

胶囊滤水盘结构对奶泡起泡特性的影响

凌晨¹, 钱静¹, 杨硕²

(1.江南大学 机械工程学院, 江苏 无锡 214122;

2.无锡鼎加弘思饮品科技有限公司, 江苏 无锡 214122)

摘要: **目的** 设计一种新型胶囊乳制品包装的滤水盘结构, 以提高胶囊乳制品奶泡丰富度, 解决现有胶囊乳制品出泡不足的问题。**方法** 利用 Autodesk Inventor 设计胶囊结构, 并使用 3D 打印机制作模型, 以起泡性和泡沫稳定性为评价指标, 通过实验验证滤水盘结构对胶囊乳制品泡沫品质的影响。**结果** 在所有滤水盘结构中, 3 层分流槽-柱形导流柱-圆孔滤水盘对泡沫丰富度的影响最优, 该新型胶囊乳制品包装滤水盘结构可以明显提高乳制品起泡性, 起泡性最高可达 88%, 较原胶囊提高了 38%; 此时泡沫稳定性为 80%, 较原胶囊降低了 12%。**结论** 该新型胶囊乳制品包装滤水盘结构可以明显提高胶囊乳制品泡沫丰富度, 利用胶囊咖啡机即可打出丰富的奶泡。

关键词: 奶泡; 胶囊; 包装结构; 起泡性; 泡沫稳定性

中图分类号: TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)17-0109-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.17.015

Capsule Water Filter Tray Structure on Foaming Characteristics of Milk Foam

LING Chen¹, QIAN Jing¹, YANG Shuo²

(1.School of Mechanical Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

2.Wuxi Dingjiahongsi Beverage Technology Co., Ltd., Wuxi 214122, China)

ABSTRACT: The paper aims to design a new type of water filter tray structure for capsule dairy product package to increase the richness of milk foam in capsule dairy products and solve the problem of insufficient foaming of existing capsule dairy products. The capsule structure was designed with Autodesk Inventor and a 3D printer was used to make the model. The foamability and foam stability were used as evaluation indicators. The effect of the water filter tray structure on the foam quality of the capsule dairy products was verified by experiments. Among all water filter tray structures, the “3 split groove layers”-“cylindrical guide column”-“round holes” water filter tray had the best effect on the richness of the foam. This new water filter tray structure of capsule dairy product package could apparently improve the foaming characteristic of dairy products. The foamability was up to 88%, which was 38% higher than the original capsule; and the foam stability was 80%, which was 12% lower than the original capsule. The new water filter tray structure for capsule dairy product package can obviously increase the foam richness of capsule dairy products, and by using the capsule coffee machine, we can make rich milk foam.

KEY WORDS: milk foam; capsule; packaging structure; foamability; foam stability

收稿日期: 2020-01-22

基金项目: 国家重点研发计划 (2018YFC1603300)

作者简介: 凌晨 (1995—), 女, 江南大学硕士生, 主攻包装材料与结构。

通信作者: 钱静 (1968—), 女, 博士, 江南大学教授、博导, 主要研究方向为包装材料、包装机械等。

咖啡的原产地为非洲的埃塞俄比亚,后被传入阿拉伯地区^[1]。15 世纪末到 17 世纪末,咖啡豆被带往欧洲^[2]并风靡世界。咖啡是世界三大饮品之一^[3],最初人们是将烘焙好的咖啡豆研磨成咖啡粉经萃取和冲泡制成咖啡,这种制作方法保留了咖啡豆最原始的香气,但制作过程十分耗时烦琐^[4]。1938 年速溶咖啡由瑞士雀巢公司投入生产,并成功商业化。速溶咖啡是将研磨烘焙好的咖啡豆通过喷雾干燥法从中提取有效成分并干燥制成^[5],这种咖啡冲泡便捷并且价格实惠,但其制作工艺十分影响咖啡的风味及口感。1976 年,雀巢提出了一种新的咖啡饮品形式——胶囊咖啡^[6],即将烘焙好的咖啡豆研磨成细粉并快速密封于干燥、避光并且充满惰性气体的胶囊里,该胶囊结构密封性及耐热性佳,能很好地保存咖啡的风味^[7]。使用专用的胶囊咖啡机短时间内就可以获得一杯品质醇正的咖啡。1990—2000 年,胶囊咖啡发展进程加快。2000 年以后胶囊咖啡进入飞速发展阶段^[6],并因其优越的品质及便利性占据了咖啡消费市场中的重要地位^[8]。目前国外常见的胶囊品牌主要有:雀巢 Nespresso、多趣酷思(Dolce gusto)、illy、博世 Tassimo 等。国内胶囊品牌主要有九阳 One cup 和鼎加弘思 Coffee now 等,每种胶囊的结构均不相同。

如今,胶囊咖啡不断寻求多元化发展,越来越多品种的胶囊咖啡可以供消费者选择。胶囊咖啡不再局限于制作诸如埃塞俄比亚咖啡、哥伦比亚咖啡等清咖产品,还可以制作卡普奇诺和拿铁等花式咖啡。花式咖啡是咖啡、牛奶、奶泡、奶油和糖之间的搭配组合^[9]。卡布奇诺就是在咖啡上倒上一层浓密的奶泡^[10]。奶泡是牛奶经打泡形成的气-液两相结构,是影响咖啡口感的重要组成部分。品质好的奶泡必须细腻光滑,因为这关系着奶泡与咖啡结合后的口感,越细腻光滑的奶泡越能够引出咖啡的香味,增加液体浓稠度,带来与众不同的味蕾感受^[11]。奶咖类胶囊一般包含一颗胶囊咖啡和一颗乳制品胶囊,将乳制品胶囊放入特定的胶囊咖啡机中使用奶泡模式制作奶泡。由于牛奶无法在胶囊杯体中搅拌产生奶泡,因此商业上一般采用出口减压起泡和冲击起泡结合的方式进行胶囊内牛奶的起泡。文中旨在通过改进胶囊内部结构提高奶泡丰富度。

1 新型胶囊乳制品包装方案

包装是胶囊乳制品加工的关键工序^[12]。文中所述胶囊包装由胶囊杯体、封口膜、滤纸、滤水盘以及底部可穿刺铝箔组成,其结构见图 1。将该胶囊放入胶囊咖啡机的胶囊托中,通过胶囊咖啡机顶部的手柄压合杯口使得萃取头穿刺封口膜,胶囊杯底与胶囊托相互挤压使得滤水盘底部尖锐的导流柱穿刺铝箔形成出水口^[13]。胶囊咖啡机的奶泡模式有 2 个阶段,第 1

个阶段是冲出 60 °C 的热水,第 2 个阶段是冲出约 5 s 的热蒸汽。在第 1 个阶段,奶泡的形成方式主要是牛奶冲击液面形成泡沫和出水口压力锐减形成压力差混入空气形成泡沫。第 2 个阶段奶泡的形成方式主要是将蒸汽通入胶囊通过滤水盘结构将空气混入牛奶中流出,因此,滤水盘结构对奶泡丰富度有着十分重要的影响。

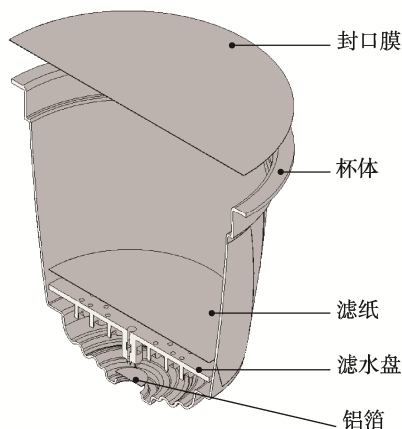


图 1 胶囊结构
Fig.1 Capsule structure

2 泡沫品质评价

奶泡是将空气包覆在牛奶中形成的泡沫结构。奶泡可分为干奶泡和湿奶泡,湿是指当气泡刚刚在牛奶中形成时彼此不相交地分布在牛奶中的状态。接着这些气泡会受浮力作用而上升,气泡间的液体由于重力效应逐渐析出,气泡相互接触合并与其他气泡排布在一起,此时奶泡变为干奶泡。一般来说,奶泡越细腻,其口感越好,含水率越高,越有可能是湿奶泡。但湿奶泡状态很难维持,由于重力、液膜破裂及气体扩散作用使得泡沫逐渐合并变大最后消失^[14]。牛奶刚起泡完成时,泡沫分散体系中的湿奶泡含量远多于干奶泡,此时,奶泡的口感细腻绵密。一段时间后,湿奶泡几乎消失不见,更多尺寸较大的干奶泡分布其中,口感不佳。

评价奶泡品质的 2 个重要指标为起泡性和泡沫稳定性。奶泡的形成主要依赖于牛奶中的蛋白质。在奶泡制作过程中,蛋白质分子将快速吸附至气-水界面,迅速展开并重排和暴露疏水基团,此过程决定了牛奶的起泡性^[15]。起泡性是指牛奶变成奶泡多少的能力即泡沫丰富度,计算见式(1)。泡沫稳定性与膜的流变性质有关,蛋白质浓度决定了泡沫稳定性^[15]。泡沫稳定性是指泡沫在一定时间内保持稳定的能力,计算见式(2),奶泡一般是考量 15 min 内的泡沫稳定性。

$$\text{起泡性} = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{泡沫稳定性} = \frac{V_2}{V_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中: V_0 为原本牛奶的体积 (mm^3); V_1 为起泡后即刻牛奶及奶泡的总体积 (mm^3), V_2 为 15 min 后牛奶及奶泡的总体积 (mm^3)。

不同起泡方式对牛奶的起泡效果不同。一般在使用蒸汽起泡方式和机械搅打方式时牛奶的起泡性应大于 100%, 在 15 min 内的泡沫稳定性应大于 90%^[16]。

3 实验

3.1 材料与试剂

主要材料: 光明全脂奶粉, 光明乳业; ABS-3D 打印耗材, TierTime; 丙烯酸结构 AB 胶, 玄欣; 25 g/m² 滤纸, 科博; PET-铝箔复合封口膜, 佰珏; PP-EVOH 胶囊壳, 鼎加弘思。

3.2 仪器与设备

主要仪器: 电子秤, BPA-121 (梅特勒, 德国); 钢尺, 100 mm (得力, 中国); 胶囊热封机, PK80 (阿依包装, 上海); 胶囊咖啡机, H2 (COFFEE NOW, 深圳); 3D 打印机, UP 300 (TierTime, 北京)。

3.3 方法

在 Autodesk Inventor 中设计胶囊滤水盘结构, 通过 3D 打印机输出模型, 材料为 ABS。将 25 g/m² 滤纸粘于滤水盘上, 将滤水盘粘于胶囊壳中, 自然晾干 24 h。使用电子秤准确称取 15 g 奶粉于胶囊中, 使用胶囊热封机封口胶囊。将胶囊放置于胶囊咖啡机中, 使用奶泡模式冲制奶泡, 胶囊咖啡机起泡模式出水量为 150 mL, 水温为 60 °C, 将 15 g 奶粉融入 150 mL、60 °C 的热水中, 此时液面高度为 h_0 。胶囊经发泡后立即测量其液面高度为 h_1 。静置 15 min 后测量此时的液面高度为 h_2 , 液面高度均测量 3 次取平均值。起泡性及泡沫稳定性计算见式 (3—4)。每种胶囊结构测定 3 次。

$$\text{起泡性} = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \times 100\% = \frac{\pi r^2 h_1 - \pi r^2 h_0}{\pi r^2 h_0} \times 100\% = \frac{h_1 - h_0}{h_0} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{泡沫稳定性} = \frac{V_2}{V_0} \times 100\% = \frac{\pi r^2 h_2 - \pi r^2 h_0}{\pi r^2 h_0} \times 100\% = \frac{h_2 - h_0}{h_0} \times 100\% \quad (4)$$

式中: h_0 为牛奶未起泡时液面高度 (mm); h_1

为起泡后即刻牛奶及奶泡的总高度 (mm); h_2 为 15 min 后牛奶及奶泡的总高度 (mm); r 为烧杯底面半径 (mm)。

4 胶囊结构对泡沫品质的影响

4.1 孔形状及开孔数对胶囊内奶粉起泡性及泡沫稳定性的影响

4.1.1 圆孔数对胶囊内奶粉起泡性及泡沫稳定性的影响

设计直径为 36.6 mm、厚度为 1 mm 的圆形薄片, 圆盘上的圆孔直径为 0.8 mm, 圆孔数为 24, 48, 80, 分布见图 2。原胶囊结构的起泡性及泡沫稳定性分别为 50% 和 92%。

准确称取 15 g 奶粉于胶囊中并测量其起泡性及 15 min 后的泡沫稳定性, 结果见图 3。随着滤水盘上圆孔数目的增加, 起泡性升高, 泡沫稳定性下降。当滤水盘上的圆孔数为 80 时, 胶囊的起泡性最高为 40%, 与原胶囊相比减少了 10%; 当圆孔数为 24 时, 泡沫稳定性最大为 95%, 较原胶囊提高了 3%。

4.1.2 蜂窝孔数对胶囊内奶粉起泡性及泡沫稳定性的影响

设计直径为 36.6 mm、厚度为 1 mm 的圆形薄片, 圆盘上的正六边形蜂窝孔边长为 1 mm, 蜂窝孔分布见图 4。

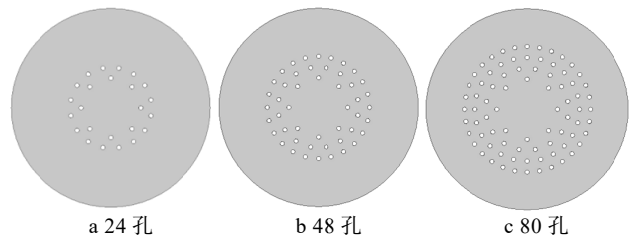


图2 圆孔数为 24, 48, 80 的滤水盘
Fig.2 Water filter trays with 24, 48, 80 round holes

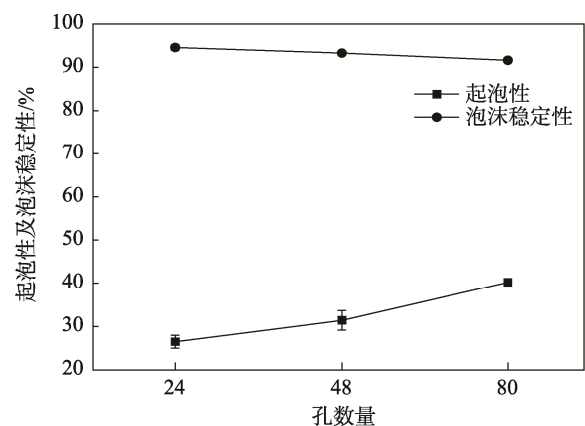


图3 圆孔数对起泡性及泡沫稳定性的影响
Fig.3 Effect of the number of round holes on foamability and foam stability

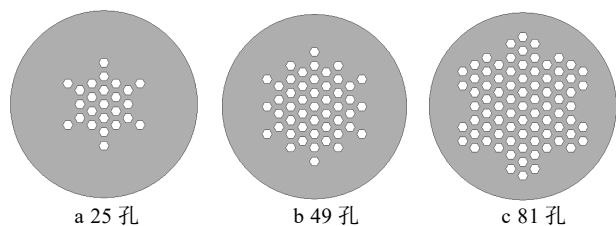


图4 蜂窝孔数为25, 49, 81的滤水盘
Fig.4 Water filter trays with 25, 49, 81 honeycomb holes

起泡性及15 min后的泡沫稳定性结果见图5。随着蜂窝孔数的增加, 起泡性及泡沫稳定性均呈下降趋势。当蜂窝孔数目为25时, 胶囊的起泡性最佳为38%, 较原胶囊下降了12%; 当开孔数为25时稳定性最佳为91%, 较原胶囊下降了1%。

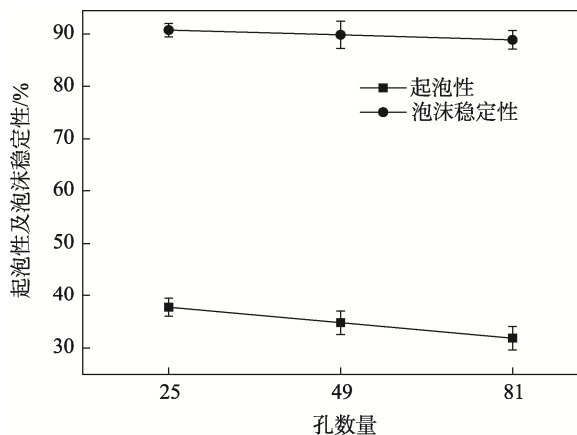


图5 蜂窝孔数对起泡性及泡沫稳定性的影响
Fig.5 Effect of the number of honeycomb holes on foamability and foam stability

4.1.3 径向孔数对胶囊内奶粉起泡性及泡沫稳定性的影响

设计直径为36.6 mm、厚度为1 mm的圆形薄片, 圆盘上的径向孔宽为0.8 mm、长为2 mm, 孔数为24, 48, 80个, 分布见图6。

测量胶囊的起泡性及15 min后的泡沫稳定性, 其结果见图7。随着开孔数目的增加, 起泡性及泡沫稳定性没有明显的规律。当径向孔开孔数目为48时胶囊的起泡性最佳为34%, 较原胶囊下降了16%; 稳定性在开孔数为24时最佳为94%, 较原胶囊提高了4%。

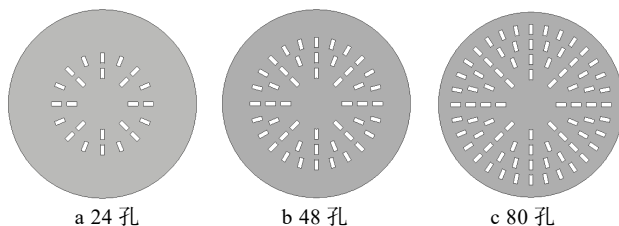


图6 径向孔数为24, 48, 80的滤水盘
Fig.6 Water filter trays with 24, 48, 80 radial holes

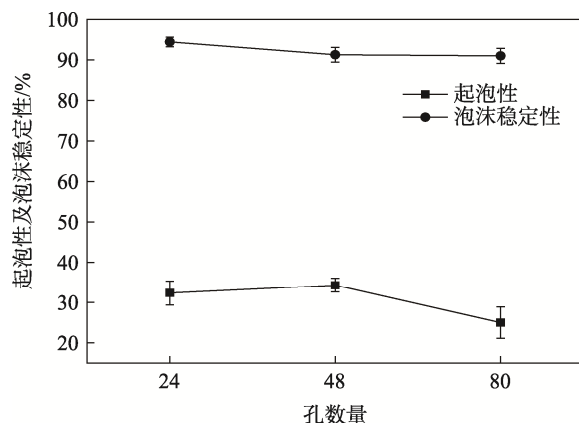


图7 径向孔数对起泡性及稳定性的影响
Fig.7 Effect of the number of radial holes on foamability and foam stability

4.1.4 环向孔数对胶囊内奶粉起泡性及泡沫稳定性的影响

设计直径为36.6 mm、厚度为1 mm的圆形薄片, 圆盘上的环向孔长为2 mm、宽为0.8 mm, 环向孔分布见图8。由于3D打印机无法打出与圆孔及径向孔相同分布的环向孔, 因此此处减少了开孔数目。

胶囊的起泡性及15 min后的泡沫稳定性结果见图9。随着开孔数目的增加, 起泡性及泡沫稳定性没有明显的规律。当环向孔开孔数目为45和72时, 胶囊的起泡性最佳为32%, 较原胶囊下降了18%; 当开孔数为24和72时泡沫稳定性最高为96%, 较原胶囊提高了4%。

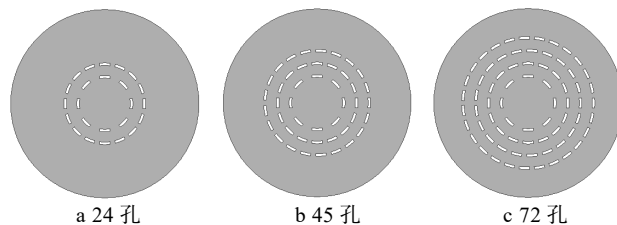


图8 环向孔数目为24, 45, 72的滤水盘
Fig.8 Water filter trays with 24, 45, 72 circular holes

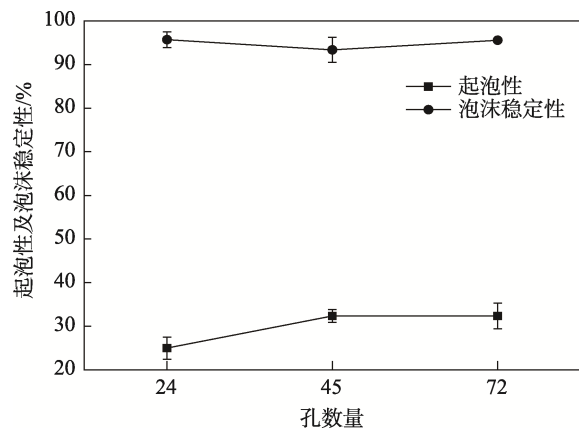


图9 环向孔数对起泡性及泡沫稳定性的影响
Fig.9 Effect of the number of circular holes on foamability and foam stability

4.1.5 各种类型孔对胶囊内奶粉起泡性及泡沫稳定性影响的比较

各胶囊的起泡性、泡沫稳定性、杯底奶粉残留以及水流稳定性见表 1。稳定的水流特征为水流可以从胶囊中垂直落入杯体，不会向四周喷出。可以发现，进入胶囊的空气越多，水流越稳定，起泡性越高。环向孔最不利于胶囊内奶粉的溶解冲出，胶囊杯底奶粉残留最多，但对泡沫稳定性效果最好。当圆孔开孔数为 80 时，胶囊的起泡性最佳可达 40%，比原胶囊降低了 10%，泡沫稳定性与原胶囊相同。

表 1 各种类型孔对起泡性及泡沫稳定性影响
Tab.1 Effects of various types of holes on foamability and foam stability

孔形状及孔数	起泡性/%	泡沫稳定性/%	杯底奶粉残留	水流稳定性
原胶囊	50	92	无	稳定
圆孔-24	26	95	有	不稳定
圆孔-48	31	93	有	不稳定
圆孔-80	40	92	较少	稳定
径向孔-24	32	94	较少	较稳定
径向孔-48	34	91	有	较稳定
径向孔-80	25	91	有	不稳定
环向孔-24	25	96	较多	不稳定
环向孔-45	32	93	有	较稳定
环向孔-72	32	96	无	较稳定
蜂窝孔-25	38	91	有	不稳定
蜂窝孔-49	35	90	较多	不稳定
蜂窝孔-81	32	89	有	不稳定

4.1.6 开孔面积对胶囊内奶粉起泡性及泡沫稳定性影响的比较

由表 2 可以看出，对于 0.8 mm 的圆孔，开孔面积越大起泡性越高，泡沫稳定性越低。对于不同类型的孔，开孔面积大小与起泡性及泡沫稳定性没有明显的关系。

表 2 开孔面积对起泡性及泡沫稳定性的影响
Tab.2 Effects of total hole area on foamability and foam stability

开孔类型	开孔面积/mm ²	起泡性/%	泡沫稳定性/%
蜂窝孔-81	210.444	32	89
径向孔-80	128.048	25	91
蜂窝孔-49	127.306	35	90
径向孔-48	76.842	34	91
环向孔-72	72.155	32	96
环向孔-45	70.918	32	93
蜂窝孔-25	64.952	38	91
圆孔-80	40.212	40	92
环向孔-24	38.554	25	96
径向孔-24	38.435	32	94
圆孔-48	24.127	31	93
圆孔-24	12.064	26	95

4.2 双层起泡网对胶囊内奶粉起泡性及泡沫稳定性的影响

由 4.1.5 节可知，孔径为 0.8 mm、开孔数量为 80 的圆孔滤水盘以及开孔数为 25、边径为 1 mm 的蜂窝孔滤水盘的起泡性表现最优，而环向孔及径向孔在起泡性方面表现较差，因此选择蜂窝孔和圆孔滤水盘组合为双层滤水盘进行了全因子试验。试验发现 2 层滤水盘并不能进一步提高胶囊的起泡性。

4.3 导流柱对胶囊内奶粉起泡性及泡沫稳定性的影响

由 4.1.5 节可知，进入胶囊的空气越多，出水水流越稳定，牛奶起泡性越高，因此，在 0.8 mm，80 圆孔滤水盘的条件下进行导流柱对胶囊内奶粉起泡性及泡沫稳定性影响试验。导流柱是使得胶囊牛奶流出时更为稳定，同时刺穿胶囊底部铝箔。

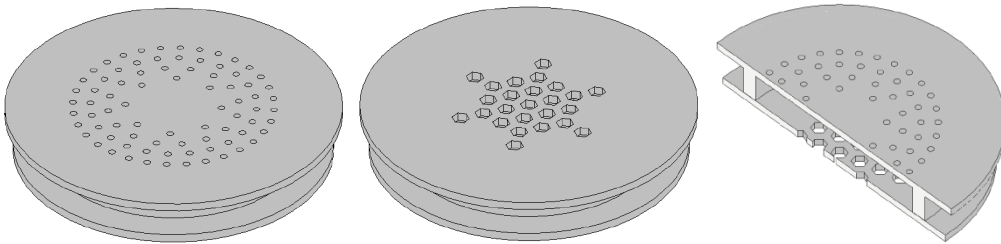


图 10 双层滤水盘结构
Fig.10 Structure of double-layer water filter trays

表 3 双层滤水盘对起泡性及泡沫稳定性的影响
Tab.3 Effect of double-layer water filter trays on foamability and foam stability

滤水盘类型	起泡性/ %	泡沫稳定性/ %	杯底奶粉 残留	水流稳 定性
上蜂窝孔-下圆孔	40	84	多	较稳定
上圆孔-下蜂窝孔	34	90	少	不稳定
蜂窝孔-蜂窝孔	38	92	多	不稳定
圆孔-圆孔	41	89	少	稳定

4.3.1 尖棱导流柱对胶囊内奶粉起泡性及泡沫稳定性的影响

在滤水盘上设计一个棱高为 5.8 mm, 与底面夹角为 60°的三棱导流柱及六棱导流柱。导流柱底部有一直径为 5 mm、高为 1 mm 的圆形垫片, 其结构见图 11。测量此种滤水盘胶囊的起泡性及 15 min 后的泡沫稳定性。

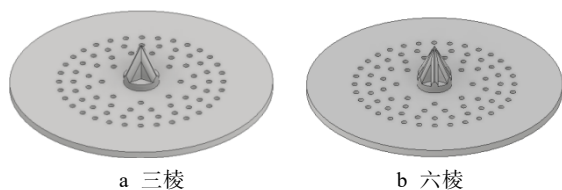


图 11 尖棱导流柱滤水盘
Fig.11 Water filter trays with sharpened guide column

如表 4 所示, 尖棱导流柱滤水盘胶囊的起泡性明显增加优于原胶囊, 但泡沫稳定性也随之下落, 劣于原胶囊。三棱导流柱与六棱导流柱得出的结果相似, 此外, 虽然胶囊的起泡性有了显著提升, 但奶泡较为粗糙, 原因是导流柱改变了出水口形状, 并在胶囊底部开口处形成了较大的压力差, 使得水流压力明显增大, 稳定的水流在冲击液面时形成了较大的气泡。

4.3.2 柱形导流柱对胶囊内奶粉起泡性及泡沫稳定性的影响

在滤水盘上设计一个外径为 3.5 mm、内径为 1.5 mm 的圆柱孔, 圆柱高 4.8 mm, 顶部有一高为 2 mm 的 30°尖角, 并在该圆柱孔底部开 4 个长为 1.5 mm、宽为 1 mm 的长方形孔, 其结构见图 12。

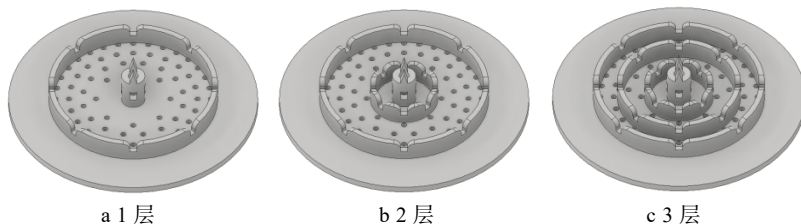


图 13 增加分流槽的柱形导流柱滤水盘
Fig.13 Water filter trays with cylindrical guide column and split groove layers

表 4 尖棱导流柱对起泡性及泡沫稳定性影响
Tab.4 Effect of the sharpened guide column on foamability and foam stability

滤水盘类型	起泡性/ %	泡沫稳定性/ %	杯底奶粉 残留	水流稳 定性
圆孔-3 棱	60	87	无	稳定
圆孔-6 棱	62	85	无	稳定

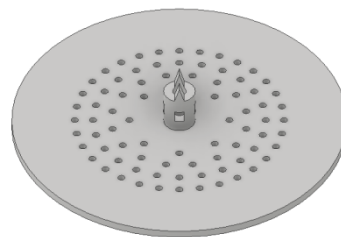


图 12 柱形导流柱滤水盘
Fig.12 Water filter tray with cylindrical guide column

如表 5 所示, 添加了柱形导流柱的滤水盘胶囊的起泡性明显提高, 较原胶囊提升了 29%, 此时泡沫稳定性较原胶囊下降了 10%。

表 5 柱形导流柱对起泡性及泡沫稳定性影响
Tab.5 Effect of cylindrical guide column on foamability and foam stability

滤水盘类型	起泡性/ %	泡沫稳定性/ %	杯底奶粉 残留	水流稳 定性
柱形导流柱	79	82	无	稳定

4.4 分流槽对胶囊内奶粉起泡性及泡沫稳定性的影响

柱形导流柱滤水盘的起泡性明显优于尖棱导流柱滤水盘, 因此基于柱形导流柱滤水盘进行分流槽对胶囊内奶粉起泡性及泡沫稳定性影响试验。该分流槽高为 3 mm, 在分流槽上开有长为 1.5 mm、宽为 1 mm 的长方形孔, 其结构见图 13。

该胶囊的起泡性及 15 min 后的泡沫稳定性变化见表 6。可以发现, 随着分流槽层数的增加, 起泡性明显上升, 泡沫稳定性略有下降。当滤水盘上存在 3 层分流槽时, 起泡性最大可达 88%, 此时泡沫稳定性最小为 80%。

表 6 分流槽层数对起泡性及泡沫稳定性的影响
Tab.6 Effect of the number of split groove layers on foamability and foam stability

滤水盘类型	起泡性/ %	稳定性/ %	杯底奶粉 残留	水流稳 定性
1 层	69	84	无	稳定
2 层	75	84	少	稳定
3 层	88	80	少	稳定

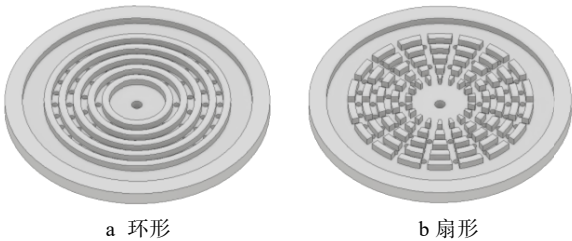


图 14 增加了翻腾槽的 3 层分流槽柱形导流柱圆孔滤水盘
Fig.14 Water filter trays with tumbling trough, 3 split groove layers, cylindrical guide column and round holes

4.5 翻腾槽对胶囊内奶粉起泡性及泡沫稳定性的影响

基于 3 层分流槽-柱形导流柱-圆孔滤水盘结构，在滤水盘上部设计了翻腾槽，该槽高为 1 mm，分为圆环形和扇形翻腾槽，其结构见图 14。

其起泡性及泡沫稳定性见表 7。可以发现，增加了翻腾槽的滤水盘其起泡性低于 4.4 节中的滤水盘，因此翻腾槽不利于起泡性的增加。在 2 种滤水盘结构中，扇形翻腾槽对起泡性效果较好，可达 76%，此时泡沫稳定性为 88%。

表 7 翻腾槽对起泡性及泡沫稳定性影响
Tab.7 Effect of tumbling trough on foamability and foam stability

滤水盘类型	起泡性/ %	泡沫稳定性/ %	杯底奶粉 残留	水流稳 定性
环形槽	75	87	少	稳定
扇形槽	76	88	少	稳定

5 结语

实验证明，胶囊结构对乳制品起泡有较大影响，圆孔最有利于胶囊乳制品起泡，当胶囊内进入的空气越多、水流越稳定，胶囊乳制品的起泡性越好。在所有滤水盘结构中，3 层分流槽-柱形导流柱-圆孔滤水盘胶囊乳制品的起泡性最佳为 88%，较原胶囊提升了 38%，该新型胶囊乳制品包装结构最能满足胶囊饮品泡沫丰富度需求。

参考文献：

[1] 邓志声. 世界咖啡的产销情况和发展趋势[J]. 世界热带农业信息, 1996(5): 5—8.
DENG Zhi-sheng. World Coffee Production and Sales Situation and Development Trend[J]. World Tropical Agriculture Information, 1996(5): 5—8.

[2] 张箭. 咖啡的起源、发展、传播及饮料文化初探[J]. 中国农史, 2006(2): 22—29.
ZHANG Jian. Preliminary Study on the Origin, Development, Spread and Beverage Culture of Coffee[J]. Chinese Agricultural History, 2006(2): 22—29.

[3] 郑慧. 展望中国特色的咖啡饮品之路[J]. 饮料工业, 2017, 20(6): 68—70.
ZHENG Hui. Looking Forward to the Road of Coffee Drinks with Chinese Characteristics[J]. Beverage Industry, 2017, 20(6): 68—70.

[4] 马静, 汪才华, 冷小京. 咖啡研磨工艺对咖啡风味的影响[J]. 饮料工业, 2013, 16(9): 46—49.
MA Jing, WANG Cai-hua, LENG Xiao-jing. Effect of Coffee Grinding Process on Coffee Flavor[J]. Beverage Industry, 2013, 16(9): 46—49.

[5] 宋美云. 速溶咖啡生产控制和质量改善的研究[J]. 食品工业科技, 2002, 23(7): 87—88.
SONG Mei-yun. Research on Production Control and Quality Improvement of Instant Coffee[J]. Science and Technology of Food Industry, 2002, 23(7): 87—88.

[6] 谢琛. 浅谈胶囊式咖啡专利[J]. 现代工业经济和信
息化, 2015, 5(12): 74—75.
XIE Chen. Talking about the Capsule Coffee Patent[J]. Modern Industrial Economy and Information Technology, 2015, 5(12): 74—75.

[7] KASHANI K, MILLER J. Innovation and Renovation: The Nespresso Story[J]. Int Inst Manag Dev, 2003, 5: 1—24.

[8] 唐晓双, 刘飞, 汪才华, 等. 胶囊式咖啡概述及其安全性分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(3): 961—965.
TANG Xiao-shuang, LIU Fei, WANG Cai-hua, et al. Overview and Safety Analysis of Capsule Coffee[J]. Journal of Food Safety and Quality Inspection, 2013, 4(3): 961—965.

[9] 佚名. 你真的懂咖啡吗?[J]. 现代商业银行, 2018(6): 89—91.
Anon. Do You Really Understand Coffee?[J]. Modern Commercial Bank, 2018(6): 89—91.

[10] 任璐, 张锋华, 龚广予, 等. 乳成分对牛奶起泡性和泡沫稳定性的影响[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(10): 6—9.

- REN Lu, ZHANG Feng-hua, GONG Guang-yu, et al. Effects of Milk Ingredients on Milk Foamability and Foam Stability[J]. Food Research and Development, 2012, 33(10): 6—9.
- [11] 王欣. 咖啡大全[M]. 哈尔滨: 哈尔滨出版社, 2007: 106—109.
- WANG Xin. Coffee Daquan[M]. Harbin: Harbin Press, 2007: 106—109.
- [12] 杨媛媛, 张有林. 我国乳品包装研究进展[J]. 包装工程, 2017, 38(11): 17—22.
- YANG Yuan-yuan, ZHANG You-lin. Research Progress of Dairy Packaging in China[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(11): 17—22.
- [13] 李观生, 丁阳. 一种压合式胶囊萃取咖啡机: 中国, CN108078386A[P]. 2018-05-29.
- LI Guan-sheng, DING Yang. A Compression Capsule Coffee Maker: China, 108078386A[P]. 2018-05-29.
- [14] 黄晋, 孙其诚. 液态泡沫渗流的机理研究进展[J]. 力学进展, 2007(2): 269—278.
- HUANG Jin, SUN Qi-cheng. Research Progress on Mechanism of Liquid Foam Percolation[J]. Advances in Mechanics, 2007(2): 269—278.
- [15] 李维珉, 何志勇, 熊幼锄, 等. 温度对于大豆分离蛋白起泡性的影响研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(2): 88.
- LI Wei-min, HE Zhi-yong, XIONG You-chu, et al. Study on the Effect of Temperature on the Foaming Property of Soy Protein Isolate[J]. Science and Technology of Food Industry, 2010, 31(2): 88.
- [16] 段雪梅, 李启明, 尤亮亮, 等. 牛奶起泡性的影响因素及其研究进展[J]. 中国乳品工业, 2018, 46(4): 28—30.
- DUANG Xue-mei, LI Qi-ming, YOU Liang-liang, et al. Influencing Factors and Research Progress of Milk Foaming Properties[J]. China Dairy Industry, 2018, 46(4): 28—30.