

基于活性成分的多靶点修复：六种天然油脂与大豆异黄酮改善更年期皮肤屏障功能的机制研究进展

白新平

武汉市中心医院医学整形美容科，湖北 武汉

收稿日期：2026年6月23日；录用日期：2026年7月16日；发布日期：2026年7月24日

摘要

更年期女性因卵巢功能衰退、雌激素与孕激素水平改变，可出现角质层含水量下降、经皮水分丢失 (transepidermal water loss, TEWL) 升高、脂质屏障重建减慢、炎症阈值降低和胶原基质降解增强等皮肤改变。天然油脂和大豆异黄酮的屏障保护潜力主要来源于其活性成分与更年期皮肤病理环节之间的对应关系。亚油酸(LA)可参与 ω -羟基神经酰胺和角质层脂质结构形成，是屏障脂质重建的核心脂肪酸； γ -亚麻酸(GLA)及其代谢物二高- γ -亚麻酸(DGLA)有利于形成偏抗炎的二十碳烷酸谱； α -亚麻酸(ALA)和其他多不饱和脂肪酸可通过PPAR、MAPK/NF- κ B和氧化应激相关通路参与炎症控制；磷脂、卵磷脂和胆固醇可支持脂质双层、层状液晶结构和活性物递送；植物甾醇、类胡萝卜素、维生素E、角鲨烯及棕榈油酸等成分则分别对应抗炎、抗氧化、膜脂保护、皮脂膜模拟和黏膜/皮肤干燥改善。基于上述成分基础，富含LA和GLA的月见草油、琉璃苣籽油，富含ALA和LA的印加果籽油，富含棕榈油酸、类胡萝卜素和植物甾醇的沙棘果油，富含磷脂、胆固醇、类胡萝卜素及微量甾体成分的蛋黄油，以及具有长链脂肪酸稳定油膜优势的白池花籽油，均具备改善更年期皮肤屏障功能的明确机制基础和潜在应用优势。大豆异黄酮则可通过ER β 相关调控、NF- κ B抑制、Nrf2/ARE抗氧化防御及胶原/弹性纤维代谢调节，与天然油脂形成“外源性脂质补充 - 内源性信号调控”的互补策略。本文系统综述天然油脂与大豆异黄酮在更年期皮肤屏障护理中的作用机制，为复合制剂开发、功效成分筛选和后续临床终点设计提供依据。

关键词

更年期，皮肤屏障，天然油脂，亚油酸， γ -亚麻酸，卵磷脂，大豆异黄酮，孕激素，ER β ，NF- κ B

Active-Component-Based Multi-Target Repair: Advances in the Mechanisms by Which Six Natural Oils and Soy Isoflavones Improve Skin Barrier Function during Menopause

文章引用：白新平. 基于活性成分的多靶点修复：六种天然油脂与大豆异黄酮改善更年期皮肤屏障功能的机制研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(7): 2117-2128. DOI: 10.12677/acm.2026.1672740

Xinping Bai

Department of Medical Aesthetic and Plastic Surgery, Wuhan Central Hospital, Wuhan Hubei

Received: June 23, 2026; accepted: July 16, 2026; published: July 24, 2026

Abstract

Women undergoing menopause may experience a range of skin changes due to declining ovarian function and alterations in estrogen and progesterone levels, including reduced stratum corneum hydration, increased transepidermal water loss (TEWL), delayed lipid barrier restoration, a lowered inflammatory threshold, and accelerated degradation of the collagen matrix. The barrier-protective potential of natural oils and soy isoflavones is primarily attributable to the correspondence between their bioactive components and the pathological processes affecting menopausal skin. Linoleic acid (LA) contributes to the formation of ω -hydroxyceramides and the lipid architecture of the stratum corneum, making it a key fatty acid for epidermal barrier lipid reconstruction. γ -Linolenic acid (GLA) and its metabolite dihomogamma-linolenic acid (DGLA) facilitate the generation of a more anti-inflammatory eicosanoid profile. α -Linolenic acid (ALA) and other polyunsaturated fatty acids contribute to inflammation control through pathways associated with peroxisome proliferator-activated receptors (PPARs), MAPK/NF- κ B signaling, and oxidative stress. Phospholipids, lecithin, and cholesterol support the formation of lipid bilayers and lamellar liquid-crystalline structures while facilitating the delivery of bioactive compounds. Phytosterols, carotenoids, vitamin E, squalene, and palmitoleic acid exert anti-inflammatory and antioxidant effects, protect membrane lipids, mimic the natural sebum film, and alleviate mucosal and cutaneous dryness. On the basis of these compositional characteristics, evening primrose oil and borage seed oil, which are rich in LA and GLA; sa-cha inchi seed oil, which is rich in ALA and LA; sea buckthorn fruit oil, which contains abundant palmitoleic acid, carotenoids, and phytosterols; egg yolk oil, which is rich in phospholipids, cholesterol, carotenoids, and trace steroidal components; and meadowfoam seed oil, which forms a stable lipid film because of its high content of long-chain fatty acids, all possess a well-defined mechanistic basis and potential advantages for improving menopausal skin barrier function. Soy isoflavones may regulate estrogen receptor beta (ER β)-related signaling, inhibit NF- κ B activation, enhance Nrf2/antioxidant response element (ARE)-mediated antioxidant defense, and modulate collagen and elastic-fiber metabolism. They may therefore complement natural oils through an integrated strategy combining exogenous lipid supplementation with endogenous signaling regulation. This review systematically summarizes the mechanisms by which natural oils and soy isoflavones support skin barrier care during menopause and provides a theoretical basis for the development of combination formulations, the selection of functional ingredients, and the design of clinical endpoints in future studies.

Keywords

Menopause, Skin Barrier, Natural Oils, Linoleic Acid, γ -Linolenic Acid, Lecithin, Soy Isoflavones, Progesterone, ER β , NF- κ B

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

更年期是女性由生殖期向老年期过渡的重要生理阶段，其核心内分泌改变为卵巢功能逐渐衰退，雌激素下降并伴随孕激素、雄激素及皮脂腺活性改变。皮肤是性激素的重要靶器官之一，表皮角质形成细胞、真皮成纤维细胞、毛囊和皮脂腺均可受到雌激素受体(ER)、孕激素受体(PR)和其他核受体信号调节。绝经后女性常出现皮肤干燥、紧绷、瘙痒、敏感、弹性下降和细纹增加，其本质不仅是“缺水”，更是角质层脂质、天然保湿因子、皮脂膜、炎症微环境和真皮基质共同失衡的结果[1]-[6]。

皮肤屏障的完整性依赖角质层“砖墙结构”、神经酰胺/胆固醇/游离脂肪酸构成的细胞间脂质、角质形成细胞分化蛋白、天然保湿因子、水通道蛋白、酸性 pH 和皮肤微生态的协同。更年期雌激素缺乏会削弱胶原合成和表皮增殖，慢性低度炎症和氧化应激又可通过 MAPK/AP-1、NF- κ B 和 MMPs 促进基质降解[7][8]。因此，更年期皮肤护理的有效策略应同时覆盖脂质补充、炎症调节、抗氧化防御、受体信号调控和屏障蛋白恢复。

天然油脂和大豆异黄酮的优势在于多成分、多靶点和配方复配价值。LA、GLA、ALA、磷脂/卵磷脂、胆固醇、植物甾醇、类胡萝卜素、维生素 E、棕榈油酸、大豆异黄酮及孕激素相关成分，分别对应更年期皮肤屏障损伤中的脂质缺失、炎症放大、氧化应激、皮脂膜减弱和性激素信号下降等关键环节。月见草油、琉璃苣籽油、沙棘果油、印加果籽油、蛋黄油、白池花籽油和大豆异黄酮因此具有改善更年期皮肤屏障功能的潜在作用。

2. 更年期皮肤屏障损伤的病理基础

2.1. 性激素下降与皮肤结构稳态改变

雌激素通过 ER α 、ER β 及非经典膜受体参与角质形成细胞增殖分化、成纤维细胞胶原合成、透明质酸代谢、皮脂腺活性和创伤修复。绝经后雌激素下降可导致真皮厚度降低、胶原含量减少、弹性纤维排列紊乱和皮肤水合能力下降[1]-[3]。与此同时，孕激素水平下降也可能影响皮肤弹性、成纤维细胞功能和免疫调节。已有局部 2% 孕酮乳膏研究显示，其可提高围绝经期和绝经后女性皮肤弹性和紧致度，这提示孕激素相关信号可作为更年期皮肤衰老干预的一个值得挖掘的方向[9]。

表皮层面，角质层脂质尤其是神经酰胺、胆固醇和游离脂肪酸对 TEWL 和角质层含水量具有决定性影响[4]-[6]。LA 不仅是必需脂肪酸，也是 ω -羟基神经酰胺/酰基神经酰胺结构的重要组成部分；LA 代谢障碍与皮肤屏障疾病、干燥和炎症状态密切相关[10][11]。因此，从含 LA、GLA、ALA 和甾醇的天然油脂入手，补充更年期皮肤缺失的“脂质结构材料”，比单纯讨论保湿剂更能贴合病理基础。

2.2. 炎症反应、氧化应激与基质降解

更年期皮肤处于低雌激素、低皮脂分泌、氧化应激增加和慢性炎症增强的背景中。ROS 积累可激活 MAPK/AP-1 通路并诱导 MMP-1、MMP-3 和 MMP-9 表达，造成胶原降解；NF- κ B 持续活化则促进 TNF- α 、IL-1 β 、IL-6 等炎症介质表达[7][8]。Nrf2/ARE 系统可上调 HO-1、NQO1 和谷胱甘肽相关酶，是抵御氧化应激的重要防御轴[12]。PPAR 家族，尤其 PPAR γ ，参与表皮分化、皮脂腺功能、脂质合成和炎症调节[13]。

从成分角度看，GLA/DGLA、ALA、植物甾醇、类胡萝卜素、维生素 E 和大豆异黄酮分别对应脂质炎症介质调控、核受体激活、膜脂抗氧化和转录调控等环节。将这些成分与更年期屏障损伤机制对应，可更有力地说明天然油脂与大豆异黄酮并非普通润肤原料，而是具备“屏障脂质重建 + 炎症调节 + 抗氧化防御 + 受体信号支持”的复合干预潜力。

3. 天然油脂活性成分干预更年期皮肤屏障的相关研究(表 1)

3.1. 亚油酸：屏障脂质重建的核心结构脂肪酸

LA 是皮肤屏障中最值得优先强调的成分之一。其一，LA 可进入复杂脂质分子并参与 ω -羟基神经酰胺和酰基神经酰胺形成，这类脂质对角质层脂质层状排列、角质细胞包膜连接和 TEWL 控制具有关键意义[10][11]。其二，必需脂肪酸缺乏可表现为干燥、鳞屑、屏障破坏和表皮增生，而补充含 LA 结构的神经酰胺类似物可改善屏障恢复[11]。其三，LA 还可通过氧化衍生物和脂氧合酶通路影响角质形成细胞分化、炎症信号和毛囊皮脂环境[10]。

富含 LA 的原料具有明确的更年期屏障应用价值。月见草油、琉璃苣籽油、印加果籽油和沙棘油均含有较高比例 LA，能够为角质层脂质重建提供底物。与单纯封闭性矿物油相比，这类含 LA 油脂更适合在“更年期干燥 - TEWL 升高 - 脂质层紊乱”的场景中作为功能性脂质补充原料。

Table 1. Key components, mechanisms of action, corresponding sources, and potential effects on menopausal skin
表 1. 关键成分 - 作用机制 - 对应原料 - 更年期皮肤潜在作用

关键成分	主要机制靶点	对应原料	与更年期皮肤的关联	应用优势
亚油酸(LA)	ω -羟基神经酰胺/酰基神经酰胺、角质层脂质层状结构	月见草油、琉璃苣籽油、印加果籽油、沙棘油	更年期 TEWL 升高和干燥与脂质层紊乱相关	优先作为屏障脂质重建底物
γ -亚麻酸(GLA)/DGLA	PGE1、15-HETrE、AA 竞争、炎症介质谱重塑	琉璃苣籽油、月见草油	适配瘙痒、敏感、低度炎症和修复慢场景	兼具脂质补充和抗炎调节
α -亚麻酸(ALA)	PPAR、NF- κ B、MAPK、膜脂流动性	印加果籽油、沙棘油	低雌激素背景下炎症和氧化应激增强	可作为 ω -3/ ω -6 平衡型油脂
磷脂/卵磷脂/胆固醇	脂质体、层状液晶、细胞膜和角质层脂质	蛋黄油、蛋黄卵磷脂	更年期屏障脂质不足和活性物递送效率下降	生物相容性脂质载体和屏障补充基质
植物甾醇	抗炎、脂质合成、AQP3、水合调节	沙棘油、印加果籽油、大豆来源成分	干燥、红斑和屏障恢复慢	可增强脂质补充的功能性
类胡萝卜素/维生素 E	Nrf2/抗氧化、膜脂保护、抗光老化	沙棘果油、蛋黄油、印加果籽油	更年期氧化应激和 MMP 介导胶原降解增强	保护 PUFA 并降低炎症放大
棕榈油酸(ω -7)	皮脂膜模拟、润滑、黏膜/皮肤干燥支持	沙棘果油	更年期皮脂减少和干燥感增强	适合干燥、紧绷和黏膜屏障场景
长链 C20-C22 脂肪酸	稳定油膜、润肤成膜、降低配方氧化	白池花籽油	更年期皮肤需要持久润泽和低刺激配方	作为高 PUFA 油脂复配稳定基质
大豆异黄酮	ER β 、NF- κ B、Nrf2/ARE、胶原/弹性纤维代谢	大豆异黄酮、发酵大豆来源成分	雌激素下降导致水合、弹性和基质合成降低	内源性信号调控核心活性成分
孕激素相关甾体成分	PR、皮肤弹性、免疫调节、组织修复	蛋黄油(微量甾体成分)	更年期孕激素下降与皮肤弹性和免疫稳态改变相关	可作为蛋黄油机制延展亮点

3.2. γ -亚麻酸和 DGLA：从脂质补充走向炎症介质重塑

GLA 可经延长酶代谢为 DGLA，DGLA 进一步生成 PGE1、15-HETrE 等偏抗炎的二十碳烷酸衍生物，并可与花生四烯酸(AA)竞争 COX 和 LOX 通路，从而影响炎症介质谱[14]-[16]。更年期皮肤常伴随低度炎症、瘙痒敏感和屏障修复延迟，因此 GLA 并不只是“保湿脂肪酸”，而是连接脂质补充和炎症调节的桥梁。

月见草油和琉璃苣籽油是 GLA 的重要天然来源, 其中琉璃苣籽油 GLA 含量通常更高, 月见草油则兼具较高 LA 和 GLA。GLA 补充在干燥皮肤和轻度特应性皮炎人群中已有改善皮肤参数的研究, 机制可能与 GLA 向抗炎代谢物转化有关[17]。将这一证据链外推至更年期皮肤, 可形成较强的理论支撑: GLA 富集油脂有助于降低更年期屏障受损背景下的炎症放大, 促进脂质屏障稳定和瘙痒敏感状态改善。

3.3. α -亚麻酸和 ω -3/ ω -6 平衡: 面向 PPAR 和 NF- κ B 的炎症控制

ALA 是植物来源 ω -3 多不饱和脂肪酸, 可影响细胞膜脂质组成、脂质介质生成和核受体信号。更年期皮肤中, 氧化应激和 NF- κ B 相关炎症增强使角质形成细胞屏障蛋白表达和真皮基质维护受到影响; 富含 ALA 和 LA 的油脂有望通过改善 PUFA 谱、调节 PPAR 相关通路、减轻 MAPK/NF- κ B 活化及支持膜脂流动性来参与皮肤稳态。

印加果籽油是 ALA 和 LA 含量突出的植物油。2024 年动物研究显示, 印加果籽油可改善特应性皮炎样皮损、抓挠行为、皮肤增厚和肥大细胞浸润, 并降低炎症因子, 同时上调 filaggrin 和 loricrin、抑制 P38/ERK/NF- κ B/I κ B α 相关信号[18]。此外, 印加果籽油在人体皮肤外植体和角质形成细胞模型中可抑制金黄色葡萄球菌黏附, 支持其在屏障受损和微生态易失衡状态中的应用价值[19]。

3.4. 磷脂、卵磷脂和胆固醇: 蛋黄油的脂质层状结构优势

更年期皮肤屏障修复不能只依赖游离脂肪酸, 还需要膜脂与层状脂质结构的支持。蛋黄油含甘油三酯、磷脂、卵磷脂、胆固醇、类胡萝卜素和脂溶性微量成分[20] [21]。卵磷脂以磷脂酰胆碱等磷脂为主, 可形成脂质体和层状液晶结构, 有利于提高脂溶性活性物分散性、皮肤相容性和经皮递送稳定性。胆固醇则是角质层三大关键脂质之一, 与神经酰胺和游离脂肪酸共同维持屏障层状排列[4]-[6]。

因此, 蛋黄油在更年期皮肤中的价值主要体现为富含磷脂 - 胆固醇 - 脂溶性抗氧化物的生物相容性脂质基质。烧伤和创面动物模型显示蛋黄油可促进再上皮化和愈合[22]; 结合磷脂递送、胆固醇屏障补充和类胡萝卜素抗氧化作用, 蛋黄油适合被纳入更年期屏障修复复合油相的候选原料。

3.5. 植物甾醇、类胡萝卜素、维生素 E 和棕榈油酸: 抗炎抗氧化与皮脂膜模拟

植物甾醇结构与胆固醇相近, 具有膜脂稳定、抗炎和屏障修复潜力。人群研究曾观察到外用大豆植物甾醇有助于屏障恢复; 新的机制研究也提示 β -谷甾醇可通过抑制 IL-1 β 、TNF- α , 上调 SPT、CerS-3、CerS-4 和 AQP3 等与脂质合成和水合相关的表达, 保护 UVB 诱导的表皮屏障损伤[23] [24]。这提示富含植物甾醇的沙棘油、印加果籽油和大豆相关成分可在更年期皮肤屏障修复中发挥更积极作用。

沙棘果油富含棕榈油酸、LA、ALA、植物甾醇、类胡萝卜素和维生素 E [25]。棕榈油酸为皮脂中重要脂肪酸之一, 可模拟皮脂膜并参与干燥黏膜和皮肤表面润滑; 类胡萝卜素和维生素 E 可保护 PUFA 免受氧化, 并降低 ROS 引发的炎症放大。白池花籽油则富含 C20-C22 长链脂肪酸, 氧化稳定性和润肤成膜性突出[26] [27], 适合与高 PUFA 油脂复配, 以降低氧化风险并延长皮肤表面润泽维持时间。

3.6. 大豆异黄酮: 植物雌激素的 Er β -NF- κ B-Nrf2 多通路优势

大豆异黄酮主要包括 genistein、daidzein 和 glycitein。经典受体结合研究显示, genistein 等植物雌激素对 ER β 具有相对更高的亲和力和转录激活能力[28] [29]。由于皮肤中 ER β 表达较丰富, 大豆异黄酮有望在低雌激素环境下通过温和的受体相关调节影响角质形成细胞分化、成纤维细胞活性、胶原代谢和透明质酸合成。

在炎症和氧化应激方面, genistein 可抑制 STAT3/NF- κ B 相关炎症信号并降低炎症因子表达[30], 异黄酮及其代谢物还可通过 Nrf2/Keap1 通路增强抗氧化防御[12] [31]。更重要的是, 大豆异黄酮在中老年

和绝经后女性皮肤中已有较多临床研究：口服异黄酮苷元可改善眼周细纹和面颊弹性[32]；含异黄酮大豆蛋白补充可改善绝经后女性面部光老化和皮肤水合[33]；外用异黄酮也在绝经后女性皮肤形态学参数方面显示积极结果[34]。因此，大豆异黄酮应被作为更年期皮肤屏障和皮肤衰老干预中的核心活性成分，而不是附带成分。

3.7. 孕激素相关成分：蛋黄油中微量甾体成分的机制延展

更年期并非只有雌激素下降，孕激素水平变化同样可能影响皮肤弹性、免疫稳态和组织修复。皮肤成纤维细胞和角质形成细胞可表达 PR，局部孕酮信号与皮肤弹性和紧致度改善相关[9]。鸡蛋黄中可检测到孕酮及其他甾体激素，蛋黄油作为脂溶性组分富集体系，理论上可能保留部分甾体类微量成分[35][36]。

这一机制为蛋黄油在更年期皮肤中的应用提供了新的论证角度：蛋黄油不仅提供磷脂、胆固醇和 PUFA，也可能携带微量甾体样信号分子，与更年期孕激素下降背景下的皮肤弹性和免疫失衡相呼应。该机制可作为“甾体脂质样活性 + 屏障脂质补充”的潜在开发依据，但其作用强度和安全边界仍需结合标准化成分分析与人体研究进一步明确。

4. 含有不同活性成分的天然油脂在更年期皮肤屏障中的潜在应用优势(图 1)

4.1. 月见草油：LA + GLA 双底物型屏障修复油

月见草油(*Oenothera biennis* oil)的优势在于同时提供 LA 和 GLA。LA 支持角质层脂质结构重建，GLA/DGLA 则可调节炎症介质谱。因此，月见草油特别适合被定位为“脂质屏障重建 + 敏感炎症调节”的双底物型油脂。健康成人口服月见草油 12 周后，皮肤含水量、TEWL、弹性、紧致度和粗糙度等生物物理参数改善[37]；异维 A 酸相关皮肤干燥研究也提示其对干燥状态有支持作用[38]。虽然这些研究并非全部以更年期女性为对象，但其改善干燥、TEWL 和弹性的终点与更年期皮肤需求高度重合，因此可作为更年期屏障护理优先考虑的机制型油脂。

4.2. 琉璃苣籽油：高 GLA 含量的炎症敏感调节油

琉璃苣籽油(*Borago officinalis* seed oil)通常被视为 GLA 含量较高的天然油脂。其核心价值不在于单纯“治疗湿疹”，而在于为皮肤提供 DGLA 前体，使屏障损伤伴随炎症放大的皮肤状态获得更有利的脂质介质环境[16][17]。更年期女性常见干燥、瘙痒和敏感，均与低度炎症和屏障破坏互相促进。琉璃苣籽油可作为月见草油的高 GLA 强化版本，与 LA 丰富油脂、异黄酮和抗氧化油脂共同构成复合干预。

4.3. 沙棘果油：棕榈油酸 - 类胡萝卜素 - 植物甾醇复合型屏障油

沙棘果油(*Hippophae rhamnoides* fruit oil)含棕榈油酸、LA、ALA、植物甾醇、类胡萝卜素和维生素 E [25]。这种成分组合非常适合更年期皮肤：棕榈油酸可模拟皮脂膜并改善干燥紧绷，LA/ALA 补充屏障脂质底物，植物甾醇参与抗炎和屏障恢复，类胡萝卜素/维生素 E 保护 PUFA 并降低氧化应激。沙棘油在绝经后女性阴道萎缩研究中显示对上皮完整性和阴道健康指数有积极趋势[39]，近年口服沙棘油随机对照研究也观察到皮肤、黏膜干燥相关指标改善[40]。这些证据使沙棘果油成为更年期皮肤与黏膜屏障护理中非常有开发价值的油脂。

4.4. 印加果籽油：ALA/LA 高 PUFA 抗炎抗氧化油

印加果籽油(*Plukenetia volubilis* seed oil, *sacha inchi* oil)富含 ALA 和 LA，不饱和脂肪酸比例高，并含维生素 E 等抗氧化成分。其在特应性皮炎样小鼠模型中可降低皮肤损伤、抓挠、皮肤增厚、肥大细胞浸润和多种炎症因子，同时上调 filaggrin 和 loricrin 并抑制 P38/ERK/NF- κ B/I κ B α 信号[18]；体外研究显示

其可抑制金黄色葡萄球菌对皮肤外植体和角质形成细胞的黏附[19]。更年期皮肤常存在屏障蛋白表达下降、炎症阈值降低和微生态易失衡，因此印加果籽油可被定位为“高 PUFA 抗炎抗氧化 + 微生态屏障支持”的潜力原料。



Figure 1. Schematic illustration of the mechanisms by which natural oils and soy isoflavones improve the skin barrier during menopause based on their bioactive components. Under the background of menopausal hormone decline, oxidative stress, low-grade inflammation, and lipid deficiency, LA, GLA/DGLA, ALA, phospholipids/cholesterol, phytosterols, carotenoids/vitamin E, soy isoflavones, and progesterone-related components exert multi-target regulatory effects on TEWL, stratum corneum lipid reconstruction, inflammatory factors, Nrf2, collagen degradation, and skin elasticity

图 1. 基于活性成分的天然油脂和大豆异黄酮改善更年期皮肤屏障机制示意图。更年期激素下降、氧化应激、低度炎症和脂质不足背景下，LA、GLA/DGLA、ALA、磷脂/胆固醇、植物甾醇、类胡萝卜素/维生素 E、大豆异黄酮和孕激素相关成分对 TEWL、角质层脂质重建、炎症因子、Nrf2、胶原降解和皮肤弹性的多靶点调节

4.5. 蛋黄油：磷脂 - 胆固醇 - 类胡萝卜素 - 微量甾体的复合脂质基质

蛋黄油(egg yolk oil)与植物油不同，其亮点是更接近生物膜和角质层脂质需求的复合脂质结构。蛋黄油含甘油三酯、磷脂、胆固醇、PUFA 和类胡萝卜素[20][21]，既可作为润肤油相，也可作为脂质递送和屏障修复基质。蛋黄油在烧伤模型中促进再上皮化和愈合[22]，提示其对受损表皮有组织修复支持作用。

此外，蛋黄中可检测到孕酮等甾体激素[35][36]，而局部孕酮已被报道可提高围绝经期和绝经后女性皮肤弹性和紧致度[9]。因此，蛋黄油可作为一种同时具备磷脂层状结构、胆固醇屏障补充、脂溶性抗氧化和微量甾体相关信号潜力的复合脂质原料。对于更年期孕激素下降、皮肤弹性降低和屏障修复变慢的背景，蛋黄油具有值得强调的机制优势。

4.6. 白池花籽油：高稳定长链油膜型润肤基质

白池花籽油(Limnanthes alba seed oil, meadowfoam seed oil)以 C20-C22 长链脂肪酸为主要组成，氧化稳定性高，肤感柔润且成膜持久[26][27]。其作用重点不是强烈的受体调控，而是在更年期皮肤护理配方中提供稳定、低刺激、长效润肤的油膜基质。更年期皮肤屏障脆弱且耐受性下降，高 PUFA 油脂虽具有机制活性，但易受氧化影响；白池花籽油可与月见草油、琉璃苣籽油、印加果籽油或沙棘油复配，改善配方稳定性、延长润泽时间，并降低油脂氧化导致的刺激风险。

4.7. 大豆异黄酮：更年期皮肤信号调控的核心活性成分

相较于主要发挥脂质补充、润肤和抗氧化作用的天然油脂，大豆异黄酮能够从雌激素受体调控、炎症抑制和抗氧化防御等层面参与皮肤屏障稳态维护，因而在更年期女性皮肤屏障干预中具有更明确的理论针对性和应用潜力。其植物雌激素属性、 $ER\beta$ 偏向性、抗炎抗氧化作用和临床研究基础，使其非常适合连接更年期内分泌改变与皮肤屏障/皮肤衰老。口服大豆异黄酮苷元改善成人女性细纹和面颊弹性[32]；含异黄酮大豆蛋白改善绝经后女性光老化、皱纹、色素和水合指标[33]；外用异黄酮对绝经后女性皮肤形态学也显示积极结果[34]。系统综述亦支持口服或外用大豆补充在皮肤老化、屏障状态、水合、色素和炎症相关皮肤参数方面具有应用潜力[41]。

基于更年期皮肤屏障损伤涉及雌激素缺乏、角质层脂质不足、慢性低度炎症、氧化应激增强及真皮基质降解等多重环节，天然油脂与大豆异黄酮的复方应用具有明确的机制互补基础。富含亚油酸、 γ -亚麻酸、 α -亚麻酸、植物甾醇、磷脂及脂溶性抗氧化物的天然油脂，可在皮肤表面形成润肤性脂质膜，并通过补充外源性脂质、改善角质层脂质环境、减少水分散失及增强活性成分在角质层中的分配与滞留，为更年期皮肤屏障修复提供物质基础[42] [43]。与此同时，油脂相还可作为异黄酮等脂溶性或两亲性活性成分的递送载体，提高复方体系的铺展性、稳定性和皮肤亲和性，从而增强整体配方的屏障支持作用。

与主要作用于皮肤表面脂质层和屏障微环境的天然油脂不同，大豆异黄酮更侧重于内源性信号调控。其代表性成分金雀异黄酮和大豆苷元具有植物雌激素样活性，可与雌激素受体尤其是 $ER\beta$ 发生相互作用，进而参与角质形成细胞分化、成纤维细胞功能、胶原代谢及皮肤水合相关基因的调节[28] [29]。由于更年期皮肤改变的重要内在基础是雌激素下降及其引发的屏障稳态失衡，大豆异黄酮通过 $ER\beta$ 相关信号介入皮肤稳态调节，能够在机制上更好地契合更年期女性皮肤干燥、弹性下降和修复能力减弱等特点。

此外，大豆异黄酮还可通过抑制 $NF-\kappa B/STAT3$ 等炎症相关通路，降低炎症因子表达，并通过 $Nrf2/ARE$ 信号增强细胞抗氧化防御，从而减轻氧化应激和慢性炎症对屏障结构及真皮基质的持续损伤[30] [31]。已有随机对照研究显示，口服或外用异黄酮可改善中老年或绝经后女性皮肤弹性、水合、细纹或皮肤形态学参数[32]-[34]。因此，天然油脂与大豆异黄酮复配可形成“外源性脂质补充 - 屏障微环境改善 - 内源性受体与炎症/氧化应激通路调控”的多层级干预模式：天然油脂提供屏障修复所需的脂质基础和递送环境，大豆异黄酮则从 $ER\beta$ 、 $NF-\kappa B$ 、 $Nrf2/ARE$ 及基质代谢等通路参与皮肤稳态重建，二者共同构成更年期女性皮肤屏障护理中具有应用潜力的复合干预策略。

5. 天然油脂与大豆异黄酮复合应用的理论基础

从配方和机制角度看，天然油脂与大豆异黄酮的复配可形成三层作用：第一层为屏障材料层，由 LA、GLA、ALA、胆固醇、磷脂和长链脂肪酸补充角质层脂质、形成润肤油膜并降低 TEWL；第二层为炎症氧化调控层，由 GLA/DGLA、植物甾醇、类胡萝卜素、维生素 E 和 ALA 抑制炎症放大、保护膜脂并降低氧化应激；第三层为内源性信号层，由大豆异黄酮和蛋黄油中可能存在的微量甾体相关成分对应 $ER\beta/PR$ 及下游转录调控(见图 2)。

在更年期皮肤屏障护理中，可考虑以下复配思路：(1) 月见草油或琉璃苣籽油提供 LA/GLA，突出屏障脂质和抗炎介质；(2) 沙棘果油提供棕榈油酸、类胡萝卜素和植物甾醇，强化干燥皮脂膜和抗氧化；(3) 印加果籽油提供 ALA/LA 高 PUFA，支持 PPAR 和 $NF-\kappa B$ 相关调节；(4) 蛋黄油提供磷脂、胆固醇和脂质递送结构，并延展至孕激素相关机制；(5) 白池花籽油作为稳定油相降低氧化和改善肤感；(6) 大豆异黄酮作为 $ER\beta$ 相关核心活性物，补足更年期内源性信号不足。该复合体系可被概括为“脂质结构补充 - 炎症氧化调控 - 植物雌激素信号支持”的多靶点方案。

天然油脂与大豆异黄酮复合应用改善更年期皮肤屏障的多靶点机制

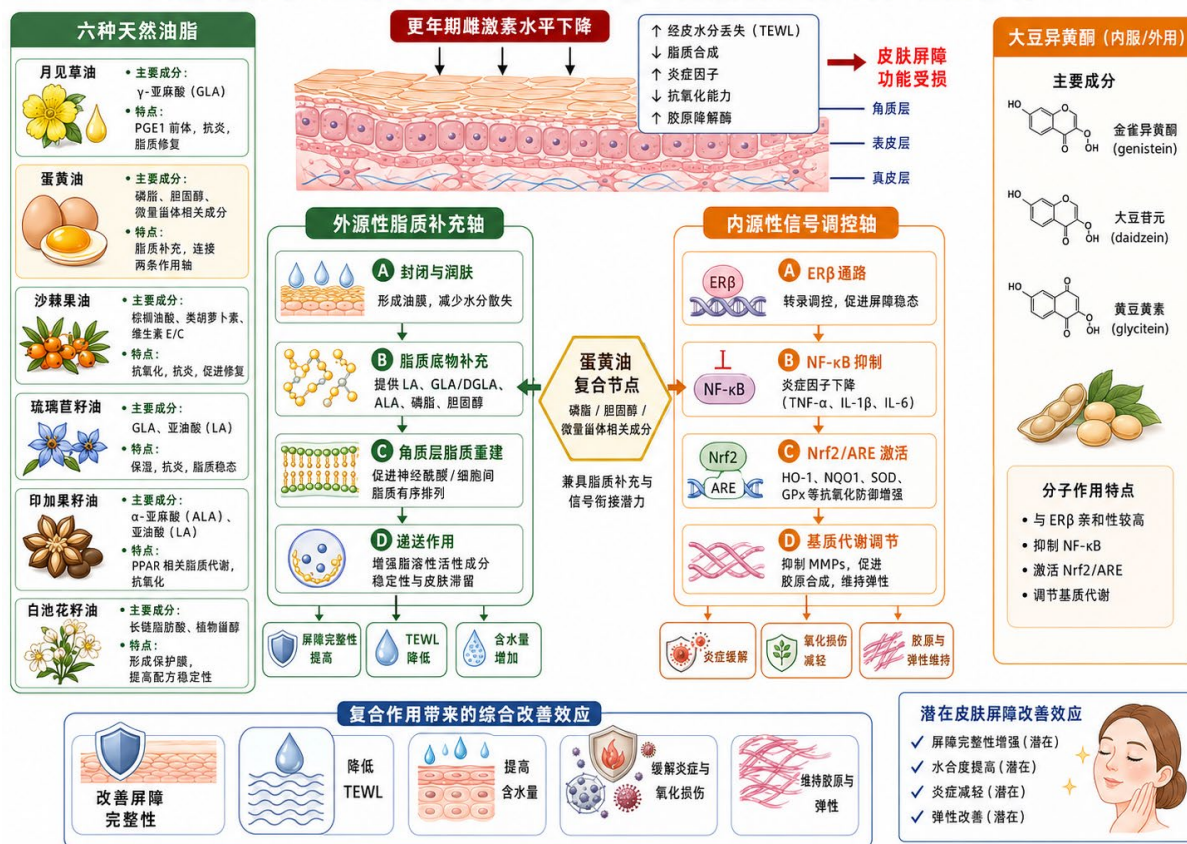


Figure 2. Multi-target mechanisms underlying the combined application of natural oils and soy isoflavones. The axis of exogenous lipid supplementation is primarily characterized by the occlusive, emollient, lipid-substrate, and delivery functions of the oil phase. The axis of endogenous signaling regulation is mainly mediated by the effects of soy isoflavones on ER β , NF- κ B, Nrf2/ARE, and extracellular matrix metabolism. Egg yolk oil serves as a composite node rich in phospholipids, cholesterol, and trace steroidal components, linking these two functional axes

图 2. 天然油脂与大豆异黄酮复合应用的多靶点机制。外源性脂质补充轴以油脂相的封闭、润肤、脂质底物和递送作用为主；内源性信号调控轴以大豆异黄酮对 ER β 、NF- κ B、Nrf2/ARE 和基质代谢的调节为主；蛋黄油作为磷脂/胆固醇/微量甾体复合节点连接两条作用轴

6. 总结与展望

更年期女性皮肤屏障损伤是性激素下降、角质层脂质不足、皮脂膜减弱、慢性炎症、氧化应激和基质降解共同作用的结果。基于成分机制可以更明确地看到,天然油脂和大豆异黄酮均具有改善更年期皮肤屏障功能的潜在作用,其应用价值来自活性成分对屏障脂质、炎症氧化反应和性激素相关信号的多层次支持。

其中,月见草油和琉璃苣籽油的优势在于 LA/GLA 和 DGLA 抗炎介质;沙棘果油的优势在于棕榈油酸、植物甾醇、类胡萝卜素和维生素 E 构成的干燥屏障支持;印加果籽油的优势在于 ALA/LA 高 PUFA、抗炎抗氧化和微生态黏附调节;蛋黄油的优势在于磷脂、胆固醇、类胡萝卜素和微量甾体相关机制;白池花籽油的优势在于高稳定长链油膜和复配抗氧化保护;大豆异黄酮则通过 ER β 、NF- κ B、Nrf2/ARE 和胶原/弹性纤维代谢调控,构成更年期皮肤信号调节的核心成分。

随着成分谱标准化、分子机制验证、复合制剂优化及更年期女性皮肤终点研究的逐步完善,天然油脂与大豆异黄酮在更年期皮肤屏障护理中的应用依据将更加充分,并有望形成兼具脂质补充与内源性信

号调控优势的干预策略。在成分层面明确 LA、GLA、ALA、植物甾醇、类胡萝卜素、维生素 E、卵磷脂、胆固醇和孕激素样微量成分含量；在机制层面采用重建人表皮、皮肤外植体、脂质组学和转录组学评价角质层脂质、filaggrin、loricrin、AQP3、PPAR、NF- κ B、Nrf2 和 MMPs；在人群研究中以 TEWL、角质层含水量、皮肤弹性、瘙痒/敏感评分、皮脂含量、红斑指数和生活质量作为主要终点。基于当前成分机制和相关皮肤研究证据，这些天然油脂与大豆异黄酮已经具备作为更年期皮肤屏障护理复合原料的较强开发逻辑和潜在应用优势。

参考文献

- [1] Brincat, M., Muscat Baron, Y. and Galea, R. (2005) Estrogens and the Skin. *Climacteric*, **8**, 110-123. <https://doi.org/10.1080/13697130500118100>
- [2] Thornton, M.J. (2013) Estrogens and Aging Skin. *Dermato-Endocrinology*, **5**, 264-270. <https://doi.org/10.4161/derm.23872>
- [3] Rzepecki, A.K., Murase, J.E., Juran, R., Fabi, S.G. and McLellan, B.N. (2019) Estrogen-Deficient Skin: The Role of Topical Therapy. *International Journal of Women's Dermatology*, **5**, 85-90. <https://doi.org/10.1016/j.ijwd.2019.01.001>
- [4] Elias, P.M. (2008) Skin Barrier Function. *Current Allergy and Asthma Reports*, **8**, 299-305. <https://doi.org/10.1007/s11882-008-0048-0>
- [5] Proksch, E., Brandner, J.M. and Jensen, J. (2008) The Skin: An Indispensable Barrier. *Experimental Dermatology*, **17**, 1063-1072. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0625.2008.00786.x>
- [6] Feingold, K.R. (2009) The Outer Frontier: The Importance of Lipid Metabolism in the Skin. *Journal of Lipid Research*, **50**, S417-S422. <https://doi.org/10.1194/jlr.r800039-jlr200>
- [7] Fisher, G.J., Kang, S., Varani, J., Bata-Csorgo, Z., Wan, Y., Datta, S., *et al.* (2002) Mechanisms of Photoaging and Chronological Skin Aging. *Archives of Dermatology*, **138**, 1462-1470. <https://doi.org/10.1001/archderm.138.11.1462>
- [8] Rinnerthaler, M., Bischof, J., Streubel, M., Trost, A. and Richter, K. (2015) Oxidative Stress in Aging Human Skin. *Biomolecules*, **5**, 545-589. <https://doi.org/10.3390/biom5020545>
- [9] Holzer, G., Riegler, E., Hönigsmann, H., Farokhnia, S. and Schmidt, B. (2005) Effects and Side-Effects of 2% Progesterone Cream on the Skin of Peri- and Postmenopausal Women: Results from a Double-Blind, Vehicle-Controlled, Randomized Study. *British Journal of Dermatology*, **153**, 626-634. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2005.06685.x>
- [10] Wang, X., Jia, Y. and He, H. (2025) The Role of Linoleic Acid in Skin and Hair Health: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, **26**, Article No. 246. <https://doi.org/10.3390/ijms26010246>
- [11] Imokawa, G., Yada, Y., Higuchi, K., Okuda, M., Ohashi, Y. and Kawamata, A. (1994) Pseudo-Acylceramide with Linoleic Acid Produces Selective Recovery of Diminished Cutaneous Barrier Function in Essential Fatty Acid-Deficient Rats and Has an Inhibitory Effect on Epidermal Hyperplasia. *Journal of Clinical Investigation*, **94**, 89-96. <https://doi.org/10.1172/jci117352>
- [12] Ma, Q. (2013) Role of Nrf2 in Oxidative Stress and Toxicity. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, **53**, 401-426. <https://doi.org/10.1146/annurev-pharmtox-011112-140320>
- [13] Briganti, S., Mosca, S., Di Nardo, A., Flori, E. and Ottaviani, M. (2024) New Insights into the Role of PPAR γ in Skin Physiopathology. *Biomolecules*, **14**, Article No. 728. <https://doi.org/10.3390/biom14060728>
- [14] Ziboh, V.A., Miller, C.C. and Cho, Y. (2000) Metabolism of Polyunsaturated Fatty Acids by Skin Epidermal Enzymes: Generation of Anti-Inflammatory and Antiproliferative Metabolites. *Lipids*, **35**, 961-967.
- [15] Fan, Y.Y. and Chapkin, R.S. (1998) Importance of Dietary γ -Linolenic Acid in Human Health and Nutrition. *The Journal of Nutrition*, **128**, 1411-1414. <https://doi.org/10.1093/jn/128.9.1411>
- [16] Sergeant, S., Rahbar, E. and Chilton, F.H. (2016) Gamma-Linolenic Acid, Dihomo-Gamma Linolenic, Eicosanoids and Inflammatory Processes. *European Journal of Pharmacology*, **785**, 77-86. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2016.04.020>
- [17] Kawamura, A., Ooyama, K., Kojima, K., Kachi, H., Abe, T., Amano, K., *et al.* (2011) Dietary Supplementation of Gamma-Linolenic Acid Improves Skin Parameters in Subjects with Dry Skin and Mild Atopic Dermatitis. *Journal of Oleo Science*, **60**, 597-607. <https://doi.org/10.5650/jos.60.597>
- [18] Zhang, Y., Zhao, W., Liao, J., Zhang, Y., Wang, L., Li, P., *et al.* (2024) Evaluation of the Therapeutic Effect of Sacha Inchi Oil in Atopic Dermatitis Mice. *International Immunopharmacology*, **138**, Article ID: 112552. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2024.112552>

- [19] Gonzalez-Aspajo, G., Belkhef, H., Haddioui-Hbabi, L., Bourdy, G. and Deharo, E. (2015) Sacha Inchi Oil (*Plukenetia volubilis* L.), Effect on Adherence of *Staphylococcus aureus* to Human Skin Explant and Keratinocytes *in Vitro*. *Journal of Ethnopharmacology*, **171**, 330-334. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.06.009>
- [20] Abeyrathne, E.D.N.S., Nam, K., Huang, X. and Ahn, D.U. (2022) Egg Yolk Lipids: Separation, Characterization, and Utilization. *Food Science and Biotechnology*, **31**, 1243-1256. <https://doi.org/10.1007/s10068-022-01138-4>
- [21] Zhao, F., Li, R., Liu, Y. and Chen, H. (2023) Perspectives on Lecithin from Egg Yolk: Extraction, Physicochemical Properties, Modification, and Applications. *Frontiers in Nutrition*, **9**, 1082671. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1082671>
- [22] Rastegar, F., Azarpira, N., Amiri, M., *et al.* (2011) The Effect of Egg Yolk Oil in the Healing of Third Degree Burn Wound in Rats. *Iranian Red Crescent Medical Journal*, **13**, 739-743.
- [23] Puglia, C. and Bonina, F. (2008) *In Vivo* Spectrophotometric Evaluation of Skin Barrier Recovery after Topical Application of Soybean Phytosterols. *Journal of Cosmetic Science*, **59**, 217-224.
- [24] Zhou, Y., Wang, L., Jing, R. and Wang, L. (2026) UPLC-Q-TOF/MS and Network Pharmacology Identify β -Sitosterol as a Key Component of *Saussurea involucreata* against Epidermal Barrier Damage. *Discover Pharmaceutical Sciences*, **2**, Article No. 1. <https://doi.org/10.1007/s44395-025-00034-0>
- [25] Marsiñach, M.S. and Cuenca, A.P. (2019) The Impact of Sea Buckthorn Oil Fatty Acids on Human Health. *Lipids in Health and Disease*, **18**, Article No. 145. <https://doi.org/10.1186/s12944-019-1065-9>
- [26] Moser, B.R., Knothe, G. and Cermak, S.C. (2010) Biodiesel from Meadowfoam (*Limnanthes alba* L.) Seed Oil: Oxidative Stability and Unusual Fatty Acid Composition. *Energy & Environmental Science*, **3**, 318-327. <https://doi.org/10.1039/b923740m>
- [27] Zielińska, A., Nowak, I., Abed, K., *et al.* (2020) Two- and Three-Dimensional Spectrofluorimetric Qualitative Analysis of Selected Cold-Pressed Oils. *Applied Sciences*, **10**, Article No. 8460.
- [28] Kuiper, G.G.J.M., Lemmen, J.G., Carlsson, B., Corton, J.C., Safe, S.H., van der Saag, P.T., *et al.* (1998) Interaction of Estrogenic Chemicals and Phytoestrogens with Estrogen Receptor β . *Endocrinology*, **139**, 4252-4263. <https://doi.org/10.1210/endo.139.10.6216>
- [29] Manas, E.S., Xu, Z.B., Unwalla, R.J. and Somers, W.S. (2004) Understanding the Selectivity of Genistein for Human Estrogen Receptor- β Using X-Ray Crystallography and Computational Methods. *Structure*, **12**, 2197-2207. <https://doi.org/10.1016/j.str.2004.09.015>
- [30] Wang, A., Wei, J., Lu, C., Chen, H., Zhong, X., Lu, Y., *et al.* (2019) Genistein Suppresses Psoriasis-Related Inflammation through a STAT3-NF- κ B-Dependent Mechanism in Keratinocytes. *International Immunopharmacology*, **69**, 270-278. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2019.01.054>
- [31] Mann, G.E., Bonacasa, B., Ishii, T. and Siow, R.C. (2009) Targeting the Redox Sensitive Nrf2-Keap1 Defense Pathway in Cardiovascular Disease: Protection Afforded by Dietary Isoflavones. *Current Opinion in Pharmacology*, **9**, 139-145. <https://doi.org/10.1016/j.coph.2008.12.012>
- [32] Izumi, T., Saito, M., Obata, A., Arii, M., Yamaguchi, H. and Matsuyama, A. (2007) Oral Intake of Soy Isoflavone Aglycone Improves the Aged Skin of Adult Women. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, **53**, 57-62. <https://doi.org/10.3177/jnsv.53.57>
- [33] Rizzo, J., Min, M., Adnan, S., Afzal, N., Maloh, J., Chambers, C.J., *et al.* (2023) Soy Protein Containing Isoflavones Improves Facial Signs of Photoaging and Skin Hydration in Postmenopausal Women: Results of a Prospective Randomized Double-Blind Controlled Trial. *Nutrients*, **15**, Article No. 4113. <https://doi.org/10.3390/nu15194113>
- [34] Moraes, A.B., Haidar, M.A., Soares, J.M., Simões, M.J., Baracat, E.C. and Patriarca, M.T. (2009) The Effects of Topical Isoflavones on Postmenopausal Skin: Double-Blind and Randomized Clinical Trial of Efficacy. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, **146**, 188-192. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2009.04.007>
- [35] Mi, X., Li, S., Li, Y., Wang, K., Zhu, D. and Chen, G. (2014) Quantitative Determination of 26 Steroids in Eggs from Various Species Using Liquid Chromatography-Triple Quadrupole-Mass Spectrometry. *Journal of Chromatography A*, **1356**, 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2014.05.084>
- [36] Li, I., Yang, W., Chou, C., Chen, Y., Kuo, S. and Wang, S. (2019) Analysis of Steroid Hormones in Shell Eggs from Layer Breeds Common to Taiwan by Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. *Food Science & Nutrition*, **7**, 2319-2326. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1074>
- [37] Muggli, R. (2005) Systemic Evening Primrose Oil Improves the Biophysical Skin Parameters of Healthy Adults. *International Journal of Cosmetic Science*, **27**, 243-249. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2494.2005.00274.x>
- [38] Kaźmierska, A., Bolesławska, I., Polańska, A., Dańczak-Pazdrowska, A., Jagielski, P., Drzymala-Czyż, S., *et al.* (2022) Effect of Evening Primrose Oil Supplementation on Selected Parameters of Skin Condition in a Group of Patients Treated with Isotretinoin—A Randomized Double-Blind Trial. *Nutrients*, **14**, Article No. 2980. <https://doi.org/10.3390/nu14142980>

-
- [39] Larmo, P.S., Yang, B., Hyssälä, J., Kallio, H.P. and Erkkola, R. (2014) Effects of Sea Buckthorn Oil Intake on Vaginal Atrophy in Postmenopausal Women: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Study. *Maturitas*, **79**, 316-321. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2014.07.010>
- [40] Chan, L.P., Yen, T.W., Tseng, Y.P., *et al.* (2024) The Impact of Oral Sea-Buckthorn Oil on Skin, Blood Markers, Ocular, and Vaginal Health: A Randomized Control Trial. *Journal of Functional Foods*, **112**, Article ID: 105973. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105973>
- [41] Ntarelli, N., Gahoonia, N., Maloh, J. and Sivamani, R.K. (2023) Clinical Efficacy of Topical or Oral Soy Supplementation in Dermatology: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, **12**, Article No. 4171. <https://doi.org/10.3390/jcm12124171>
- [42] Lin, T.K., Zhong, L. and Santiago, J.L. (2018) Anti-Inflammatory and Skin Barrier Repair Effects of Topical Application of Some Plant Oils. *International Journal of Molecular Sciences*, **19**, Article No. 70. <https://doi.org/10.3390/ijms19010070>
- [43] Vaughn, A.R., Clark, A.K., Sivamani, R.K. and Shi, V.Y. (2018) Natural Oils for Skin-Barrier Repair: Ancient Compounds Now Backed by Modern Science. *American Journal of Clinical Dermatology*, **19**, 103-117. <https://doi.org/10.1007/s40257-017-0301-1>