

Моделирование этапов фотосинтеза с использованием модифицированных частиц ФСІ

Климова Я.А., Перевозчикова Н.М., Ткачевская Е.П., Миронов А.Ф.

*Московская государственная академия тонкой химической технологии им. М.В.Ломоносова
Москва, пр-т Вернадского, 86*

e-mail: httos.mitht@g23.relcom.ru

Исследование механизмов фотосинтеза необходимо для понимания на молекулярном уровне процессов трансформации световой энергии в химическую. Известно, что в фотосинтезе задействованы два больших белковых комплекса – фотосистема II и фотосистема I (ФСІ). Центральная часть ФСІ составлена из гомологичных цепей PsaA и PsaB, за которыми следует цепь PsaC. Первые две цепи имеют в качестве редокс-активных кофакторов димер хлорофиллов (P₇₀₀), четыре хлорофилла *a* (A и A₀), два филлохинона (A₁) и один железосерный кластер (F_X), а PsaC содержит два железосерных кластера (F_A и F_B). В процессе электронного транспорта электрон проходит по цепи кофакторов от первичного донора P₇₀₀ до терминального акцептора F_X. Наиболее интересным и до сих пор наименее изученным является участок электрон-транспортной цепи, на котором задействован филлохион (витамин K₁).

Витамин K₁ (2-метил-3-фитил-1,4-нафтохинон) выполняет роль вторичного акцептора в комплексе фотосистемы I высших растений, водорослей и цианобактерий. В процессе переноса электрона филлохион функционирует в сопряжении с белковыми молекулами, претерпевая цикл превращений: хинон – гидрохинон – хинон. Эти окислительно-восстановительные реакции могут иметь либо ионный, либо радикальный механизм.

Существует гипотеза о промежуточном состоянии в ФСІ витамина K₁ в виде нафтохроманола (2,5 – диметил – 2 – (4,8,12 – триметилтридецил) – 3,4 – дигидро – 2Н – нафто[1,2-в]пиран – 6 – ола), который можно рассматривать как структурный изомер дигидровитамина K₁.

Для подтверждения возможности образования нафтохроманола в ФСІ при трансформации филлохинона в его восстановленную форму мы выделяли из листьев шпината и модифицировали частицы ФСІ экстракцией вторичного акцептора органическими растворителями с последующей реконструкцией его функции за счет экзогенных витамина K₁ и нафтохроманола. Получали комплексы ФСІ, содержащие:

- 1 нативную и 1 экзогенную молекулу филлохинона;
- 1 нативную молекулу филлохинона и 1 экзогенную молекулу нафтохроманола;

- 1 нативную молекулу филлохинона и эквимолярную смесь экзогенных филлохинона и нафтохроманола;
- 2 экзогенные молекулы филлохинона;
- 2 экзогенные молекулы нафтохроманола;
- эквимолярную смесь экзогенных филлохинона и нафтохроманола.

Образцы модифицированных частиц ФСІ исследовали с помощью регистрации светоиндуцированных абсорбционных изменений в ответ на единичные вспышки света при 703 нм, отражающие окислительно-восстановительные свойства первичного донора электрона P_{700} .

В частицах ФСІ без одной молекулы филлохинона при встраивании экзогенных A_1 -компонентов наблюдалось увеличение доли окисленного P_{700} , самый высокий процент был отмечен для витамина K_1 (17,2%). Нафтохроманол, возможно, встраиваясь в комплекс ФСІ, увеличивал степень окисления P_{700} на ~9%. При реконструкции эквимолярной смесью филлохинон/нафтохроманол мы зарегистрировали конкуренцию нафтохроманола с витамином K_1 .

В частицах ФСІ без двух молекул филлохинона отмечено незначительное окисление P_{700} . Результаты этого эксперимента служат доказательством решающей роли филлохинона в процессе переноса электрона. Невысокую активность можно объяснить гетерогенностью, свойственной ФСІ, не позволяющей модифицировать ~10-20% комплексов. При встраивании экзогенных A_1 -компонентов в частицы ФСІ, не содержащие вторичного акцептора A_1 , отмечено увеличение доли окисленного P_{700} на ~76–300 %. Это связано с тем, что частицы ФСІ, не содержащие ни одного A_1 , стремятся включить экзогенный нафтохинон и тем самым восстановить перенос электрона к кластеру F_x . Также нами было отмечено, что система, содержащая одну эндогенную молекулу филлохинона, работает эффективнее, нежели система с двумя экзогенными молекулами. При встраивании двух молекул нафтохроманола также наблюдалось увеличение доли окисленного P_{700} . Примечательно, что в конкурентной реакции с витамином K_1 количество молекул нафтохроманола, встроенного в частицы ФСІ, увеличивалось в 3 раза.

Результаты, полученные методом оптической спектроскопии свидетельствуют о существенной роли филлохинона в процессе переноса электрона, а также подтверждают предположение о возможном участии нафтохроманола как структурного изомера дигидровитамина K_1 в процессе переноса электрона в ФСІ.

