

藜麦发酵液的控油与舒缓功效研究

陈登辉, 邬佳颖, 刘慢慢, 张虹, 沈义豪, 黄虎*, 李响*

(珀莱雅化妆品股份有限公司, 浙江杭州, 310000)

DOI:10.61369/CDCST.2025030014

摘要: 藜麦中富含多种类型的活性成分,但在化妆品行业中作为功效原料的应用开发还存在空间。为了探究藜麦的生物活性,开发了一种新型藜麦发酵液(FQE),并对其功效进行研究。生化实验表明,发酵后总酚含量增加了12.1% ($p<0.05$),FQE可显著降低TNF- α 水平,抑制率达到63.5% ($p<0.01$);细胞实验表明FQE可显著抑制脂质积累,降低脂质过氧化物和炎症介质的水平 ($p<0.01$)。此外,在连续使用藜麦发酵液2周后,志愿者皮肤皮脂量减少了17.2 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 。SLS斑贴刺激实验证明FQE可有效增加角质层水合度、显著降低经表皮水分流失和红斑指数 ($p<0.001$)。本研究表明FQE具有有抗炎、舒缓和控油的功效,为油性皮肤的护理提供了新的选择。

关键词: 藜麦发酵液; 皮肤; 控油; 抗炎

作者简介: 陈登辉, 硕士, 研究开发工程师, 研究方向为微生物发酵技术与植物提取, 化妆品新原料开发。E-mail: chendenghui@proya.com。

通讯作者简介: 黄虎, 珀莱雅首席科学官, 博士, 研究方向为化妆品新原料设计、开发及应用。E-mail: huanghu@proya.com。

李响, 高级工程师, 博士, 研究方向为化妆品新原料设计、开发及应用。E-mail: lixiang@proya.com。



陈登辉

油性皮肤是一种以皮脂分泌过剩为特征的皮肤类型,过多的脂质积累会加剧如毛孔堵塞、黑头、粉刺和痤疮等皮肤问题^[1]。皮肤油脂过度积累会加速脂质过氧化,生成过氧化物如丙二醛(MDA)等炎症促进剂。脂质过氧化产生的炎症介质能够激活细胞内的信号通路,进而促进炎症因子的产生和释放,从而引发炎症反应,损伤皮肤屏障^[2,3]。为了解决油脂过度分泌及其引发的炎症等问题,开发兼具控油和舒缓的化妆品原料具有一定的必要性。

藜麦被称为“黄金谷物”,含有黄酮、酚酸、多糖等多种活性成分^[4,5]。研究发现藜麦具有抗氧化、抗炎、抗衰老、降压减脂等多种生理活性,而这些生理活性与其丰富的营养成分密不可分^[6,7]。目前市场上常以藜麦为原料加工成功能性饮料和酒类产品^[8],在化妆品领域其也作为角质剥脱和美白功效的皮肤调理剂^[9,10]。有数据显示,藜麦糠壳中多肽可以通过AKT信号通路和细胞凋亡途径降低黑色素含量^[11],但尚未有研究报道以藜麦糠壳为基质并利用发酵工艺开发的原料,及其在改善油性皮肤问题的功效验证。本研究采用生化、细胞和人体实验方法,分析了藜麦发酵液的控油、舒缓功效及其作用机制,为综合利用藜麦资源,开发具备控油与舒缓功效的化妆品原料提供了理论依据。

1. 实验部分

1.1 主要材料、试剂与仪器

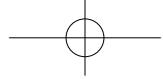
鼠李糖乳杆菌(CGMCC 1.22),中国普通微生物菌种保藏管理中心;藜麦糠壳粉,青海蓝山农业发展有限公司;醋发酵营养盐NS01,安琪酵母股份有限公司; α -淀粉酶、中性蛋白酶和麦芽糖淀粉酶,诺维信(中国)生物技术有限公司;此外,所有其他分析级化学品均来自西格玛奥德里奇(上海)贸易有限公司。

生物反应器,百仑生物科技(江苏)有限公司;超净台,新加坡艺思高科技有限公司;皮肤表面水分流失测试仪TewameterTM300、角质层水分含量测试仪CorneometerCM825、皮肤黑色素和血红素测试仪MexameterMX18,德国Courage&Khazaka;皮肤敏感度测试仪TiVi700,瑞典WheelsBridge。

1.2 样品制备

藜麦提取液:藜麦糠壳粉与水按4% (w/w)混匀,加入中性蛋白酶、 α -淀粉酶和麦芽糖淀粉酶反应1.0小时得藜麦酶解液。酶解液经80目过滤网过滤,上清液加入1%醋发酵营养盐NS01高压灭菌后冷却至室温得到藜麦提取液(NFQE)。

藜麦糠壳发酵液:在NFQE中接种2% (v/v)鼠李糖



乳杆菌于37℃发酵16~20 h后,以8000 rpm离心20 min,上清液经10% (w/w) 硅藻土过滤,再经0.22 μm滤膜过滤得到藜麦发酵液(FQE)。

1.3 总酚含量的测定

总酚含量的检测参考GB/T 8313-2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》^[12]。

1.4 藜麦发酵液的体外功效评价

1.4.1 TNF-α 抑制率的测定

参考肿瘤坏死因子(TNF-α)抑制剂筛选试剂盒(百普赛斯生物科技股份有限公司,货号:EP-143-EN.01)说明书^[13],测定体积分数为20%的FQE和NFQE对TNF-α的抑制率。阳性参照组(PC)为抗TNF-α中和抗体(试剂盒提供),空白对照组(Ctrl)为试剂缓冲液,反应完成后在酶标仪下检测荧光强度(A)。TNF-α抑制率的计算公式为:

$$\text{TNF-}\alpha \text{ 抑制率} = [1 - \Delta A_{\text{样品组}} / \Delta A_{\text{空白对照组}}] \times 100\%$$

1.4.2 细胞毒性实验

参考鞠强等人的方法^[14],采用MTT法评估体积分数为0.625%、1.25%、2.5%的藜麦发酵液对三种细胞系(人皮脂腺SZ95、人永生化角质HaCaT及小鼠单核巨噬RAW264.7)的活力影响。样品组(FQE)加入含藜麦发酵液的培养基,模型组(NC)更换为新鲜培养基,空白对照组(BC)加入空白培养基,在荧光酶标仪下检测荧光强度(A)。细胞相对活力计算公式为:

$$\text{细胞相对活力} = [(A_{\text{样品组}} - A_{\text{空白组}}) / (A_{\text{对照组}} - A_{\text{空白组}})] \times 100\%$$

1.4.3 SZ95细胞脂质积累的测定

参考袁道欢等人的方法^[15],接种人SZ95脱脂细胞于12孔板中(1 × 105个/孔),于37℃,5% CO₂条件下孵育24 h。采用0.0188 μM 二氢睾酮(DHT)进行诱导造模得到模型组(NC),样品组加入体积分数为1.25%的FQE进行干预。经D-Hanks处理,4%多聚甲醛固定,D-Hanks清洗,尼罗红染色,荧光显微镜拍照,Image J分析每组平均荧光强度(A)。脂质抑制率的计算公式为:

$$\text{脂质抑制率} = (A_{\text{模型组}} - A_{\text{样品组}}) / A_{\text{模型组}}$$

1.4.4 SZ95细胞脂质代谢相关基因表达量的测定

细胞铺板操作同1.3.3,采用0.0188 μM DHT进行造模(NC),样品组加入体积分数为1.25%的FQE进行干预。各组干预处理24 h后,经D-Hanks缓冲液洗涤收集细胞,提取总RNA并逆转录为cDNA。采用q-PCR检测

内参基因β-actin及目的基因过氧化物酶体增殖物激活受体(PPAR-γ)、脂滴包被蛋白(PLIN2)、固醇调节元件结合蛋白(SREBP-1c)、硬脂酰辅酶A脱饱和酶(SCD)表达,依据相对定量法(2^{-ΔΔCt})法分别计算基因相对表达量^[16,17],引物序列见表1。

表1引物序列

基因	引物
PPAR-γ-F	TGCTGGGAGCTGTCTACTG
PPAR-γ-R	TACTCCGGTTTCACCGATGTC
SREBP-1c-F	GGAGCCATGGATTGCACCTTT
SREBP-1c-R	TCAAATAGGCCAGGGAAGTCA
PLIN2-F	ATGGCATCCGTTGCAGTTGAT
PLIN2-R	GGACATGAGGTCATACGTGGAG
SCD-F	CCGGGAGAATATCCTGGTTT
SCD-R	GCGGTACTCACTGGCAGAGT

1.4.5 HaCaT细胞MDA、LPO含量的测定

细胞铺板操作同1.3.3孵育结束后,采用2.5 μg/mL LPS进行诱导造模(NC),样品组加入体积分数为1.25%的FQE进行干预。各组干预处理24 h后,去除培养基,D-Hanks处理,ELISA试剂盒检测丙二醛(MDA)、过氧化脂质(LPO)含量(S)。MDA及LPO抑制率的计算公式为:抑制率 = (S_{模型组} - S_{样品组}) / S_{模型组} × 100%

1.4.6 RAW264.7细胞PGE2和VEGF含量的测定

细胞铺板操作同1.3.3,细胞孵育结束后分组处理,采用0.5 μg/mL LPS进行诱导造模(NC),样品组加入体积分数为1.25%的FQE进行干预。各组干预处理24 h后,收集细胞培养上清液于1.5 mL EP管中,ELISA试剂盒检测前列腺素E2(PGE2)、血管内皮生长因子(VEGF)含量(S)。PGE2和VEGF抑制率的计算公式为:

$$\text{抑制率} = (S_{\text{模型组}} - S_{\text{样品组}}) / S_{\text{模型组}} \times 100\%$$

1.5 藜麦发酵液的人体功效评价

1.5.1 控油功效评价

招52名健康志愿者(年龄范围20~45岁),1:1比例随机分配至不使用任何产品的未处理组(BC)和20%藜麦发酵液的处理组(20% FQE)。排除有特异性皮炎或敏感性皮肤病史的受试者。受试者需在清洁面部后(未使用任何护肤品过夜)前额区域的基础皮脂含量 > 100 μg/cm²。研究方案通过伦理委员会审查,所有受试者签署书面知情同意书,符合《赫尔辛基宣言》人体试验伦理准则。

实验周期为4周,期间每两周进行一次皮脂测试。使用皮脂测量仪对前额两侧对称分布的3个点位进行测量,每个点位重复测试3次。通过指定时间内反复对测试区域

进行皮脂的测定，评估测试样品的控油效果。

1.5.2 舒缓功效评价

招募30名健康志愿者（年龄范围20~45岁），排除有湿疹、特应性皮炎或敏感性皮肤病史者。志愿者受试部位（前臂内侧）无色素痣、疤痕且1个月内未使用类固醇等抗炎药物。研究方案通过伦理委员会审查，所有受试者自愿签署书面知情同意书，符合《赫尔辛基宣言》人体试验伦理准则。

在受试者双侧前臂屈侧划分2个独立试验区域（3×3 cm²，间距≥1 cm），随机数表法分别选取区域为未处理组（BC）和处理组。使用 Finn Chamber®斑贴器装载200 μL SLS（十二烷基硫酸钠）溶液在独立试验区域封闭贴敷24小时，揭除后静置1小时验证模型，试验区域出现区域清晰，有明显的红斑反应视为建模成功。建模成功后的试验区域涂抹产品，处理组使用体积分数为20%的藜麦发酵液，未处理组不使用任何产品。

在建模前以及在建模后0小时、2小时、1天、3天和5天等不同时间间隔内，测量与表皮屏障功能相关的指标，评估测试样品的屏障修复与舒缓功效。这些指标包括角质层含水量（SCH）、经表皮水分流失（TEWL）、红斑指数（EI）以及皮肤红斑可视化分析。

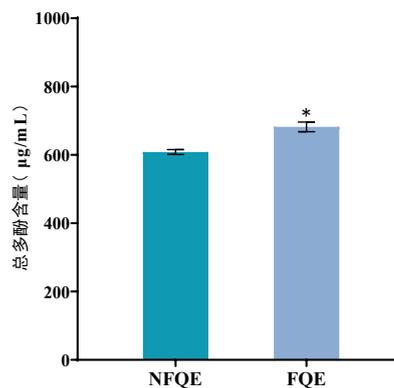
1.6 数据分析

实验结果使用 GraphPad Prism10 进行统计分析，数据用平均值±标准差表示。使用单因素方差分析（ANOVA）对组间差异进行比较，每个试验进行3组重复。在 $p < 0.05$ 表明结果有统计学意义。

2. 结果与讨论

2.1 总酚含量的测定

藜麦中富含酚类化合物，研究表明酚类化合物可以调节皮脂分泌并缓解皮肤炎症^[18,19]。本实验通过测定藜麦发酵前后总酚含量，评价了发酵工艺对藜麦提取液总酚含量的影响。实验结果如图1所示，藜麦提取液在发酵前后的总酚含量分别为608.41 μg/mL和681.98 μg/mL，发酵后总酚含量增加了12.1%（ $p < 0.05$ ），说明发酵工艺提升了藜麦提取液中活性成分的含量。



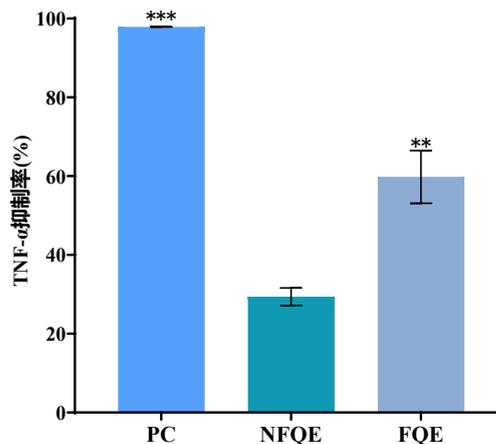
注：与NFQE相比，* $p < 0.05$

图1 藜麦发酵前后总酚含量比较

2.2 藜麦发酵液的体外功效评价

2.2.1 藜麦发酵液对 TNF-α 抑制率的影响

皮脂过度分泌会堵塞毛孔，为皮肤上的细菌（痤疮丙酸杆菌）创造了易于繁殖的微环境并导致痤疮发作，从而引发更深层的炎症问题如炎症因子 TNF-α 水平的上调^[20]。因此本实验通过测定 TNF-α 的抑制率，评价发酵前后藜麦的抗炎活性。生化实验结果如图2所示，藜麦提取液在发酵前后对 TNF-α 均有抑制效果，抑制率分别28.7%和63.5%。两者相比，FQE对 TNF-α 的抑制率显著增加了34.8%（ $p < 0.01$ ），表明 FQE 具有更高的抗炎活性。因此后续实验进一步研究 FQE 在细胞和人体层面的效果。

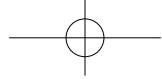


注：与NFQE相比，** $p < 0.01$ ，*** $p < 0.001$

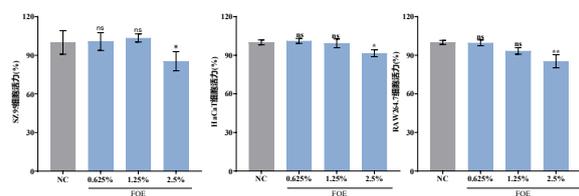
图2 藜麦发酵液对 TNF-α 抑制率的影响

2.2.2 藜麦发酵液对 SZ95、HaCaT 及 RAW264.7 细胞活力的影响

实验采用 MTT 法，评价不同浓度的 FQE 对3种细胞活力的影响（图3）。与空白组相比，2.5%FQE 干预 SZ95 细



胞、HaCaT细胞及 RAW264.7细胞细胞活力显著下降且均低于90% ($p < 0.05$)。1.25% FQE干预后与空白组无显著差异,说明其对细胞活力的影响较小,因此后续细胞实验的浓度采用1.25% FQE。

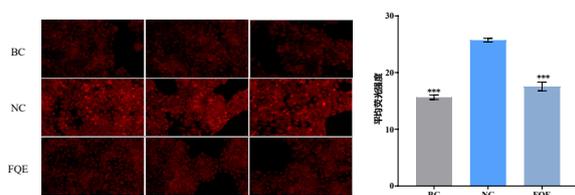


注:与NC组相比,* $p < 0.05$,** $p < 0.01$,ns,无差异。

图3 藜麦发酵液对SZ95、HaCaT、RAW264.7细胞活力的影响

2.2.3 藜麦发酵液对脂质积累的影响

皮脂腺分泌异常通常是雄性激素过多导致的,DHT是一种雄激素,其水平过高会诱发皮脂腺过度分泌皮脂^[21]。为了评价FQE对脂质分泌的影响,采用DHT诱导SZ95皮脂腺细胞造模,观察皮脂腺细胞油脂积累情况(图4)。与空白组相比,模型组的平均荧光强度显著增加($p < 0.001$),说明本实验刺激条件有效。与模型组相比,1.25%的FQE平均荧光强度显著降低,抑制率为32% ($p < 0.001$)。该实验结果表明,FQE具有抑制脂质积累的效果。

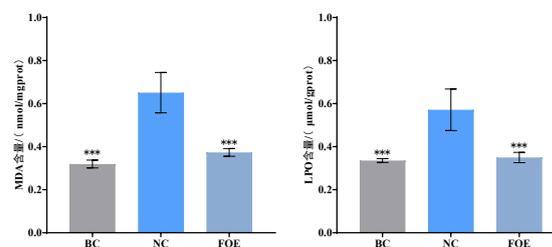


注:与NC组相比,** $p < 0.001$

图4 藜麦发酵液对脂质积累的影响

2.2.4 藜麦发酵液对脂质过氧化的影响

细胞受到外界刺激如脂多糖LPS诱导时会产生大量的活性氧(ROS),这些ROS会导致细胞膜中脂质发生过氧化反应,引起LPO和MDA的水平增加^[22,23]。因此测定LPS诱导的HaCaT细胞中MDA和LPO含量的变化,评价FQE对脂质过氧化的抑制效果(图5)。与模型组相比1.25% FQE处理后MDA含量及LPO含量显著降低,对这两个脂质过氧化产物的抑制率分别为42%和39% ($p < 0.001$),表明FQE具有抑制脂质过氧化的效果。



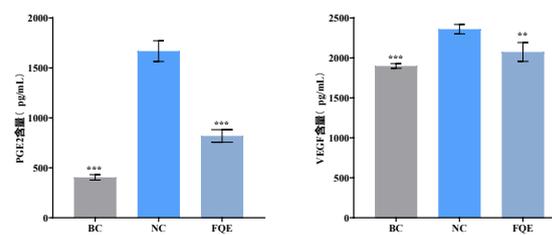
注:与NC组相比,** $p < 0.001$

图5 藜麦发酵液对LPO和MDA含量的影响

2.2.5 藜麦发酵液对炎症介质的影响

脂质过氧化物的产生会进一步刺激细胞炎症介质和炎症细胞因子的释放,加剧炎症反应^[15]。LPS刺激可以激活巨噬细胞的炎症信号通路,诱导炎症介质PGE2和VEGF的释放,进而导致皮肤血管通透性增强,加剧皮肤的炎症反应^[24,25]。

为了评估藜麦发酵液的抗炎效果,本实验研究了FQE对PGE2和VEGF分泌的作用的影响。图6结果显示,与模型组相比,1.25% FQE干预后细胞内PGE2的含量显著降低,降低了51%;且VEGF的含量也显著下降,下降了12% ($p < 0.01$)。上述实验结果表明FQE具有一定的抗炎舒缓功效。



注:与NC组相比,** $p < 0.01$,*** $p < 0.001$

图6 藜麦发酵液对PGE2和VEGF含量的影响

2.2.6 藜麦发酵液对脂质代谢相关基因的影响

皮脂腺细胞的脂质合成和积蓄受到多种基因的调控(图7)。PPAR- γ 作为核受体家族PPARs的重要成员,负责调节皮肤脂质代谢相关基因的表达。抑制PPAR- γ 的表达能够下调PLIN2表达水平抑制细胞内脂滴包被和脂滴积蓄^[26-28]。同时有研究发现敲除PLIN2可以使SREBP-1c靶基因mRNA水平降低80%~90%^[29]。SREBP-1c是脂质合成的核心调控因子,通过激活脂肪酸合成相关基因促进脂质合成^[30]。SREBP1-c表达下调可抑制SCD1的表达,从而抑制细胞脂质合成^[31]。

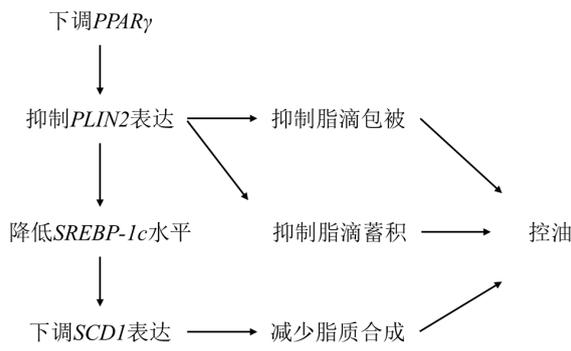
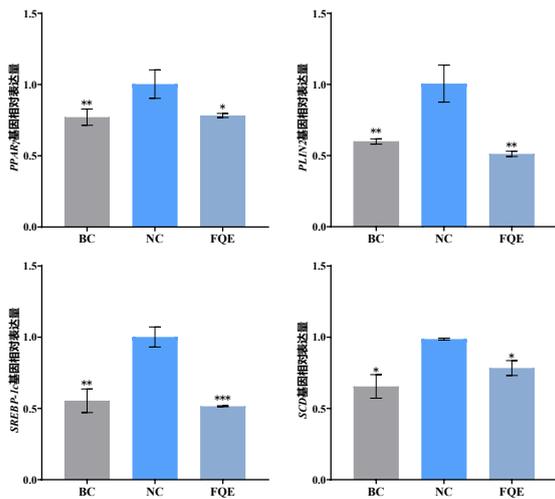


图7 脂质代谢的潜在通路

为了探究 FQE 对皮脂腺细胞内脂质代谢相关基因的影响，测定上述基因的表达量的变化。实验结果如图 8 所示：与空白组相比模型组的 PPAR γ 、PLIN2、SREBP-1c、SCD 基因相对表达量均显著上调，说明本次测试刺激条件有效；与模型组相比，1.25% FQE 干预后 PPAR γ 基因相对表达量显著下调，下调率为 22%；SREBP-1c 基因相对表达量显著下调，下调率为 48%；PLIN2 基因相对表达量显著下调，下调率为 49%；SCD 基因相对表达量显著下调，下调率为 22%。综上所述，FQE 能够下调 PPAR γ 、PLIN2、SREBP-1c、SCD 基因的表达量实现控油功效。



注：与 NC 组相比：* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$ ，*** $p < 0.001$ ，ns，无差异。

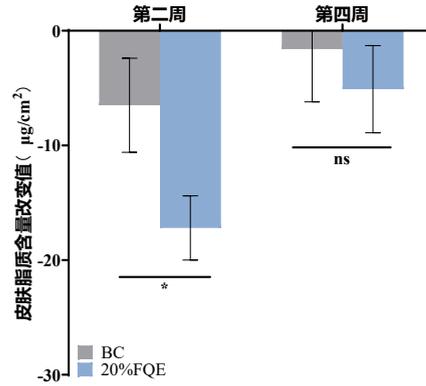
图8 藜麦发酵液对脂质代谢基因相对表达量的影响

2.3 藜麦发酵液的人体功效评价

2.3.1 藜麦发酵液对人体控油功效评价

人体功效实验进一步评价 FQE 的控油效果（图 9）。使用 20% FQE 处理 2 周后皮脂量减少了 $17.2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ，而未处理组皮脂量减少了 $6.5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 。与未处理组相比，处理组在 2 周内显著减少皮肤皮脂 ($p < 0.05$)。虽然 4 周后皮肤皮脂

含量的变化没有显著差异，但处理组比未处理组皮脂量降低更多。以上结果表明 FQE 具有一定的人体控油功效。

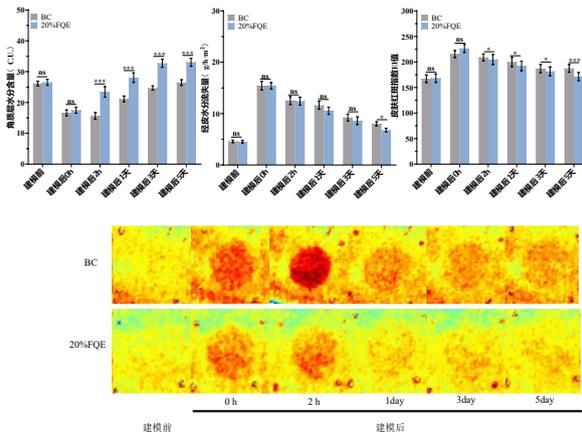


注：与 BC 组相比：* $p < 0.05$ ；ns，无差异。

图9 藜麦发酵液对皮肤皮脂含量变化的影响

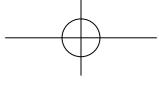
2.3.2 藜麦发酵液人体舒缓功效评价

对志愿者的前臂屈肌侧进行 24 小时闭塞的 2% SLS 刺激，研究 FQE 的舒缓作用（图 10）。建模后 SCH 水平下降，而 TEWL 和 EI 值显著升高，TiVi 700 热图结果显示皮肤中红色色素沉着较多，说明 SLS 刺激建模成功。与未处理组相比，20% FQE 干预的 SCH 水平在建模后 5 天内显著升高 ($p < 0.001$)。20% FQE 在建模后的前 3 天的 TEWL 变化与未处理组无显著性差异，而在第 5 天出现明显下降 ($p < 0.05$)。此外，与未处理组相比，20% FQE 显著降低了 EI 值 ($p < 0.05$)。且随着时间的推移，20% FQE 处理后皮肤中红细胞的聚集量远远少于未处理的皮肤（图 8）。这些指标表明，FQE 可以修复 SLS 诱导的皮肤屏障损伤，舒缓皮肤。



注：与 BC 组相比：* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$ ，*** $p < 0.001$ ，ns，无差异。

图10 藜麦发酵液对 SLS 刺激后皮肤的影响



3. 结论

本研究利用生物发酵技术制备了藜麦发酵液，生化实验结果表明，藜麦提取液发酵后总酚含量明显增多，且对TNF- α 炎症因子的抑制率显著提升。细胞实验结果表明，藜麦发酵液能够有效抑制脂质积累，降低脂质过氧化物和炎症介质的水平，其潜在机制为藜麦发酵液调节了脂质代谢基因的转录与表达从而实现控油效果。同时，人体实验结果证明藜麦发酵液可以减少皮脂分泌并降低SLS刺激引起的屏障损伤。本研究表明藜麦发酵液在体内及体外实验中都表现出较好的抗炎及抑制皮肤皮脂分泌的作用，具有成为控油与舒缓功效的化妆品原料的潜力。

参考文献

[1]Maia Campos P M B G, Melo M O, Mercurio D G. Use of advanced imaging techniques for the characterization of oily skin[J]. *Frontiers in Physiology*, 2019, 10: 254.

[2]Tang J, Diao P, Shu X, et al. Quercetin and quercitrin attenuates the inflammatory response and oxidative stress in LPS - induced RAW264.7 cells: In vitro assessment and a theoretical model[J]. *BioMed research international*, 2019(1): 7039802.

[3]Sun Q, Hu S, Lou Z, et al. The macrophage polarization in inflammatory dermatosis and its potential drug candidates[J]. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2023, 161: 114469.

[4]Angeli V, Miguel Silva P, Crispim Massuela D, et al. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An overview of the potentials of the “golden grain” and socio-economic and environmental aspects of its cultivation and marketization[J]. *Foods*, 2020, 9(2): 216.

[5]Tang M, Zhang Q, Wang X, et al. Study on extraction, isolation, and biological activity of saponins from quinoa bran[D]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2022, 46(12): e17155.

[6]Navruz-Varli S, Sanlier N. Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. *Journal of cereal science*, 2016, 69: 371-376.

[7]杨洁,高凤祥,杨敏,等. 藜麦皮总皂苷微波辅助提取工艺及其抗氧化活性研究 [J]. *食品与机械*, 2017, 33(12): 148-153, 185.

[8]刘兴浩,崔亚君,王佳凯,等. 藜麦营养功能特性及其在植物基食品中的应用 [J/OL]. *中国粮油学报*, 1-11[2025-06-20].

[9]李萍,罗强,金鑫,等. 藜麦皂苷的提取及其酪氨酸酶抑制活性 [J]. *现代食品科技*, 2021, 37 (05): 196-202,129.

[10]何海芬,宋统臣,林飞武. 藜麦在化妆品中的应用前景 [J]. *广东化工*, 2018, 45 (02): 120-122,134.

[11]Han C, Lin B, Huang X, et al. Quinoa husk peptides reduce melanin content via Akt signaling and apoptosis pathways[J]. *Iscience*, 2023,

26(1).

[12]国家市场监督管理总局,中国国家标准化管理委员会. 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法: GB/T 8313-2018[S].北京: 中国标准出版社, 2018.

[13]Song Y J, Bao J M, Zhang Z Q, et al. Arctiin protects chondrocytes from interleukin-1 β -induced inflammation and apoptosis by RNA sequence in vivo and in vitro[J]. *World Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2024, 10(4): 495-511.

[14]鞠强,夏隆庆,尹兴平,等. 盐酸小檗碱、黄芩苷和苦参碱对SZ95皮脂腺细胞增殖及脂质合成的影响 [J]. *中华皮肤科杂志*, 2005, (11): 662-664.

[15]袁道欢,黄嘉敏,林霖,等. 青蒿提取物舒缓与控油祛痘功效研究 [J]. *日用化学品科学*, 2024, 47 (08): 42-46.

[16]卢伊娜,王光寅,谢红,等. 三皮素对抗痤疮的功效研究 [J]. *日用化学工业*, 2019, 49 (01): 29-33.

[17]卢伊娜,杨雅迪,谢智勇,等. 墨藻胶对皮肤水合及屏障功能的促进作用研究 [J]. *日用化学工业*, 2017, 47 (12): 709-712.

[18]Hoang H T, Moon J Y, Lee Y C. Natural antioxidants from plant extracts in skincare cosmetics: Recent applications, challenges and perspectives[J]. *Cosmetics*, 2021, 8(4): 106.

[19]Repo-Carrasco-Valencia R, Hellström J K, Pihlava J M, et al. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*) [J]. *Food chemistry*, 2010, 120(1): 128-133.

[20]Kim J E, Han H, Xu Y, et al. Efficacy of FRO on acne vulgaris pathogenesis[J]. *Pharmaceutics*, 2023, 15(7): 1885.

[21]Inoue T, Miki Y, Kakuo S, et al. Expression of steroidogenic enzymes in human sebaceous glands[J]. *J Endocrinol*, 2014, 222(3): 301-312.

[22]侯凤艳,罗莉,朱俊宇,等. 胍丁胺对脂多糖诱导RAW264.7细胞氧化应激损伤的保护作用 [J]. *第三军医大学学报*, 2016, 38 (09): 949-953.

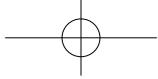
[23]Valko M, Leibfritz D, Moncol J, et al. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease[J]. *The international journal of biochemistry & cell biology*, 2007, 39(1): 44-84.

[24]Sung M, Lim S, Park S, et al. Anti-inflammatory effects of phytosphingosine-regulated cytokines and NF- κ B and MAPK mechanism[J]. *Cellular and Molecular Biology*, 2024, 70(9): 22-30.

[25]Sangiovanni E, Di Lorenzo C, Piazza S, et al. Vitis vinifera L. leaf extract inhibits in vitro mediators of inflammation and oxidative stress involved in inflammatory-based skin diseases[J]. *Antioxidants*, 2019, 8(5): 134.

[26]张荣,李晓歌,陈雁斌,等. Rab18通过PPAR γ 下调PLIN2以减少巨噬细胞脂质蓄积 [J]. *中国病理生理杂志*, 2021, 37 (08): 1367-1375.

[27]Gu H, An H J, Gwon M G, et al. The effects of synthetic srebp-1 and ppar- γ decoy oligodeoxynucleotide on acne-like disease in vivo and in vitro via lipogenic regulation[J]. *Biomolecules*, 2022, 12(12):



1858.

[28]Najt C P, Lwande J S, McIntosh A L, et al. Structural and functional assessment of perilipin 2 lipid binding domain (s)[J]. *Biochemistry*, 2014, 53(45): 7051–7066.

[29]Libby A E, Bales E, Orlicky D J, et al. Perilipin-2 deletion impairs hepatic lipid accumulation by interfering with sterol regulatory element-binding protein (SREBP) activation and altering the hepatic lipidome[J]. *Journal of Biological Chemistry*, 2016, 291(46): 24231–

24246.

[30]Rosignoli C, Nicolas J C, Jomard A, et al. Involvement of the SREBP pathway in the mode of action of androgens in sebaceous glands in vivo[J]. *Experimental dermatology*, 2003, 12(4): 480–489.

[31]Flowers M T, Paton C M, O' Byrne S M, et al. Metabolic changes in skin caused by Scd1 deficiency: a focus on retinol metabolism[J]. *PloS one*, 2011, 6(5): e19734.

Investigation of Fermented Quinoa Extract for its Effects on Skin Sebum Inhibition and Soothing

Chen Deng-hui, Wu Jia-ying, Liu Man-man, Zhang Hong, Shen Yi-hao, Huang Hu^{*}, Li Xiang^{*}
(Proya Cosmetics Co. Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000)

Abstract : Quinoa is rich in bioactive compounds, but its application as a functional cosmetic ingredient remains underexplored. In order to explore the potentially biological activity of quinoa, we developed a novel ingredient fermented quinoa extract (FQE) and explored its effect. The biochemical experiment demonstrates that the total phenol content in FQE significantly increased 12.1% after fermentation ($p < 0.05$), and FQE significantly decreases the level of TNF- α with 63.5% inhibition compared to unfermented extract ($p < 0.01$). And cellular experiments suggests that FQE can inhibit lipid accumulation, reduce the levels of lipid peroxides and inflammatory mediators, and downregulate the relative expression levels of lipid metabolism genes ($p < 0.01$). In addition, the skin sebum in vivo with FQE treatment for 2 consecutive weeks shows marked reduction ($-17.2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$). In the SLS irritant patch test, FQE increases the, and declines the and ($p < 0.001$). FQE presents anti-inflammatory and soothing effects as well as skin sebum inhibition, which provides a new option for.

Keywords : bird's nest extract; anti-aging; anti-inflammatory; network pharmacology; sialic acid; human body evaluation

