

植物油质蛋白的结构、功能及应用

孙静, 姜宇, 陶俊*

扬州大学园艺与植物保护学院/江苏省作物遗传生理重点实验室, 江苏扬州225009

摘要: 植物油质蛋白是存在于油体表面的高度疏水的碱性小分子量嵌入蛋白, 广泛存在于植物体的各个部位, 并在维持油体稳定与大小、油脂积累、抗冻性等方面发挥重要作用。目前, 关于植物油质蛋白的研究主要集中在拓扑结构与作用方面, 在其进化、应用方面研究较少。本文结合多年研究基础综述了油质蛋白的进化、拓扑结构、应用趋势和在油体“出芽”过程中所起的作用等最新进展, 并讨论了油质蛋白作为一种新型植物原料, 在食品、化妆品和聚烯烃等方面的应用前景和存在的问题。

关键词: 油质蛋白; 进化; 拓扑结构; 出芽; 应用

植物依靠代谢产生的能量来维持生命系统的正常运转, 而碳水化合物含量丰富的脂质则是其代谢能量的主要来源(Thiam等2013)。植物体无法持续从外界获得能量, 所以脂质的储存对于植物体来说至关重要。植物细胞中脂质通常以三酰甘油酯(triacylglycerides, TAG)的形式被储存在称为油体(在动物细胞中被称为“脂滴”)的亚细胞结构中。油体分布的部位主要在以下几个方面: 植物的种子、花粉、花、果实和一些营养器官中; 原始植物、藻类、菌和线虫中; 哺乳动物的器官和组织(如腺体和脂肪组织); 以及细菌中(Huang和Huang 2016)。

植物油体的核心主要由TAG构成(Walther和Farese 2012)。每个油体的核心都被磷脂单分子层和被称为油质蛋白的结构蛋白所包裹(Chapman等2012), 这可以防止油体在细胞溶质中互相融合。油体的磷脂单层上附着多种膜蛋白, 其中油质蛋白是油体中所特有的而且是含量最为丰富的蛋白, 为疏水性植物蛋白(Capuano等2007)。在成熟种子中油质蛋白的含量占总种子蛋白含量的8% (Carine等2015)。油质蛋白镶嵌在磷脂(phospholipid, PL)中, 在形成空间屏障维持细胞质中油体结构的同时, 为每单位的TAG提供了大的表面积, 这将促进脂肪酶结合和发芽过程中的脂肪分解(Huang和Huang 2016)。

1 植物油质蛋白的拓扑结构

油质蛋白有3个结构域, 分别为50~70个残基的两亲性N-末端区, 72个残基的中心疏水结构域和可变长度的两亲性C-末端。在C-末端上靠近中心疏水性结构域方向的约33个残基, 可以形成两亲性 α -螺旋结构, 该结构可以与磷脂(phospholipid,

PL)层上的带电磷酸盐和胆碱基团水平相互作用。N-和C-末端两亲性结构域位于油体的表面, 中心疏水结构域位于油体的内部(Huang等2013)。油质蛋白的N-末端和C-末端的主要作用为: TAG降解时作为脂肪酶结合的受体; 发芽期间作为与乙醇酸体相互作用的位点; 可能促进与PL表面的融合(Nikiforidis等2012)。进一步研究发现油质蛋白的两亲性C-末端结构域可能使其具有良好的抗氧化性。在C-末端结构域中带正电荷的氨基酸残基朝向带负电的PL层, 带负电荷的残基朝外(Wijesundera和Shen 2014)。在油-水界面这种独特排列方式可以作为氧和反应性氢过氧化物的屏障, 从而避免由油质蛋白稳定的油滴内的组分氧化和变质(Gray等2010)。

油质蛋白的中心结构域是已知最长的疏水结构域且具有高度保守性, 这对于油质蛋白靶向油体和稳定储油细胞器都具有重要作用(Wu等2010)。油质蛋白的另外2个结构域则不具备高度保守性, N-末端结构域较不保守, C-末端两亲性 α -螺旋结构域是中等保守的。研究发现, 油质蛋白可能从跨膜蛋白或外周膜蛋白演化而来。跨膜蛋白和外周膜蛋白通过把亲水性残基和极性残基连续不断地突变成非极性残基, 从而演化出长疏水性发夹, 最终演化为油质蛋白(Huang 2017)。油质蛋白目前还没有明确的三维结构数据, 其中一个主要的原因, 是缺乏合适的重组表达系统(Cabanos等2011)。

收稿 2018-01-10 修定 2018-03-06

资助 国家自然科学基金(31600564)、江苏省自然科学基金(BK20160460)和江苏省林业三新工程(LYSX[2016]45)。

* 通讯作者(taojun@yzu.edu.cn)。

2 植物油质蛋白的进化

油质蛋白具有古老的起源, 最原始的油质蛋白(绿色藻类、苔藓、蕨类植物)从绿藻中进化而来(图1-C)。目前, 在绿藻(*Chlorophyta*)和高等级的植物中都发现了油质蛋白(图1-C) (Huang和Huang 2017), 至少有5个油质蛋白谱系及其进化关系已经得到了认可(Huang等2013; Huang和Huang 2015;

Huang 2017)。原始油质蛋白(绿色藻类、苔藓、蕨类植物)已经具有了油质蛋白的主要特征, 包括72个残基的中央疏水性发夹和侧翼的N-和C-末端两亲性肽(图1-A和B)。随后, 其又进化成普遍型油质蛋白(所有的陆生植物), 这种蛋白的基因存在于从苔藓到高等植物的所有物种中(图1-C)。普遍型油质蛋白的C-末端长度约为50个残基, 末端序列为AAPGA, 与发夹结构一样保守。低分子量油质蛋

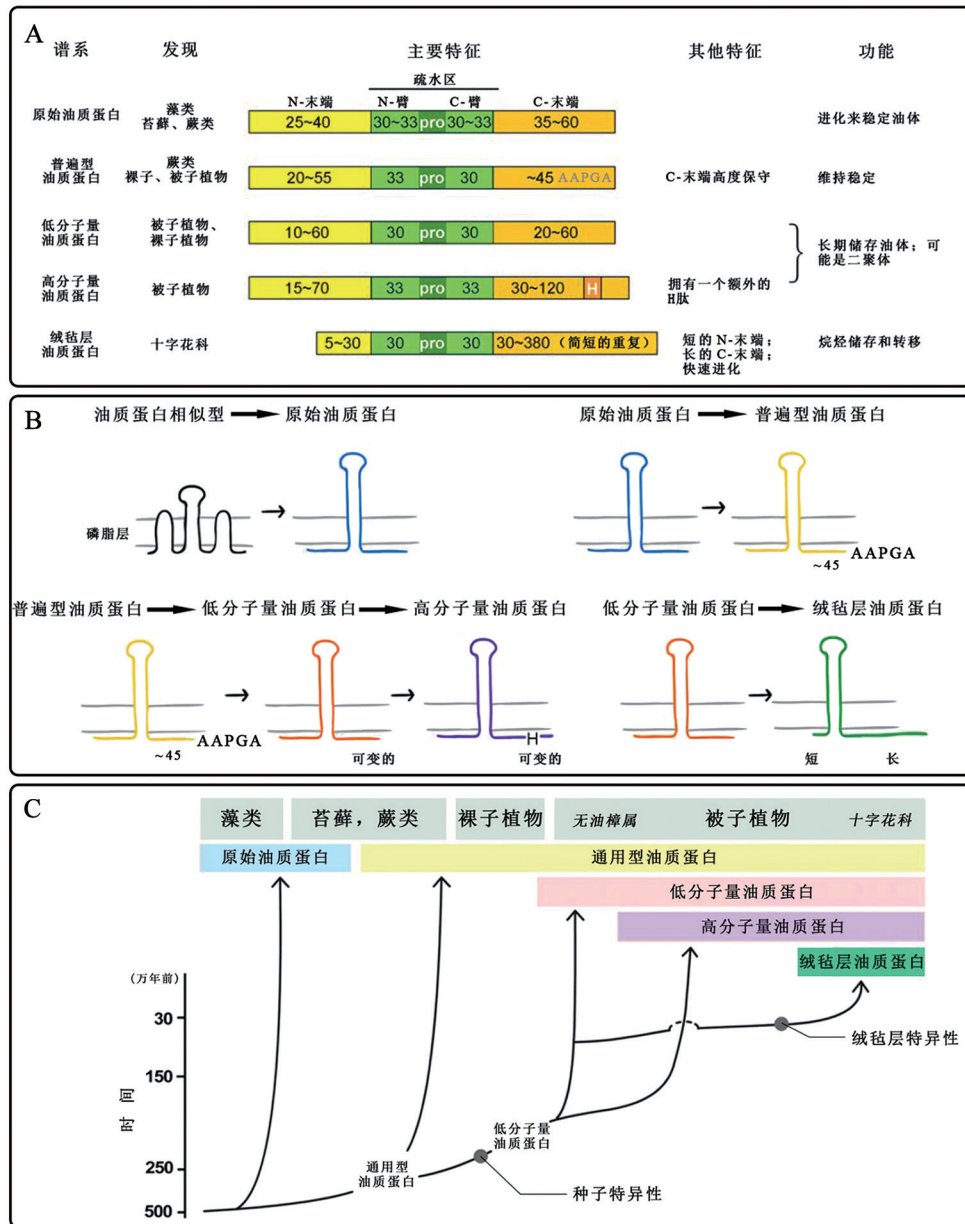


图1 五大油质蛋白谱系的特征和演化

Fig. 1 The characteristics and evolution of five major oleosin lineages

A: 五大油质蛋白谱系的主要特征, 其中Pro为Pro循环。B: 从一个系列到下一个系列油质蛋白进化过渡的示意图。油质蛋白相似型具有1个短的疏水性发夹和另外2个较短的疏水性发夹。C: 五大油质蛋白谱系演化图。根据Huang和Huang (2015)文献, 有所修改。

白(裸子植物和被子植物)从普遍型油质蛋白进化而来, 然后分别进化成高分子量油质蛋白(被子植物)和绒毡层油质蛋白(图1-C)。高、低分子量油质蛋白都只存在于种子植物中, C-末端序列都是可变的, 但是高分子量油质蛋白的C-末端序列可变范围更大且拥有一个额外的H肽(Huang和Huang 2017)。绒毡层油质蛋白与低分子量油质蛋白相比具有更短的N-端序列和更长的C-末端序列(图1-A和B)。

原始的油质蛋白只具有油质蛋白的一般特性, 而普遍型的油质蛋白已经产生了高度保守的C-末端序列。在低分子量和高分子量油质蛋白中, 二聚体/多聚体开始出现。甘蓝科油籽中的油质蛋白在进化过程中, 产生了储存和转移烷烃的功能。油质蛋白在不断进化, 在一些特定的植物中还进化出独特的结构和功能, 但这些油质蛋白谱系基本都具有相似的基因序列和表面结构特征。

3 植物油质蛋白在油体产生、植物生理方面的作用

3.1 油体的“出芽”、扩张及相关蛋白的正确靶向

目前, 油体形成的分子机制尚不清楚。普遍被人们接受的机制是油体从内质网(endoplasmic reticulum, ER)上“出芽”产生。中性脂质合成酶, 即酰基辅酶A-胆固醇酰基转移酶(acyl coenzyme A-cholesterol acyltransferase, ACAT)和二酰基甘油酰基转移酶(diacylglycerol acyltransferase, DGAT), 在ER中催化形成填充油体核心的中性脂质(主要为TAG), ER中TAG的过量积累会影响ER的正常功能。“出芽”这个过程使得ER上的TAG被转移到单个的油体之中, TAG也可能部分在油体中合成。油体“出芽”的过程包括以下几个方面: 首先, TAG通过在ER中被合成并被隔离在PL双层的非极性酰基区域, 与此同时油质蛋白在ER胞质侧合成通过信号识别颗粒(signal recognition particle, SRP)引导的信使RNA (messenger RNA, mRNA)共翻译合成, 并通过功能性SEC61易位子把油质蛋白的中心疏水结构域正确靶向ER (Roberts等2008)。TAG和油质蛋白在ER上的不断积累最终导致了油体的“出芽”, “出芽”的油体被单层PL和油质蛋白包围(Hsieh和Huang 2004; Huang 2013) (图2)。

油体的“出芽”并不意味着油体的最终成熟,

它们往往还要经历一个扩张阶段。对于已经“出芽”的油体来说, 它们可能主要通过三种方式进行扩张(图2): (1) “出芽”后油体之间的聚集融合; (2) “出芽”后油体自身继续合成中性脂质(Stone等2009); (3) “出芽”后油体再次与ER结合。

“出芽”油体上存在多种蛋白, 根据它们与油体结合的方式可以分为两种: I类蛋白质和II类蛋白质。I类蛋白质通过ER和油体之间形成的“膜桥”与油体结合, 一般都具有疏水性的发夹结构。II类蛋白质直接在细胞溶质中翻译, 然后再结合到油体表面(Kory等2016)。目前有3种II类蛋白质与油体结合的机制被提出, 分别为: (1)含有两亲性螺旋结合基序或多个两亲性和疏水性结构域的II类蛋白质直接从细胞溶质靶向油体; (2)通过脂质锚与油体结合; (3)与油体上的其他蛋白结合(Kory等2016) (图2)。

3.2 植物油质蛋白在油体产生中起的作用

油质蛋白属于I类蛋白质, 通过“膜桥”与油体结合(图2)。Huang和Huang (2017)认为油质蛋白的中心疏水结构域对正确靶向内质网和油体是必须的, 而N-末端和C-末端不是必要的。油质蛋白负责把从ER上“出芽”的油体运送到细胞溶质中, 并且油质蛋白是负责把“出芽”油体送入细胞溶质的唯一分子(Huang和Huang 2017)。油质蛋白的包围可以使油体保持分离, Kraemer等(2011)认为油体表面可能还存在降低油体表面张力的活性剂来维持油体的分离状态。关于ER释放“出芽”油体的这个过程, Huang和Huang (2016)认为积累在芽表面的油质蛋白可能通过相互作用以在芽的颈部产生收缩的物理张力, 从而释放油体。或者, “出芽”油体的释放可能需要特定的蛋白质(例如: 动力蛋白)。

3.3 油质蛋白在植物生理方面起的作用

油质蛋白影响着植物体中脂质的积累。Liu等(2013)发现在水稻(*Oryza sativa*)种子中过量表达油质蛋白, 可以增加水稻种子中的含油量。油质蛋白不仅影响着油体内油质的积累, 而且对于维持油体大小和稳定方面也起着重要作用。Siloto等(2006)将拟南芥(*Arabidopsis thaliana*)种子中的主要油质蛋白基因沉默后, 导致油体的异常膨大, 改变了脂质和蛋白质的积累, 延缓了发芽。油质蛋白

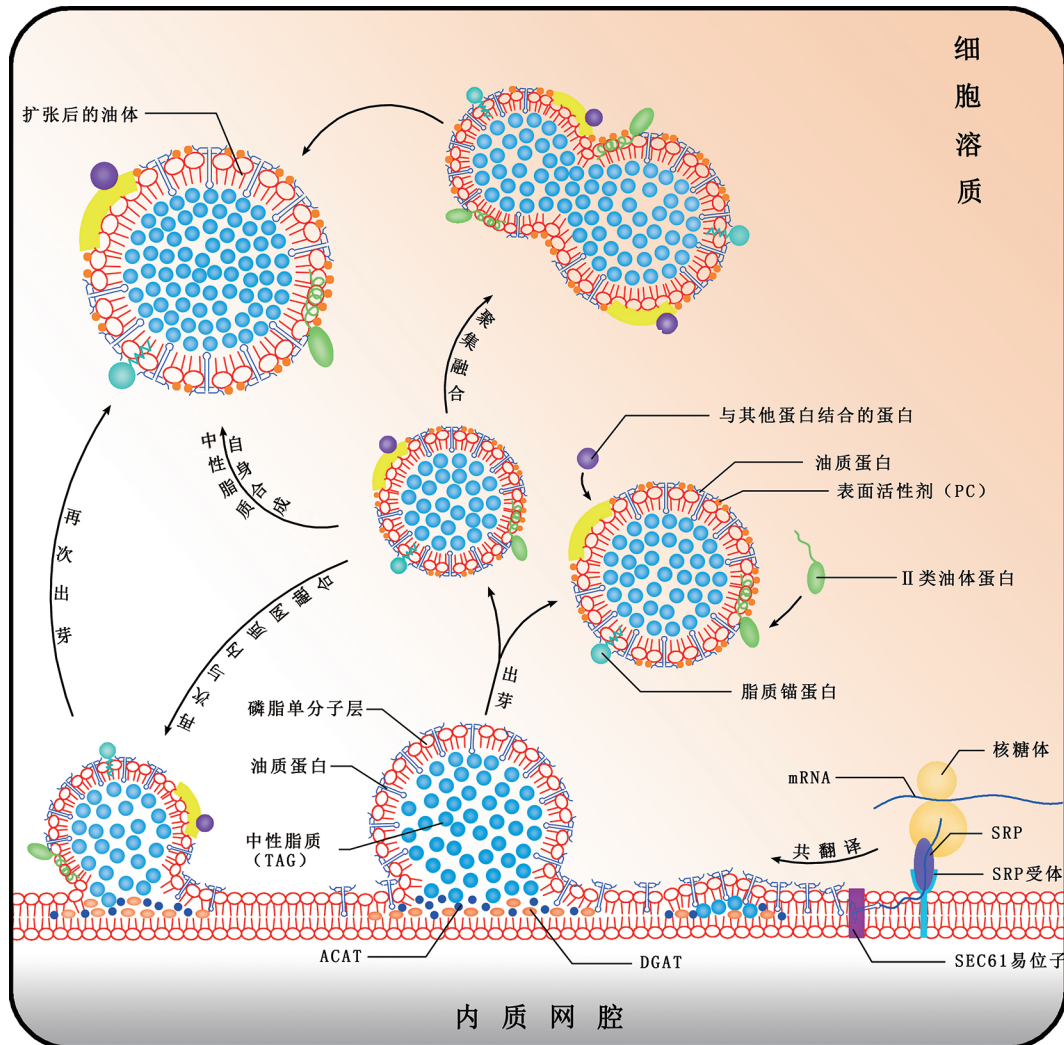


图2 油体“出芽”示意图

Fig.2 The schematic of oil body's "budding"

根据Roberts等(2008)、Kory等(2016)、Walther和Farese (2012)文献绘制。

还可以作为与其他蛋白的对接站(Wilfling等2013), 并且可以参与植物脂质的生物合成和动员(Parthibane等2012)。进一步研究发现, 绒毡层油质蛋白对于绒毡层小体的形成具有重要作用, 并且随着绒毡层的退化, 绒毡层油质蛋白会被酶解切割成不同的蛋白质结构域靶向到花粉外被(Lévesque-Lemay等2016)。

4 油质蛋白的应用

4.1 油质蛋白在乳液开发方面的应用

油质蛋白具有稳定油体的生物学特性, 它们可以对食品、化妆品、油漆等产品中的乳液起到稳定作用。食品乳液的稳定通常通过加入两亲分

子或者聚合乳化剂来实现(Rayner和Dejmek 2015)。其原理是两亲分子和聚合乳化剂可以降低水相和油相之间的界面张力, 增加空间位阻和液滴之间的静电斥力, 从而使得乳液可以保持稳定的状态(Dickinson 2013)。油质蛋白紧密的中心疏水结构域和其相对较小的尺寸, 使得它具有良好的乳化性质(Rayner 2015)。油质蛋白可以从油籽压榨之后的饼粕和玉米胚芽等研磨工业副产品中提取出来(Von Der Haar等2014)。通过以离心分离为主, 超细过滤为辅的一种简单的水基工艺可以将油质蛋白以较低的成本分离出来(Kapchie等2011)。Nikiforidis等(2012)通过界面流变法研究了从玉米胚芽中提取纯化的油质蛋白在空气-水界面对泡沫

的稳定能力,发现纯化的油质蛋白的表面性质与 β -乳球蛋白和蛋黄载脂蛋白相当。他们还发现,油质蛋白可以在空气-水界面形成结实的弹性膜,说明油质蛋白可能是良好的发泡剂。

4.2 油质蛋白在抑制脂氧化方面的应用

脂氧化对于食品制造商来说是一个必须攻克的难题,因为脂氧化对食品的质量如口感、外观、质地和保存期限都有负面的影响(Berton-Carabin等2014)。怎样抑制脂氧化是那些富含不饱和脂肪酸的产品(例如鱼油)急需解决的问题。Wijesundera等(2013)将从甘蓝型油菜(*Brassica napus*)籽饼粕中提取的油质蛋白与金枪鱼油混合,发现混合乳液的脂氧化速度大幅降低。

4.3 油质蛋白在“人造油体”中的应用

从油籽粉中提取的油质蛋白可以用来制造“人造油体”。这种方法将油质蛋白、磷脂和油混合在一起,形成乳液液滴,其稳定性与天然油体相似,同样具有高度的物理和化学稳定性(Wijesundera等2013)。Deleu等(2010)研究了油质蛋白与磷脂比例对“人造油体”(油质蛋白、磷脂和油的混合乳剂)在絮凝和聚结以及界面性能稳定性的影响,发现通过提高油质蛋白与磷脂的比例可以提高油体乳剂的乳化率,但是会迅速絮凝。而通过增加磷脂的含量就可以防止絮凝,从而增加油体乳剂的稳定性。

4.4 聚烯烃的应用

当一系列同型或异型多聚体油质蛋白串联重复表达时,油质蛋白会形成聚烯烃。聚烯烃中的单个油质蛋白可以与特定氨基酸残基中的小分子肽相互连接,而且还具有用于插入其他重组肽序列的位点(Bhatla等2010)。这就使得聚烯烃的应用更加的灵活和广泛。聚烯烃这种多种油质蛋白相互串联的形式可以改变油质蛋白的乳化性质和油体的稳定性。目前,聚烯烃已经被用于制备脂肪含量较少的肉类和乳制品。聚烯烃可以延长饲料中油体的寿命,并延迟TAG的释放,使得动物能吸收到更多的不饱和脂肪酸,从而降低肉类中的脂肪含量(Bhatla等2010)。

5 展望

随着生活水平的不断提高,人们对于高品质食用油、保健油和可再生生物燃料的热情越来越

高。因此,增加植物体的含油量在增加油脂营养和降低成本方面都是有利的。目前,人们提高种子含油量的方法主要有3种:(1)选择胚胎较大的种子进行播种(Liu等2013);(2)提高种子中油质蛋白的表达量(Wu等2010; Liu等2013);(3)利用外源基因(例如:产生转录因子的调节基因、抑制脂肪酶活性的基因)转化植物体,从而提高含油率(Huang 2017)。虽然这些方法都能提高种子中脂质的含量,但是它们的研究对象还是只局限于种子和叶子(Huang 2017),对于植物体的其他营养器官的研究还很少。另外,基因工程是否会对油脂中的营养成分产生影响还需进一步研究,目前的研究都只局限于含油量的增加。

目前,人们对于油质蛋白的二级和三级结构并不清楚。对于油质蛋白结构的进一步研究有待于技术的发展和更合适的重组表达系统的建立。油质蛋白因其独特的结构,具有良好的乳化、发泡和抗脂氧化性。制备油质蛋白的原材料(油籽压榨之后的饼粕和玉米胚芽等研磨工业副产品)价格低廉、提取工艺简单,可以适应工业化的大规模生产。但是,油质蛋白的应用目前都处在理论阶段,并没有投入实际生产。油质蛋白在实际应用中可能会存在一些弊端,主要问题还是油质蛋白的过敏问题。油质蛋白已经被确定为花生(*Arachis hypogaea*)、芝麻(*Sesamum indicum*)、榛子(*Corylus heterophylla*)中的主要过敏源(Akkerdaas等2010; Pons等2015)。当油质蛋白作为乳化剂、发泡剂、融合蛋白或脂溶性药物等进入消化系统时有可能对人体健康产生一些潜在的问题。目前,人们对油质蛋白相关产品的过敏性研究还在起步阶段,相关问题还需要进一步探索。当油质蛋白相关产品的过敏性问题被解决之后,油质蛋白必然会迎来广阔的发展空间。

参考文献(References)

- Akkerdaas JH, Schocker F, Vieths S, et al (2010). Cloning of oleosin, a putative new hazelnut allergen, using a hazelnut cDNA library. *Mol Nutr Food Res*, 50 (1): 18–23
- Berton-Carabin CC, Ropers MH, Genot C (2014). Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: involvement of the interfacial layer. *Compr Rev Food Sci*, 13 (5): 945–977
- Bhatla SC, Kaushik V, Yadav MK (2010). Use of oil bodies and oleosins in recombinant protein production and other biotechnological applications. *Biotechnol Adv*, 28 (3):

- 293–300
- Cabanos C, Katayama H, Tanaka A, et al (2011). Expression and purification of peanut oleosins in insect cells. *Protein J*, 30 (7): 457–463
- Capuano F, Beaudoin F, Napier JA, et al (2007). Properties and exploitation of oleosins. *Biotechnol Adv*, 25 (2): 203–206
- Carine D, Isabelle B, Halima M, et al (2015). Ubiquitin-mediated proteasomal degradation of oleosins is involved in oil body mobilization during postgerminative seedling growth in *Arabidopsis*. *Plant Cell Physiol*, 56 (7): 1374–1387
- Chapman KD, Dyer JM, Mullen RT (2012). Biogenesis and functions of lipid droplets in plants: thematic review series: lipid droplet synthesis and metabolism: from yeast to man. *J Lipid Res*, 53 (2): 215–226
- Deleu M, VacaMedina G, Fabre J F, et al (2010). Interfacial properties of oleosins and phospholipids from rapeseed for the stability of oil bodies in aqueous medium. *Colloid Surface B*, 80 (2): 125–132
- Dickinson E (2013). Stabilising emulsion-based colloidal structures with mixed food ingredients. *Int J Mol Sci*, 93 (4): 710–721
- Gray DA, Payne G, McClements DJ, et al (2010). Oxidative stability of echium plantagineum, seed oil bodies. *Eur J Lipid Sci Tech*, 112 (7): 741–749
- Hsieh K, Huang AHC (2004). Endoplasmic reticulum, oleosins, and oils in seeds and tapetum cells. *Plant Physiol*, 136 (3): 3427–3434
- Huang AH (2017). Plant lipid droplets and their associated oleosin and other proteins: potential for rapid advances. *Plant Physiol*, doi: 10.1104/pp.17.01677
- Huang CY (2013). Evolution and functions of oleosins and oleosin-coated oil bodies in plants. Riverside, USA: University of California
- Huang CY, Chen PY, Huang MD, et al (2013). Tandem oleosin genes in a cluster acquired in Brassicaceae created tapetosomes and conferred additive benefit of pollen vigor. *Proc Natl Acad Sci USA*, 110 (35): 14480–14485
- Huang CY, Huang AHC (2017). Unique motifs and length of hairpin in oleosin target the cytosolic side of endoplasmic reticulum and budding lipid droplet. *Plant Physiol*, 174 (4): 2248–2260
- Huang MD, Huang AHC (2015). Bioinformatics reveal five lineages of oleosins and the mechanism of lineage evolution related to structure/function from green algae to seed plants. *Plant Physiol*, 169 (1): 453–470
- Huang MD, Huang AHC (2016). Subcellular lipid droplets in vanilla leaf epidermis and avocado mesocarp are coated with oleosins of distinct phylogenetic lineages. *Plant Physiol*, 171 (3): 1867–1878
- Huang NL, Huang MD, Chen TL, et al (2013). Oleosin of subcellular lipid droplets evolved in green algae. *Plant Physiol*, 161 (4): 1862–1874
- Kapchie VN, Hauck CC, Wang H, et al (2011). Process improvement for semipurified oleosomes on a pilot-plant scale. *J Food Sci*, 76 (6): 853–860
- Kory N, Farese RV Jr, Walther TC (2016). Targeting fat: mechanisms of protein localization to lipid droplets. *Trends Cell Biol*, 26 (7): 535–546
- Krahmer N, Guo Y, Wilfling F, et al (2011). Phosphatidylcholine synthesis for lipid droplet expansion is mediated by localized activation of CTP: phosphocholine cytidyltransferase. *Cell Metab*, 14 (4): 504–515
- Lévesque-Lemay M, Chabot D, Hubbard K, et al (2016). Tapetal oleosins play an essential role in tapetosome formation and protein relocation to the pollen coat. *New Phytol*, 209 (2): 691–704
- Liu WX, Liu HL, Qu LQ (2013). Embryo-specific expression of soybean oleosin altered oil body morphogenesis and increased lipid content in transgenic rice seeds. *Theor Appl Genet*, 126 (9): 2289–2297
- Nikiforidis CV, Ampatzidis C, Lalou S, et al (2012). Purified oleosins at air-water interfaces. *Soft Matter*, 9 (4): 1354–1363
- Parthibane V, Rajakumari S, Venkateshwari V, et al (2012). Oleosin is bifunctional enzyme that has both monoacylglycerol acyltransferase and phospholipase activities. *J Biol Chem*, 287 (3): 1946–1954
- Pons L, Chery C, Romano A, et al (2015). The 18 kDa peanut oleosin is a candidate allergen for IGE-mediated reactions to peanuts. *Allergy*, 57 (s72): 88–93
- Rayner M (2015). Current status on novel ways for stabilizing food dispersions by oleosins, particles and microgels. *Curr Opin Food Sci*, 3: 94–109
- Rayner M, Dejmek P (2015). Engineering aspects of food emulsification and homogenization. Boca Raton: Crc Press, 10–15
- Roberts NJ, Scott RW, Tzen JTC (2008). Recent biotechnological applications using oleosins. *Open Biotechnol J*, 2 (1): 13–21
- Siloto RM, Findlay K, Lopez-Villalobos A, et al (2006). The accumulation of oleosins determines the size of seed oil-bodies in *Arabidopsis*. *Plant Cell*, 18 (8): 1961–1974
- Stone SJ, Levin MC, Zhou P, et al (2009). The endoplasmic reticulum enzyme DGAT2 is found in mitochondria-associated membranes and has a mitochondrial targeting signal that promotes its association with mitochondria. *J Biol Chem*, 284 (8): 5352–5361
- Thiam AR, Farese RV Jr, Walther TC (2013). The biophysics and cell biology of lipid droplets. *Nat Rev Mol Cell Bio*, 14 (12): 775–786
- Von Der Haar D, Müller K, Bader-Mittermaier S, et al (2014). Rapeseed proteins - production methods and possible application ranges. *OCL*, 21 (1): D104

- Walther TC, Farese RV Jr (2012). Lipid droplets and cellular lipid metabolism. *Annu Rev Biochem*, 81 (1): 687–714
- Wijesundera C, Boiteau T, Xu X, et al (2013). Stabilization of fish oil-in-water emulsions with oleosin extracted from canola meal. *J Food Sci*, 78 (9): C1340–C1347
- Wijesundera C, Shen Z (2014). Mimicking natural oil bodies for stabilising oil-in-water food emulsions. *Lipid Technol*, 26 (7): 151–153
- Wilfling F, Wang H, Haas JT, et al (2013). Triacylglycerol synthesis enzymes mediate lipid droplet growth by relocalizing from the ER to lipid droplets. *Dev Cell*, 24 (4): 384–399
- Wu YY, Chou YR, Wang CS, et al (2010). Different effects on triacylglycerol packaging to oil bodies in transgenic rice seeds by specifically eliminating one of their two oleosin isoforms. *Plant Physiol Bioch*, 48 (23): 81–89

Structure, function and application of plant oleosin

SUN Jing, JIANG Yu, TAO Jun*

School of Horticulture and Plant Protection of Yangzhou University / Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province, Yangzhou, Jiangsu 225009, China

Abstract: Plant oleosin is a highly hydrophobic alkaline protein with small molecular weight which exists on the surface of oil body. It is widely found in various parts of the plant and plays an important role in maintaining the stability and size of oil body, oil accumulation and frost resistance effect. At present, the research on plant oleosin mainly focuses on the topological structure and function, and less on its evolution and application. In this paper, we review the recent advances in the evolution, topological structure, application trends and role of oleosin in budding of oil bodies. The application prospects and existing problems of oleosin as a new plant material in food, cosmetics and polyolefins are also discussed.

Key words: oleosins; evolution; topology; budding; application

Received 2018-01-10 Accepted 2018-03-06

This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (31600564), National Natural Science Foundation of Jiangsu Province (BK20160460), and Three Forestry Projects In Jiangsu Province (LYSX[2016]45)

*Corresponding author (taojun@yzu.edu.cn).