

# 腐竹加工技术及品质影响因素的研究进展

李永吉, 曾茂茂, 何志勇, 陈洁\*

(江南大学 食品科学与技术国家重点实验室, 江苏 无锡 214122)

**摘要:** 腐竹是我国一种历史悠久的传统豆制品, 深受消费者喜爱。本文从腐竹目前的加工技术和主要产品种类及特点出发, 介绍腐竹产品的形成机理和内部结构, 重点讨论影响腐竹产率的主要因素, 对大豆品种品质、加工过程豆浆质量浓度以及温度和加热方式对腐竹产率的影响进行分析; 介绍影响腐竹品质的主要因素, 包括影响腐竹颜色、机械性能、复水性以及耐煮性的一些因素及其控制途径; 并对腐竹中目前添加剂的使用和效果进行概述。最后对腐竹的研究现状进行总结, 并对研究领域未来发展趋势进行展望。

**关键词:** 腐竹; 形成机理; 产率; 品质

## Research Progress of Yuba Stick Processing Technologies and Factors Affecting Its Quality

LI Yong-ji, ZENG Mao-mao, HE Zhi-yong, CHEN Jie\*

(State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

**Abstract:** Yuba stick is a traditional soybean product with a long history of consumption, which is popular among Chinese consumers. The mechanism of Yuba formation and its internal structure are outlined in this paper, beginning with a description of the main processing technologies currently available for Yuba sticks as well as the major commercial products and their features. The emphasis is on discussing some major factors influencing the yield of Yuba sticks such as soybean cultivar, soybean milk concentration, temperature and heating methods as well as those influencing the quality of Yuba sticks as evaluated by color, mechanical properties, rehydration and cooking tolerance and corresponding control measures. In addition, an overview is presented on recent applications and efficacy of food additives in Yuba. Finally, the current situation of research on Yuba sticks is summarized and future trends in its development are prospected.

**Key words:** Yuba stick; formation mechanism; yield; quality

中图分类号: TS214.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)23-0333-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201323067

腐竹(Yuba), 又名豆腐皮、豆竹、豆笋等<sup>[1]</sup>, 起源于唐朝, 距今已有一千多年的历史。在李时珍所著《本草纲目》中便记载, 将豆浆加热时, 表面出现一层膜, 将膜取出、成型, 干燥后即得腐竹。腐竹其实为一种豆腐皮, 早期将豆腐皮揭起时卷曲成筒, 晒干后貌似竹子, 所以称为腐竹。随着腐竹的不断发展, 腐竹产品形式不断多样化, 现在将该方法生产的各式豆腐皮一般都统称为腐竹。腐竹营养成分含量丰富, 蛋白质含量约50%, 脂肪含量约25%, 碳水化合物含量约20%<sup>[2]</sup>, 还含有异黄酮、磷脂等, 为豆制品中的佼佼者。同时由于其滋味鲜美、口感独特、食用方法多样、易于保存, 深受广大消费者的喜爱<sup>[3-4]</sup>。

传统腐竹是以大豆为原料, 经过选豆、泡豆、磨

浆、煮浆、滤浆、揭竹、烘干、包装等工艺而制成<sup>[5]</sup>。

目前, 一些新型腐竹的研究特别是新工艺、新原料的使用也为腐竹生产带来了新的活力<sup>[6-7]</sup>。但由于腐竹企业生产大多以经验控制为主, 缺乏深入细致的研究, 致使腐竹品质不稳定<sup>[8]</sup>, 大豆利用率低<sup>[9]</sup>, 假冒伪劣现象也时有发生<sup>[10-11]</sup>, 因此对影响腐竹品质、安全性以及生产效率的因素进行深入研究显得十分重要。本文主要概述近年来腐竹的加工及研究现状, 重点探讨了腐竹的产品种类及特点、形成机理和内部结构、影响腐竹产率的主要因素和影响腐竹品质的主要因素、添加剂的使用5个部分, 以期对腐竹相关产品的进一步研究以及生产控制提供一定基础。

收稿日期: 2012-10-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(31271946)

作者简介: 李永吉(1988—), 男, 硕士研究生, 主要从事食品加工技术研究。E-mail: tianyuan0824@aliyun.com

\*通信作者: 陈洁(1969—), 女, 教授, 博士, 主要从事食品蛋白质领域研究。E-mail: chenjie@jiangnan.edu.cn

## 1 腐竹的主要产品种类及特点

腐竹通常按照形状的不同分为三类：1)空心圆枝竹，有粗圆枝和细圆枝两种；2)扁竹，又叫三角形腐竹；3)片状腐竹，分方形单边腐竹、方形三边腐竹和圆形单边腐竹。此外，四川、重庆和贵州等某些地方，将锅内结出的豆腐皮用一根木棒卷成圆筒状，再经过蒸制形成圆筒状腐竹，又称为腐竹棍、腐棍、豆棍等。云南有一种豆腐丝，先将片状的豆腐皮卷成圆筒形，然后切成窄窄的、排列整齐的圆圈，圆圈之间并未完全切断，犹如藕断丝连。虽然腐竹的种类多种多样，但其生产方式是一样的，只是挑起薄膜的手法、所用小工具不同，以及后期成型方式不同而已。

近年来，随着消费者营养和健康需求的发展，腐竹新产品也不断出现，通过添加具有一定健康意义、不同风味成分和颜色的辅料，或通过降低产品中的油脂等方式，开发出不少新产品，如银杏腐竹<sup>[12]</sup>、低脂腐竹、高蛋白腐竹、黑豆腐竹<sup>[6]</sup>、花生腐竹<sup>[13]</sup>等。这些腐竹与传统腐竹相比，生产原料不完全相同，但生产工艺几乎一致。

另外，从腐竹产品的保存方式上来看，腐竹又可分为干腐竹和冷冻腐竹。干腐竹最为常见，易于保存和运输，但质地脆，食用时需要较长时间的浸泡；冷冻腐竹质地和口感较好，形式多样，有球状、片状、卷状等，所以应用更加广泛<sup>[14]</sup>。但冷冻腐竹不易保存，一般需要在-30℃条件下速冻30min，然后在-18℃条件下保藏和运输<sup>[15]</sup>。

## 2 腐竹形成机理和内部结构

腐竹的品质，与其组成和内部结构有着一定关系。近年来，很多学者对腐竹的形成机制、组成和产品结构等进行了较多的研究。

通常认为，腐竹是由热变性蛋白质分子的活性反应基团借共价键和氢键结成的蛋白质膜，蛋白质以外的成分在膜形成过程中被包埋在蛋白质网络结构之中<sup>[3]</sup>。渡边笃二<sup>[16]</sup>认为，豆浆加热之后使体系能量增高，蛋白质分子运动加剧，其中某些基团的振动频率及幅度增大，导致原来维持蛋白质分子结构的次级键断裂，使蛋白质空间结构改变，肽链伸展，疏水基团暴露出来，促进分子间通过疏水相互作用形成交联，从而形成腐竹的蛋白质网络构架。Iwabuchi等<sup>[17]</sup>也认为，加热能使蛋白质的疏水性氨基酸残基暴露出来，加上豆浆表面的水分不断蒸发，最终促使蛋白质分子间交联形成薄膜。Gennadios等<sup>[18]</sup>认为加热使蛋白质胶粒内能增加，运动加剧，使得胶粒间的碰撞机会也增多，通过二硫键和疏水相互作用交联，聚合度加大从而形成薄膜。

腐竹的微观结构方面也有不少研究。张杏辉<sup>[19]</sup>利用H-600型透射电子显微镜观察腐竹，发现其蛋白质和脂肪分布具有规律性。他们认为腐竹在干燥过程中，两个外表面的蛋白质干燥速率较中层快，蛋白质挤压相对紧密，间隙少，而中层因失水速率慢，蛋白质排列较疏松，间隙多，所以形成了两个外表面蛋白质排列紧密，中间疏松的“三合板”结构。然而该结论虽然从微观上阐明了腐竹的具体结构，但却不能解释同一锅豆浆所生产的腐竹，前后存在明显的成分差异的问题。Chen等<sup>[20]</sup>对此问题进行深入研究发现，揭竹时豆浆中脂肪所占比例越来越低，蛋白质居中，碳水化合物比例越来越高。分析认为，当加热时豆浆底部温度比表面高，形成温度梯度，底部豆浆和表层豆浆进行循环流动。由于“油体”颗粒较大，易集中于豆浆表面，更容易被形成的腐竹所“接纳”，故在剩余豆浆中所占比例低；蛋白质颗粒居中，在剩余豆浆中所占比例亦居中；碳水化合物为分子状态，在剩余豆浆中所占比例则最高。因此，豆浆中各成分比例不断变化，最终导致腐竹成分的不断变化。针对腐竹的微观结构和形成机理，Chen等<sup>[21]</sup>研究发现，将豆浆超高速离心分层后，“油体”部分加热能形成不稳定膜；可溶性蛋白部分加热不能成膜，而蛋白悬浮颗粒则能形成较好的薄膜，由此认为蛋白悬浮颗粒才是形成腐竹的关键因素。同时他们利用场发射扫描电子显微镜(FESEM)观察了腐竹的两个表面，在不同放大倍数下仔细观察后认为，“油体”、蛋白颗粒和可溶性蛋白均是以“粒子”的形式存在，均属于腐竹内的“结点”，而不是以分子的形式存在。

## 3 影响腐竹产率的主要因素

腐竹的产率是考察一种腐竹生产方法最重要的指标之一，也是生产者最关心的问题。近年来研究表明，影响腐竹产率的因素繁多，从精选黄豆到每一步工艺，几乎都能影响到腐竹的产率<sup>[22]</sup>。

### 3.1 大豆品种及品质

不同品种的大豆，其各组分含量不同，有的甚至相差很大。宋莲军等<sup>[23]</sup>选取了20个品种的大豆测定其理化指标，发现其各成分等都有十分明显的差异，例如粗蛋白含量为37.38%~53.02%，脂肪含量为13.53%~22.78%，总糖含量为12.27%~19.49%，水溶性蛋白含量为17.16%~39.90%，波动幅度很大。

用大豆生产腐竹，由于不同大豆主要成分含量不同，将直接影响到豆浆各主要成分的含量，并最终影响到腐竹的产率<sup>[24]</sup>。杨月<sup>[25]</sup>对此进行深入研究发现，大豆脂肪、总糖含量与腐竹产率呈显著正相关关系；大豆蛋白/脂肪、蛋白/总糖与腐竹产率呈显著负相关关系。张秀

金<sup>[26]</sup>研究也发现,即使豆浆中蛋白含量相同,产率也有所不同,并推测这是由于脂肪含量不同而引起。例如,当豆浆中的蛋白质含量分别为44.0%和44.2%,对应的脂肪含量分别为13.1%和9.6%时,前者将获得较高的腐竹产率和成膜速率。当豆浆中的脂肪含量分别是10.6%和11.1%,同时对应的蛋白含量分别是42.7%和60.6%时,后者将获得较高的腐竹产率和成膜速率。同时,他们还发现随着7S/11S的增加,腐竹产率先增加后减小,当7S/11S为1.40左右时取得最大值,但其作用机理尚不明确。

Alan<sup>[27]</sup>研究发现,随着豆浆中蛋白/脂肪的比值增加,腐竹产率与形成速率先增加后下降,并认为适宜的蛋白与脂肪比例才是腐竹生产的关键。张秀金<sup>[26]</sup>研究结果也认为只有当蛋白和脂肪达到某一恰当比例时,蛋白质和脂肪的利用率才最大,此时腐竹产量才最高,并得出适宜腐竹生产的蛋白/脂肪的比值为2.80~3.00。欧锦强等<sup>[28]</sup>的研究结果也与张秀金<sup>[26]</sup>的相似。但朱石龙<sup>[29]</sup>研究认为,大豆中蛋白质含量越高,腐竹的得率越好,腐竹抗拉强度也越好。

在豆浆中加入多糖,可以显著改变腐竹的性质。郭新华等<sup>[30]</sup>研究证实:随着糊精的增加,膜的抗拉强度增加,而延伸率下降。康宇杰等<sup>[31]</sup>研究发现,添加多糖可以显著改善大豆蛋白膜的机械性能、透氧性和透湿性等。

### 3.2 豆浆质量浓度与浆液深度

豆浆质量浓度指豆浆中固形物含量,浆液深度是指揭竹锅内豆浆的深度。豆浆质量浓度和浆液深度都是影响腐竹产率的重要因素。

欧阳平等<sup>[32]</sup>研究表明:采用传统多次揭竹方式,随着豆浆质量浓度的增加,腐竹产率先增加后下降,当质量浓度为6g/100mL时,达到最大值。同时腐竹产率随着豆浆深度的增加而增大,豆浆深度超过5cm后,产率增幅较少;豆浆深度为7cm时,腐竹产率最高,但此时产品的色泽暗黄,品质较差。李利华等<sup>[22]</sup>通过单因素试验发现,豆浆质量浓度小于5g/100mL时,随着质量浓度增加产率上升极快;质量浓度为5g/100mL时得到最大产率,约48%,此后随着质量浓度增加产率逐步下降。韩智等<sup>[33]</sup>研究也发现,豆浆质量浓度低于5.5g/100mL时,腐竹的产率随着豆浆质量浓度的增加而增大;当豆浆质量浓度大于5.5g/100mL时,腐竹产率反而随其质量浓度增大而降低;质量浓度为5.5g/100mL时,达到最大值9.5g/100mL;而当质量浓度为11.5g/100mL时,豆浆无法成膜,腐竹产率为零。同时腐竹产率随着浆液深度的增加而增大,但浆液深度超过5cm后,产率虽然还在增大,但是增幅大大降低,成膜速率也在下降。

### 3.3 加热方式与温度

腐竹生产时有两个加热部分,第一是煮浆过程,第二是揭竹过程,目前工业上主要采用夹层锅水浴加热方

式,夹层中的水与炉灶用水管连接,以保持恒温。在豆浆中,蛋白含量丰富,电解质多,所以在实验室内,有人采用了新的通电加热方式生产腐竹,并且取得了较好的效果。欧阳平等<sup>[32]</sup>在煮浆过程中,对比了水浴加热和通电加热的不同效果,发现通电加热蛋白提取率要比水浴加热高,分别为73%和66%。Long Lei等<sup>[15]</sup>的研究结果也表明,揭竹过程中采用通电加热方式,在产率、成膜速率等方面都有明显提高。豆浆通过交变电流进行加热,加热速率高,热渗透更快,温度更均匀,有效避免局部温度过高,降低了豆浆的热损伤,提高了腐竹的品质和产率。

姚虹<sup>[34]</sup>研究发现,腐竹产率与揭竹温度密切相关。当揭竹温度升高,产率先增加后降低,在80℃时达到最大。当温度低于80℃时,成膜速率低,能耗大,颜色浅,产率低;随着温度升高,成膜速率升高,腐竹皮较厚,筋力较强,颜色较深。谢向机<sup>[35]</sup>的研究结果亦类似。

目前,加热对腐竹产率的影响虽然研究较多,但都局限于对腐竹指标的考察,没有人从机理上去研究加热对腐竹产生影响的深层次原因。比如不同加热温度时大豆蛋白的变性程度不同,蛋白质的变性程度对腐竹的产率到底有哪些影响,都值得进一步去探究。

## 4 影响腐竹品质的主要因素

腐竹品质的高低是消费者选择产品的重要依据。近年来对腐竹的研究大部分集中于提高腐竹的产率,而对如何提高腐竹品质的研究并不多。腐竹的品质包含多个方面,优质腐竹应具有营养成分丰富,外观油亮光泽、呈淡黄色、枝条均匀,吸水易膨胀且不黏糊,耐煮不烂、不糊等特点。

### 4.1 影响腐竹机械性能的主要因素

大豆组分对腐竹机械性能有显著影响。欧锦强等<sup>[28]</sup>研究表明,豆浆模拟体系中脂肪比例升高,腐竹延伸率、抗拉强度和透水率都有所下降;蔗糖比例升高,腐竹的抗拉强度下降,但延伸率上升,透水率先升高后下降;蛋白质亚基11S/7S比例越高,对应膜抗拉强度就越大,并且他们认为该影响要比脂肪和蔗糖总和的影响还要大,而且含11S多的蛋白,其透水率也明显下降。杨月<sup>[25]</sup>的研究也发现7S/11S与抗拉强度呈显著的负相关,并认为这可能与7S、11S的结构有关,11S中巯基和二硫键比7S多,所以在分子间的结合能力和凝胶网络的强度上,11S都优于7S。

豆浆加热时间对腐竹的机械性能也有影响。朱石龙<sup>[29]</sup>的研究发现,豆浆煮沸时间小于4min时,腐竹抗拉强度随时间增加而逐步上升;当煮沸时间大于6min时,腐竹的抗拉强度逐渐下降,分析认为这是因加热时间过长,

蛋白质链断裂,不利于蛋白质凝胶网状结构的生成,从而影响腐竹抗拉强度。他还研究了揭竹温度对腐竹机械性能的影响,发现当温度低于90℃时,抗拉强度随着温度的增高而增加,90℃达到最高,然后随浆液温度继续上升而有所下降。

腐竹生产过程中揭竹次数的增加,其机械性能也逐渐降低。崔春等<sup>[36]</sup>研究发现,腐竹从第1张膜到最后一张膜,韧性从280g降为0g,下降趋势十分明显,并认为这可能与浆液中蛋白质-脂肪-碳水化合物比例变化有关。

#### 4.2 影响腐竹色泽的主要因素

消费者选购腐竹时,首先观察的便是腐竹的色泽,其色泽的好坏在某种程度上能反映出腐竹品质的高低。生产过程中浸泡水pH值、豆浆质量浓度、揭竹温度和揭竹次数等对腐竹色泽都有影响。

姚虹<sup>[34]</sup>研究表明,大豆浸泡用水pH值高于8时,形成的腐竹色泽发暗;豆浆质量浓度增加,腐竹颜色逐渐加深;当揭竹温度低于80℃时,腐竹颜色较浅,随着温度升高,颜色加深;通过添加甘油、黄原胶等,也能使腐竹色泽得到明显改善。一般随着揭竹次数的增加,颜色会逐渐加深,直至变为深褐色。

孙弘毅等<sup>[37]</sup>研究发现,添加氯化钙或氯化镁,或者使用连续煮浆方法,都能有效提高腐竹色泽,其中氯化镁质量浓度为0.375mg/mL时效果最佳。白卫东等<sup>[38]</sup>通过控制揭竹过程中豆浆质量浓度、加热温度、pH值和加热时间等条件,有效的提高了腐竹的色泽。

#### 4.3 影响腐竹复水性和耐煮性的主要因素

腐竹一般在干燥的条件下进行贮存和销售,其复水性和耐煮性等指标,也是反应腐竹品质好坏的重要方面。但目前对腐竹品质的研究都主要集中于腐竹的机械性能和色泽,而对上述指标的研究非常少。

韩智<sup>[39]</sup>研究了通电加热方式对腐竹复水性的影响。发现通电加热生产的腐竹复水性要好于水浴加热,他认为可能是由于通电加热时,豆浆的温度分布比较均一,形成的凝胶结构稳定、均一,复水能力增强。Long Lei等<sup>[15]</sup>也通过对对比通电加热方式和普通水浴方式,发现通电加热方式确能有效提高腐竹的复水性。

赵秋艳等<sup>[40]</sup>研究发现25℃浸泡大豆,所得腐竹耐煮性最好,随着温度的升高耐煮性逐渐下降,而且腐竹的耐煮性与碳水化合物含量呈负相关,分析认为随着泡豆温度的升高,大豆细胞膜变脆,打浆时碳水化合物易于溶于水,因此腐竹耐煮性下降。

### 5 添加剂对腐竹品质和产率的影响

在生产过程中,腐竹品质往往不稳定,如腐竹颜色过深,干燥时易断裂等问题。除了改进生产工艺条件,

使用食品添加剂也是提升腐竹品质的一类有效方法。目前GB2760—2011《食品添加剂使用卫生标准》允许在腐竹内添加焦亚硫酸钾、焦亚硫酸钠、亚硫酸钠、亚硫酸氢钠等作为防腐剂和漂白剂,最大使用量为0.2g/kg。

添加剂是改善腐竹色泽的有效方法。腐竹颜色加深是豆浆中还原糖与氨基酸发生美拉德反应所致,严重时可导致腐竹变褐色,氨基酸的损失也降低了腐竹的营养价值。李林等<sup>[41]</sup>发现亚硫酸盐可以有效遏制腐竹颜色褐变,其作用原理可能是切断美拉德反应。黄伟<sup>[42]</sup>也发现亚硫酸钠作为还原剂,能有效抑制生产后期美拉德反应造成的腐竹褐变,从而有效阻止腐竹颜色的加深。杨月等<sup>[43]</sup>研究了偏重亚硫酸钠、半胱氨酸、氯化钙这3种添加剂对腐竹色泽的影响,结果表明均能不同程度地改善腐竹色泽。

欧锦强等<sup>[44]</sup>发现亚硫酸钠和阿魏酸可以有效提高腐竹的产率。李慧等<sup>[45]</sup>发现添加钙离子可以提高腐竹产率,当乳酸钙添加量为0.7~1.1g/kg时,腐竹的产量和形成速率分别增加了12%~22%和12%~29%。乳酸钙改善腐竹成膜特性的主要原因在于钙离子的架桥作用,但是,如果乳酸钙添加量不适当,可能造成豆浆凝絮而无法形成腐竹。

多糖和乳化剂有助于提高腐竹产率及品质。李雪琴等<sup>[46]</sup>研究了甘油酯、蔗糖酯、变性淀粉和海藻酸钠对腐竹得率的影响,结果表明加入甘油酯、蔗糖酯、变性淀粉和海藻酸钠均会不同程度地提高腐竹的得率,其中变性淀粉和蔗糖酯的效果更好一些,能提高约10%的产率;另外变性淀粉和海藻酸钠可以较好地增加腐竹抗拉强度和韧性。程丽英等<sup>[47]</sup>发现单甘酯对腐竹的消泡效果最明显;过氧化钙对腐竹抗拉强度和色泽方面的影响相对较大;而焦磷酸盐对腐竹成膜的影响,间接表现为对腐竹的成膜速率、腐竹的表面光洁度和复水性的影响;磷脂能使腐竹出品率提高10%左右。

### 6 结语

近些年,随着公众对膳食营养的认识不断提升,以及对食品安全要求的日益增高,对大豆制品表现出越来越浓厚的兴趣,同时对于腐竹、豆腐干、豆腐等食品,也要求更安全、更便利、更自然、更少添加物。随着对腐竹研究的日益深入,探讨工艺条件、组分对腐竹品质的影响,利用模拟体系研究加工过程中大豆蛋白与油脂、碳水化合物之间的相互作用及其对品质的影响也在不断展开。但是研究结果依然十分有限,大豆蛋白怎样的变性程度、怎样的聚集程度才是对高品质腐竹最合理的?大豆蛋白中的哪些成分与油脂相互作用,这种相互作用对腐竹的品质起到怎样的作用?不同分子质量的糖

类各自起到什么作用?作用机制是什么?如何才能利用大规模工业化技术制造出品质稳定的腐竹产品?这些问题都有待于进一步去探究。相信在不久的将来,通过对腐竹生产的进一步研究和改进,一定能利用现代化大规模的工业制造技术,生产出高品质且依然传统美味的腐竹产品,以满足广大消费者的需求。

#### 参考文献:

- [1] 白至德,张振山.大豆制品的加工[M].北京:中国轻工业出版社,1985:39-45.
- [2] WU L C, BATES R P. Soy protein-lipid films. 1. Studies on the film formation phenomenon[J]. Journal of Food Science, 1972, 37(1): 36-38.
- [3] 李里特,李再贵,殷丽君.大豆加工与利用[M].北京:化学工业出版社,2003:7-16.
- [4] 邢德洲.腐竹行业的发展与现状[J].现代商业,2010(29):284.
- [5] 邓瑞君.优质腐竹生产的研究[J].食品与机械,1998(3):19-20.
- [6] 熊春生.黑豆腐竹生产工艺的研究[D].福州:福建农林科技大学,2008.
- [7] 崔洪斌.大豆生物活性物质的开发与应用[J].中国食物与营养,2000(1):15-17.
- [8] 邓立青,骆妙红,李妍润,等.银耳腐竹及其关键生产工艺研究[J].江西食品工业,2010(4):31-34;37.
- [9] 李诗龙.腐竹食品的现代加工技术[J].粮油加工与食品机械,2005(3):71-74;77.
- [10] 国家质量监督检验检疫总局.腐竹产品质量国家监督抽查质量公告[EB/OL].(2008-02-26)[2012-10-20].[http://cpzljds.aqsiq.gov.cn/cpzlccxx/zlgg/zxgg/200802/t20080226\\_64524.htm](http://cpzljds.aqsiq.gov.cn/cpzlccxx/zlgg/zxgg/200802/t20080226_64524.htm).
- [11] 徐梅贞.腐竹中吊白块控制技术研究[D].福州:福建农林科技大学,2009.
- [12] 李树森.银杏腐竹及制造方法:中国,02151996.X[P].2004-02-25.
- [13] 甄增立.花生腐竹的制作:中国,200610082281.5[P].2007-11-21.
- [14] 王晓忠.制备冻腐竹的方法:中国,99103013.3[P].1999-10-20.
- [15] LONG Lei, HAN Zhi, ZHANG Xiujin, et al. Effects of different heating methods on the production of protein-lipid film[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 82(3): 292-297.
- [16] 渡边笃二.新蛋白食品知识[M].北京:中国食品出版社,1987:93-100.
- [17] IWABUCHI S, WATANABE H, YAMAUCHI F. Observations on the dissociation of  $\beta$ -conglycinin into subunits by heat treatment[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1991, 39(1): 34-40.
- [18] GENNADIOS A, WELLER C L. Edible film coatings from soymilk and soy protein[J]. Cereal Foods World, 1991, 36(12): 1004-1009.
- [19] 张杏辉.腐竹蛋白与脂肪包容的结构[J].广西师范大学学报:自然科学版,1994,12(2):50-53.
- [20] CHEN Y M, AMAGUCHI S Y, ONO T. Mechanism of the chemical composition changes of Yuba prepared by a laboratory processing method[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57(9): 3831-3836.
- [21] CHEN Y M, ONO T. The Mechanisms for Yuba formation and its stable lipid[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58(10): 6485-6489.
- [22] 李利华,田光辉.腐竹生产工艺的优化研究[J].延安大学学报,2003,22(1):68-70.
- [23] 宋莲军,杨月,乔明武,等.大豆品种与腐竹品质之间的相关性研究[J].食品科学,2011,32(7):65-68.
- [24] 欧锦强.豆腐衣生产工艺及影响因素的研究[D].无锡:江南大学,2005.
- [25] 杨月.大豆品种对腐竹品质的影响及其品质评价体系的初步构建[D].郑州:河南农业大学,2011.
- [26] 张秀金.豆浆的成分和蛋白组分对腐竹成膜特性的影响[D].北京:中国农业大学,2007.
- [27] ALAN P U. New food engineering research trends[M]. New York: Nova Science Publishers, 2008: 195-223.
- [28] 欧锦强,王兴国,金青哲.大豆组分对腐竹性能的影响[J].中国油脂,2005,30(2):37-40.
- [29] 朱石龙.优质腐竹生产的工艺优化[D].南昌:南昌大学,2011.
- [30] 郭新华,张子勇,欧仕益.提高大豆分离蛋白膜机械强度和阻湿性能的研究[J].食品工业科技,2005,26(3):148-150.
- [31] 康宇杰,欧仕益,黎明庆.几种多糖和交联剂对可食性大豆分离蛋白膜性能的影响[J].食品科技,2004(2):66-69.
- [32] 欧阳平一,刘炜松.腐竹工业化加工工艺优化研究[J].食品与机械,2010,26(2):123-125.
- [33] 韩智,石谷孝佑,李再贵.不同豆浆浓度和浆液深度对腐竹生产的影响[J].农业工程学报,2005,21(11):179-181.
- [34] 姚虹.腐竹加工工艺优化及营养强化剂筛选的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2008.
- [35] 谢向机.高出品率腐竹加工工艺的研究[D].福州:福建农林科技大学,2008.
- [36] 崔春,赵谋明,赵强忠.腐竹揭皮过程中理化参数变化趋势研究[J].现代食品科技,2006,23(3):11-13.
- [37] 孙弘毅,曾金,张睿麒.腐竹生产颜色加深的成因及护色方法初探[J].中国食物与营养,2011,17(10):53-56.
- [38] 白卫东,王琴,李国富.腐竹护色工艺的机理研究[J].食品科技,2004(3):29-31.
- [39] 韩智.腐竹生产技术改良与工艺条件研究[D].北京:中国农业大学,2006.
- [40] 赵秋艳,乔明武,宋莲军.大豆浸泡温度对腐竹产率及品质的影响[J].湖南农业科学,2011(21):87-90.
- [41] 李林,卢家炯.亚硫酸盐抑制糖汁美拉德反应的研究[J].广西轻工业,2001(4):38-42.
- [42] 黄伟.豆腐皮生产过程关键工艺的优化和品质改进研究[D].杭州:浙江大学,2008.
- [43] 杨月,乔明武,宋莲军,等.添加剂对腐竹色泽及其质构特性的影响研究[J].食品工业科技,2011,32(11):371-373.
- [44] 欧锦强,董华,刘祥,等.添加剂对豆腐衣质量和得率的影响[J].食品科技,2011,36(4):230-232;239.
- [45] 李慧,李东文,张秀金,等.钙离子对腐竹生产的影响研究[J].食品研究与开发,2008,29(9):34-36.
- [46] 李雪琴,陈颖,苗笑亮.食品添加剂对腐竹得率和筋力的影响研究[J].粮油加工,2006(9):79-80;83.
- [47] 程丽英,任红涛,程丽彩.腐竹品质改良剂的研究[J].粮食加工,2008,33(1):82-86.