显的酸味。所以，我们希望在凝固剂的选择方面再探究一下。有相关研究显示，复配 GDL、氯化钙和氯化镁以 10:2:3 混合时，能制成品质和感官更优质的豆腐。我们准备对比尝试一下。

（1）制定豆腐脑感官评定标准

项目	标准	分值
色泽	白色	20
	浅黄色	10
气味	有豆香味，无异味	20
	基本正常，微含酸味	15
	酸味等异味明显	10
组织状态	软硬适宜、块形完整	20
	较偏软、块形较完整	15
	基本无硬度、不成块	10
口感	口感嫩滑	20
	口感略有渣感	15
	口感粗糙	10
断面结构	断面整齐，表面光滑	20
	断面较整齐，表面较光滑	15
	断面不成型，表面粗糙	10

（2）凝固剂试用实验

实验材料 1: 干燥前未进行热处理的豆浆粉 90 克、纯净水 900 克、葡萄糖酸- δ -内酯（GDL）2 克

实验材料 2: 干燥前未进行热处理的豆浆粉 90 克、纯净水 900 克、葡萄糖酸- δ -内酯（GDL）1.3 克、氯化钙 0.3 克、氯化镁 0.4 克

实验过程: 将纯净水加温到 40℃，添加豆浆粉并混合均匀，然后继续加温到沸腾。关火后降温到 90℃ 左右添加葡萄糖酸- δ -内酯（GDL）2 克/复配凝固剂（葡萄糖酸- δ -内酯（GDL）1.3 克、氯化钙 0.3 克、氯化镁 0.4 克）

结果: 邀请家人及周围邻居共 10 人参与了品尝，结果发现得分差距并不大，使用复配凝固剂的制品得分仅仅略高于单一使用 GDL 的制品得分。而复配添加剂既增加了工艺流程，还涉及到复配剂中的每一种成分是否都有不适用人群，让产品的禁忌人群增加。因此，准备继续使用单一凝固剂——葡萄糖酸- δ -内酯。

7. 原味速食方便豆腐脑的试制

当解决了豆浆粉、加热包、凝固剂的问题后，我们的原味速食方便豆腐脑试制开始了。

实验材料: 双层饭盒（内盒容量 1000 毫升、外盒容量 1500 毫升）、干燥前未进行热处理的豆浆粉 45 克、纯净水 450 克、葡萄糖酸- δ -内酯（GDL）1 克、50 克加热包 1 个、加热包用水 150 克。

实验过程:

1、饭盒底层平放发热包，然后添加发热用水，接着迅速将上层放有 450 克纯净水的饭盒叠放上去，然后加盖煮。

2、当纯净水加温 3 分钟后，开盒添加豆浆粉并混合均匀，然后继续加温。大约 8 分钟后，开盒，

撇掉浮末，再将内盒端出，接着添加葡萄糖酸- δ -内酯（GDL），搅拌均匀后，盖盖静置 10 分钟。

实验结果：方便豆腐脑表面光滑，块形完整，口感嫩滑，制作成功。



制作中



成品不佳



不断尝试



成功啦

8. 探究速食方便豆腐脑中果蔬的添加方式及比例

（1）确定果蔬添加方式

原味豆腐脑制作成功后，就要进一步考虑方便果蔬豆腐脑的制作了。常规的果蔬豆腐都是直接添加果蔬汁制作的。而市售的果蔬豆浆粉都是采用的在煮浆时添加果蔬汁后一起热处理再均质、喷雾干燥后制成的。而这样的豆浆粉是无法制作豆腐脑的。所以我们准备采用制作豆腐脑时添加果蔬粉的方法。

（2）关于果蔬粉的选择

常见果蔬粉的制作有冻干和热风烘干两种。

冻干果蔬粉，是通过食品真空冷冻干燥机将果蔬低温冻干加工成的脱水蔬菜水果干，然后再采用超微粉碎技术，把冻干的果蔬制成极易消化吸收的超微粉末。这种低温冻干的工艺不仅保持了果蔬的色、香、味，而且还能最大限度地保存果蔬中的维生素、蛋白质等营养物质。

烘干果蔬粉是将果蔬原料先干燥脱水，再进一步粉碎；或先打浆，均质后再进行喷雾干燥而成的粉末状果蔬颗粒。

两者对比，准备采用冻干果蔬粉。

（3）果蔬粉的添加比例

在茶汁豆腐制作中，茶叶的添加量是黄豆的 2%；在杏仁豆腐制作中，杏仁的添加量是黄豆的 6%；而咖啡豆腐制作中，咖啡粉的添加量是黄豆的 8%。

考虑到黄豆还需要脱皮，除去不可用部分。豆浆粉已经是纯粉，我们准备在 45 克豆浆粉中分别添加 2 克（4.45%）、3 克（6.67%）、4 克（8.89%）果蔬粉做尝试。

实验材料 1 组：双层饭盒（内盒容量 1000 毫升、外盒容量 1500 毫升）、干燥前未进行热处理的豆浆粉 45 克、纯净水 450 克、葡萄糖酸- δ -内酯（GDL）1 克、50 克加热包 1 个、加热包用水 150 克、冻干菠菜粉 2 克/3 克/4 克。

实验材料 2 组：双层饭盒（内盒容量 1000 毫升、外盒容量 1500 毫升）、干燥前未进行热处理的豆浆粉 45 克、纯净水 450 克、葡萄糖酸- δ -内酯（GDL）1 克、50 克加热包 1 个、加热包用水 150 克、冻干紫薯粉 2 克/3 克/4 克。

实验材料 2 组：双层饭盒（内盒容量 1000 毫升、外盒容量 1500 毫升）、干燥前未进行热处理的豆浆粉 45 克、纯净水 450 克、葡萄糖酸- δ -内酯（GDL）1 克、50 克加热包 1 个、加热包用水 150 克、冻干草莓粉 2 克/3 克/4 克。

实验过程：1、饭盒底层平放发热包，然后添加加热用水，接着迅速将上层放有 450 克纯净水的饭盒叠放上去，然后加盖煮。

2、当纯净水加温 3 分钟后，开盒添加豆浆粉和果蔬粉并混合均匀，然后继续加温，大约 8 分钟后，开盒，撇掉浮末，再将内盒端出，接着添加葡萄糖酸- δ -内酯（GDL），搅拌均匀后，盖盖静置 10 分钟。

实验结果：冻干菠菜粉和冻干紫薯粉在用量 2 克和 3 克时，制成的豆腐脑块形完整，口感嫩滑，表面略有浮粉。但冻干菠菜粉使用到 4 克时，表面浮粉明显增多。冻干紫薯粉用到 4 克时，豆腐脑能品尝出微甜感。而使用草莓冻干粉，豆腐脑能成型，但断面不整齐，酸味明显，还有渣感。探究原因，可能与草莓冻干粉本身含有的酸性物质有关。所以，综合效果与用料成本，准备暂时避开用性质不明的酸性果蔬冻干粉，将果蔬粉的用量控制在 3 克，使速食方便豆腐脑中果蔬粉含量达到 6.67% 左右。





备足材料

尝试制作



不太成功的草莓豆腐脑



比较成功的紫薯豆腐脑

9. 探究方便果蔬豆腐脑中调味包的种类及含量

原味豆腐脑在食用时是需要配有料包的。豆腐脑调味的要求一般是色泽鲜艳、咸鲜适口、香味浓郁。而传统的豆腐脑调味一般用酱油、麻油、葱花、白糖、虾皮及紫菜。而我们也准备遵循古法调味，寻找品质较好的调味品。

(1) 确定调料种类

经过资料查阅、请教专业厨师和结合我们家使用调料的经验，我们确定了方便果蔬豆腐脑的调料种类：

淡干虾皮也叫生晒虾皮，毛虾直接晒干，盐分更少，并且由于没有煮熟环节，整体形态也更加饱满，鲜度高，口感佳。可以直接食用，富含丰富的蛋白质和微量元素。

头水紫菜，第一次长成的紫菜，头次采割。头水紫菜的产量低，是紫菜中的极品，食用口感最佳。头水紫菜还富含多种生命活性物质，如多糖、高不饱和脂肪酸、牛黄酸、类胡萝卜素、甾醇等。

生抽酱油：是酱油中的一个品种，以大豆或黑豆、面粉为主要原料，人工接入种曲，经天然露晒，发酵而成。生抽颜色比较淡，呈红褐色。

小磨香油：采用石磨研磨，水代法提油(100℃以下)，属于纯物理方法制油，与压榨法、溶剂法等现代制油工艺相比具有操作温度低、营养成分及香味物质损失少的优点，外观呈琥珀色、香味浓郁、口感绵长。

香葱粒与青蒜末：冻干制取，最大程度保存营养。

复合香辣粉：用辣椒粉掺和芝麻粉、少许香料粉调配而成，香辣扑鼻。

(2) 确定调料含量

参考了 500 克豆腐脑的调料用量，再综合考虑了每个人的口味有轻重，所以酱油包适当多准备了一些量，让口味重的人可以自己调节。还准备了冻干葱花和冻干大蒜包供选择使用。

最终确定调料用量：生抽酱油 18 克、小磨麻油 3 克、淡干虾皮 3 克、紫菜 2 克、冻干葱花 0.5 克、冻干大蒜 0.5 克、香辣粉 3 克

四、研究结果

综合豆浆粉制备、复水豆浆方便加热方式、方便豆腐脑成型凝固剂、方便豆腐脑中果蔬的添加方式及比例、方便果蔬豆腐脑中调味包的种类及含量等系列研究后，我们开始研制、组装方便果蔬豆腐脑速食包。

1. 方便果蔬豆腐脑速食包材料构成

双层饭盒（内盒容量 1000 毫升、外盒容量 1500 毫升）、干燥前未进行热处理的豆浆粉 45 克、葡萄糖酸- δ -内酯（GDL）1 克、50/70 克加热包 1 个、冻干果蔬粉 3 克、淡干虾皮 3 克、头水紫菜 2 克、生抽酱油 18 克、小磨香油 3 克、香葱粒 0.5 克、青蒜末 0.5 克、香辣粉 3 克、迷你打蛋器 1 个、小号调匙 1 个。

2. 方便果蔬豆腐脑速食包食用说明

A 饭盒底层平放 50/70 克发热包，然后添加发热用水 150/210 克，接着迅速将上层放有 450 克纯净水的内盒叠放上去，加盖煮。

B 当纯净水加温 3 分钟后，开盒添加豆浆粉和果蔬粉，并用打蛋器混合搅拌均匀，然后继续加温。大约 8 分钟（冬季延长 2 分钟）后，开盒，撇掉浮末，再将内盒端出，接着添加葡萄糖酸- δ -内酯（GDL），搅拌均匀后，加盖静置 10 分钟。

C 打开盖子，根据自己的口味添加调料后食用。



3. 成本核算及推广市售前景分析

(1) 材料价格亲民

物品	价格（元）	物品	价格（元）
双层饭盒	3	淡干虾皮 3 克	0.5
70 克加热包	1.2	头水紫菜 2 克	0.2
迷你打蛋器 1 个	2.8	生抽酱油 18 克	0.25
小号调匙 1 个	3	小磨香油 3 克	0.15
豆浆粉 45 克	2.6	香葱粒 0.5 克	0.6
葡萄糖酸- δ -内酯 1 克	0.2	青蒜末 0.5 克	0.55
冻干果蔬粉 3 克	1	香辣粉 3 克	0.3
合计	16.35 元		

目前，以原材料的零售价格来算，成本价是 16.35 元，其中迷你打蛋器和不锈钢勺还能继续使用。如果原材料批量集中采购，原材料成本价格还能继续降低。



(2) 食用操作方便

速食包样品研制出来后，我们还邀请同学及亲友好友进行了试吃，大家的普遍反映都是一次成功、食用方便。试吃者中最小的一年级小朋友也能按照说明书完成操作，食用到了美味的豆腐花。

(3) 也可集体分享

此外，由于喜爱豆腐花的人比较多，针对于户外集体分享食用的问题，还可以按比例增加食材和加热包，将双层饭盒更换成一次性双层锡纸锅，制作成大包装方便豆腐脑速食包。



所以速食方便豆腐脑是有市场销售前景的。

五、后续研究设想

1. 探究更环保的速食加热方式。
2. 增加果蔬豆腐脑的种类，研制甜豆腐脑的配料。

组 长： 蒋雨潼

小组成员： 王文豪、 方明一、陈久睿、陈昊、恽宇辰、董思琦、郭珂馨

指导老师： 卜玺、袁博