

국내외기술정보

천연 카로티노이드의 생물활성과 이용전망

홍 상 필
수산물이용연구부

카로티노이드는 동식물계에 널리 분포하고 있는 황, 등, 적 혹은 자색의 대표적인 천연색소군으로서 자연계에서 약 1억톤/년 생산되고 있다. 이와 같이 막대한 량의 카로틴의 저장고는 식물의 잎, 동물플랑크톤, 조류 등이며 따라서 카로틴의 산업적 이용은 대단히 중요하다.

카로티노이드의 종류는 현재 약 600여종 정도 밝혀져 있으며 세계적으로 널리 이용되고 있는 것은 천연과 합성품을 포함하여 β -카로틴, β -아포카로테날, 칸타잔신, 아스타잔신 등과 그외 아나토추출물, 인삼유, 옥수수유, 파프리카, 사프란, 토마토추출물, 조류(algae) 등을 들 수 있으며 이들 카로티노이드 소재는 의약품, 식품, 사료등 다양한 용도로 사용되고 있다.

한편 β -카로틴, 아스타잔신 및 일부 카로티노이드 등은 30년간의 역학적 조사와 최근의 실증실험을 통해 암발생을 억제하는 물질로 규명되고 있으며 강력한 항산화성을 나타내고 있을 뿐만 아니라 동물의 번식 및 성장을 개선, 질병발생 억제, 어육의 색상개선 등 고차기능성을 나타내는 것으로 알려지고 있어 향후 다양한 분야에 이용가능성이 높아지고 있다.

본고에서는 최근 주목을 받고 있는 카로티노이드를 중심으로 생물 기능성 및 향후 이용전망에 대해 다루고자 하였다.

1. 카로티노이드의 분포와 물리화학적 성질

카로티노이드는 하등생물을 위시한 동식물에 널리 분포하는 일군의 색소로서 발색의 원인이 되는 공역이중결합이 중복된 장쇄상의 polyene 구조를 가지고 있다. 카로티노이드는 통상 수중이 혼재하는 형태이며 탄소수 40의 tetra terpene 구조를 가지는 것이 많고 질소를 함유하지 않는다. 현재까지 약 500~600여종이 알려져 있으며 산소를 함유하지 않는 카로틴과 산소를 함유하는 잔소필로 크게 나눌 수 있다.

카로티노이드의 저장고는 식물의 잎, 조류, 동물

프랑크톤 등이며 식물중에는 잎, 과실, 화분 등의 잡색체와 녹색조직중에 클로로필과 공존하고 있다. 그러나 동물중에 존재하는 카로티노이드는 대부분 섭식한 식물에서 유래되거나 체내에서 대사된 것이다. 즉 다수의 동물은 de novo 합성이 불가능하기 때문이다. 동물체내에는 주로 간장, 란, 지방조직에 분포하지만 수산동물의 경우에는 표피, 갑각, 근육 등에 다수 분포하고 있으며(표 1) 자연계에 대량으로 존재하는 카로티노이드는 푸코잔신, 베타카로틴, 루테인, 비올라잔신, 네오잔신 등을 들 수 있다.

카로티노이드는 일반적으로 지용성이며 공역 이중결합의 수가 카로티노이드의 색깔과 관련이 깊다.

즉, 공역 이중결합수가 많을 수록 황색에서 적색으로 이행하는 것으로 알려져 있으며 안정성에 관해서는 일반적으로 산화하기 쉽고 열, 광, 산, 염기 등에 의해서도 분해되는 특성이 있다. 카로티노이드는 산화적으로 분해되는 성질외에도 이성화, 에폭사이드이성화가 특징적인데 과일중의 5,6-epoxide는 산 존재하에서 5,8-epoxide로 변화하여 퇴색하게 되는 것으로 생각되고 있다.

표 1. 대표적 카로티노이드의 자연계 분포

카로티노이드 종류	존재원
α -carotene	초목, 인삼, 호박
β -carotene	초목, 인삼, 야채, 해조, 감각류
γ -carotene	인삼, 옥수수, 토마토
β -apo-8'-carotenal	감귤류, 알팔파밀
lycopene	토마토, 인삼, 수박
echinenone	섬계
canthaxanthin	버섯, 연어, 송어
astaxanthin	감각류, 참돔, 연어, 송어
lutein	녹초, 시금치, 계란
fucoxanthin	해조
cryptoxanthin	란, 옥수수, 감귤류
capsanthin	고추, 파프리카

표 2에는 카로틴으로서 베타 카로틴을, 잔소필로서 칸타잔신의 물리화학적 성질에 관하여 나타내었다.

2. 화학합성, 생합성, 대사

화학합성에 관해서는 1953년 Roche사가 베타카로틴의 공업적 제조법을 확립한 것을 출발점으로 칸타잔신, 베타아포카로티날, β -아포카로틴산에틸 에스테르, 아스타잔신 등의 공업적 제조법이 확립되어 있다. (그림 1) 한편 생합성에 관해서는 미생물, 조류, 곰팡이류, 고등식물에 한해 이루어지고 있으며 이들의 광합성 관련조직과 밀접한 관계가 있다. 식물에 있어서는 phytoene에서 베타카로

틴을 시작으로하는 수종의 카로티노이드가 생합성되고 있다. (그림 2) 식물에서의 생합성 부위는 광합성 기관(잎)과 생식기관(종자, 과일등)에 집약되고 있다. 동물중의 카로티노이드는 감각류 및 어류에 특히 알려지고 있으나 이들은 먹이사슬과 관련이 있다고 생각되며 체표 및 근육중에 어느 것은 카로틴 단백질의 형태로 축적되고 있다. 또한 해면동물등에서는 방향환을 가지는 특징적인 카로티노이드가 발견되고 있다.

카로틴의 대사는 산화반응에 의한 것이 예로부터 알려지고 있으며 수산동물에서는 크게 3종의 계통이 있다. 새우류등 감각류에 있어서는 β -카로틴-칸타잔신-아스타잔신의 대사기구가 알려져 있으며 송어에서는 칸타잔신- β -카로틴의 환원적 대사기구가 알려지고 있다.

사람에 있어서는 거의 알려져 있지 않지만 β -카로틴이 널리 연구된 유일한 카로틴으로 소장 점막 세포에서 흡수된 후 15-15' deoxygenase에 의해 분자중앙에서 개열하여 레티날을 거쳐 레티놀로 전환된 후 레티닐 에스테르가 된다. 어느 경우에는

표 2. 카로티노이드의 물리화학적 성질

카로티노이드	β -carotene	canthaxanthin
유지중의 색	황-등색	적색
용 점(°C)	176-182	210
용해도(g/100ml, 20°C)		
유지	0.05-0.08	0.005
오렌지유	0.2-1.0	0.04
에탄올	0.01이하	0.01 이하
싸이클로헥산	0.1	0.01 이하
에테르	0.1	0.03
클로르포름	3	10
아세톤	0.1	0.03
최대흡수파장(nm)	455-456	468-472
(λ_{max} , 싸이클로헥산)		
흡광도(nm)	456 > 2,400	470 > 2,110
(E% 싸이클로헥산)		

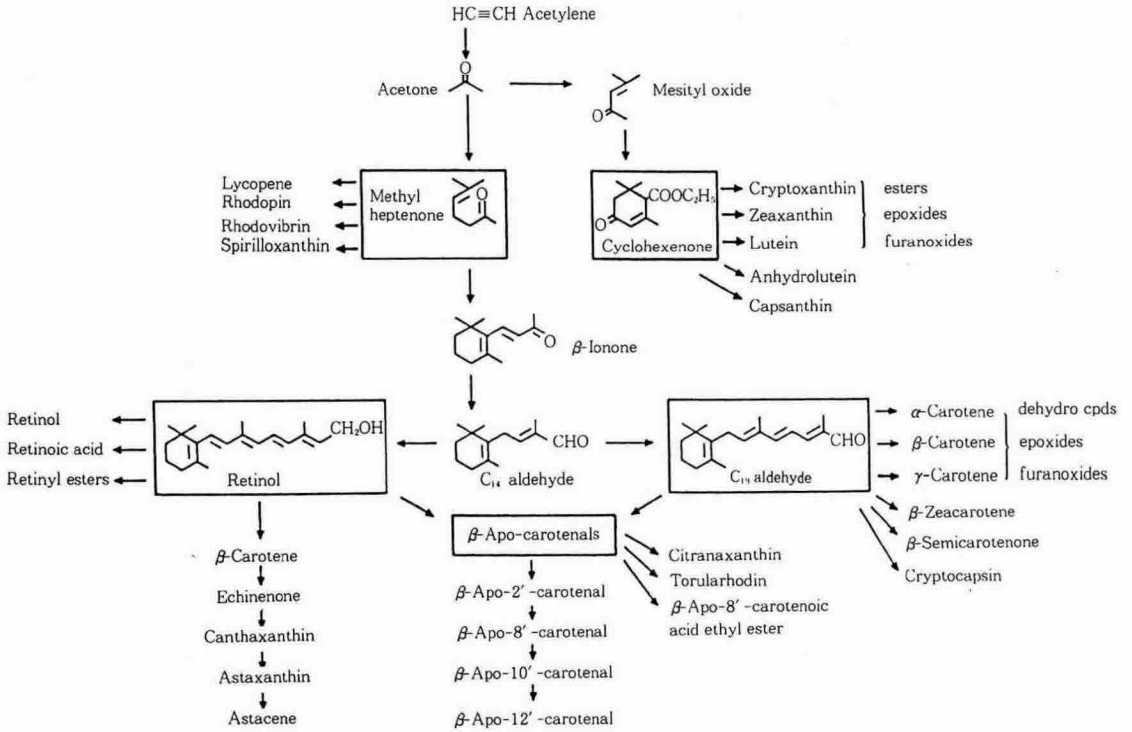


그림 1. 카로티노이드의 화학합성 모식도

카로틴 측쇄의 다른 부분이 비대칭적으로 개열하여 apo체가 생길 가능성도 있다. β-카로틴은 간장, 황체, 부신, 피부 등에 저장되지만 대부분은 초저밀도 혹은 저밀도 리포단백, 콜레스테롤 핵분의 일부가 되어 혈액중에 방출된다.

3. 카로티노이드의 상업적 이용

3.1 식의약품, 화장품분야의 이용

베타카로틴은 물리화학적 특성(지용성, 황-등색)으로 다양한 식품에 적용되어 수종류 타입의 제제가 공급되고 있다. 베타카로틴의 용용이 최초로 성공한 예는 마아가린을 들 수 있으며 현재는 버터, 치즈, 생크림, 쇼트닝, 라드, 마요네즈, 란, 아이스크림, 요쿠르트, 육제품, 팔콘, fried potato, 포테이토 칩, 커피용 밀크, 카스테라, 젤리, 캔디,

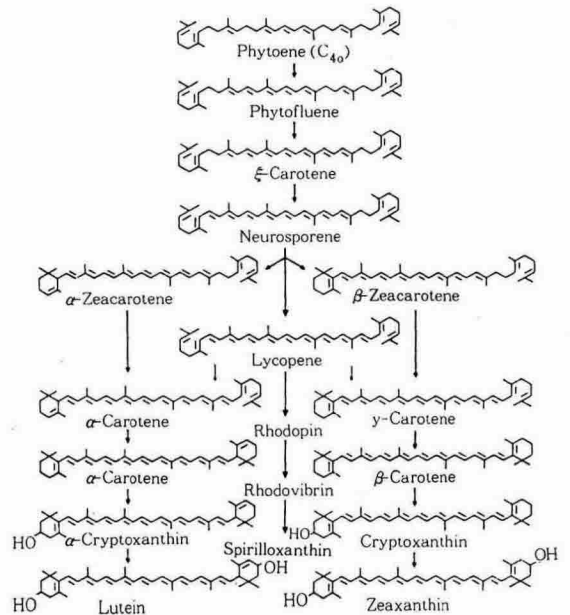


그림 2. 카로틴의 생합성 경로

인스탄트 스프, 음료 등 다양한 식품에 응용되고 있다.

한편 외국에서는 베타카로틴의 연갑셀, 경갑셀, 정제 등이 건강식품으로서 시판되고 있다. 또 자유 라디칼 소거물질의 항산화 영양소(비타민, 미량금속) 및 효소 등을 처방한 제품도 다수 출하되고 있다. 그 중에서도 비타민 C, 비타민 E 및 베타카로틴을 처방한 항산화 카테일제품이 상당히 보급되고 있으며 여기에 셀레늄을 첨가한 제품도 생산되고 있다.

의약품으로서 베타카로틴, 베타 아포카로티날, 베타 아포 카로틴산 에틸에스테르, 칸타잔신이 당의정, 시럽 등에 사용되고 있고 최근 미국에서는 multi vitamine OTC제품으로서 비타민 A 대신 베타카로틴을 처방한 제품이 급속히 보급되고 있다.

화장품의 경우는 착색료로서 사용가능하며 외국의 경우에 베타카로틴, 베타 아포카로티날, 칸타잔신 및 라이코펜(토마토 추출물) 등이 립스틱, 각종 크림 등 용도에 맞게 사용되고 있다.

3.2 사료분야의 이용

3.2.1 축산분야의 카로티노이드

카로티노이드는 생체색소 혹은 비타민 A 전구물질이라는 인상이 강하지만 이들의 기능과는 독립적인 생리적 기능을 가지는 것이 축산분야이다.

Lotthammer등과 Chew 등은 소의 황체중에 비타민 A가 존재하지 않고 고농도의 베타카로틴이 번식기능에 관여하고 있을 가능성을 시사한 바 있다. 현재까지 베타카로틴 결핍에 의한 소의 번식장애로서 발정정후의 미약화, 배란지연 등이 보고되고 있다. 표 3에는 Meyer 등에 의한 未經産牛의 발정에 대한 베타카로틴의 영향에 관한 실험결과를 나타내었다. 대조군인 베타카로틴 무첨가군에서는 혈장중의 베타카로틴의 혈중농도가 2000 $\mu\text{g}/1$ 이하로 시험군에 비해 발정개시에서 배란까지의 간격이 약 1일, 발정기간이 0.5일정도 길어지고 있고 난포의 낭종발생률에 관해서도 50%나 높게 발생

되고 있다. 또한 Chew 등은 유방의 감염과 베타카로틴과의 관계를 검토하고 베타카로틴과 비타민 A를 병용한 군에서는 비타민 A 단독 투여군에 비해 표 3. 미경산우의 발정에 대한 β -carotene의 영향

β -carotene 투여량 (mg/100kg체중, 1일)	0	30
혈액중 β -carotene 농도 ($\mu\text{g}/1$)	1,820	7,810
발정개시-배란의 간격 (일수)	2.2	1.3
발정기간 (일수)	2.4	1.9
난포의 낭종발생율 (%)	0	50

해 발생율이 반감하였다고 보고하고 있다. 이 베타카로틴의 소에 대한 응용은 약 15년전부터 세계적으로 이루어지고 있으며 모돈에 있어서도 1983년 이래 카로틴의 영향이 검토되고 있으며 베타카로틴의 생리학적 기능이 인정되고 있다.

3.2.2 양식어분야의 카로티노이드

양식어업생산량은 세계 수산물의 10-15%를 차지하고 있으며 이중 연어 및 송어는 매우 중요한 생산품으로서 현재 세계 생산규모는 20만톤이 넘고 국내의 경우(송어) 약 5000톤이다. 이러한 어류의 상품가치는 착색에 의해서 향상될 수 있는 데 어류의 사양 시험에서 astaxanthin은 천연색감용 착색제로서 매우 우수하다는 평가를 받고 있다. astaxanthin은 연어류에서 천연적으로 발견되는 색소이며 양식업에 있어 자연적인 색감의 육질을 추구할 수 있기 때문에 매우 선호되고 있는 물질이다. 대부분의 양식업자들은 합성 astaxanthin과 cantaxanthin을 이용하고 있으나 합성품은 가격이 비싸고 FDA에 의해 인정되지 못하고 있으며 더욱이 합성품은 천연품과 다른 구조를 가지고 있어 상

대적으로 갑각류등에서 얻은 천연품의 선호도가 강한 실정이다.

어류에 대한 astaxanthin의 생리적 효과에 관해 살펴보면 Claik 등은 송어의 어란과 치어의 생존률은 卵중의 카로티노이드의 농도증가와 함께 유의하게 증가하며 또한 난중의 카로티노이드 농도와 부화율간에 상관관계가 있음을 보고하고 있다. 또한 Torrison 등은 대서양 연어의 치어를 이용하여 칸타잔신과 astaxanthin을 각각 30mg/kg 투여한 결과, 누적 성장율에 있어서도 색소첨가군이 유의하게 증가하였다고 보고하고 있다. 또한 松野등은 provitamine A 효과를, Miki 등은 참돔의 卵質 개선효과(총산란수, 부상란수, 부화된 수, 정상적 부화어의 개선)를 보고하고 있다. 표 4에는 천연어의 카로티노이드 분포를 고려한 양식어에 대한 카로티노이드의 적정 사료투여량을 나타내었다.

표 4. Astaxanthin의 첨가 권장량

어종	사료에 대한 astaxanthin의 첨가량	사용기간
참돔	30-40ppm	출하전 4-6개월간
	40-50ppm	출하전 3-4개월간
은연어	30-40ppm	출하전 6-8개월간
송어	40-60ppm	출하전 2-4개월간
보리새우	50-150ppm	출하전 2-3개월간
관상어	50-100ppm	년중내내

4. 카로티노이드의 생물활성

4.1 활성산소 소거활성

생체의 다양한 반응에 의해 발생하는 활성산소는 핵산, 단백질, 지질등에 산화적 장해를 주어 염증, 노화, 암화등 다양한 질환과 깊이 관련되고 있다. 이러한 산화적 스트레스는 생물체의 SOD 등 혹은

토코페롤 등에 의해 억제되고 있다. 이들 활성산소에 대한 생체방어중 카로티노이드는 최근 자유라디칼과 일중항 산소로부터 세포와 조직을 보호하는 중요한 역할을 하는 것으로 밝혀지고 있어 주목되고 있다.

베타카로틴은 산소분압이 낮으면 자유라디칼 포착제로서 작용하며 산소분압이 높아지면 이 기능은 약화된다. 조건에 따라서 자유라디칼 연쇄반응을 촉진한다. 그러나 생체내의 산소분압은 사람의 경우 조직액에 들어간 경우 약 40mmHg, 세포주변에서 약 1mmHg이다. 또한 카로티노이드와 비타민 E에는 활성산소 소거의 상승효과가 인식되고 있다는 점에서 생체조직에서는 카로티노이드가 자유라디칼의 소거 역할을 담당하고 있다고 생각될 수 있다.

한편 잔소필류인 제아잔신, 칸타잔신, 아스타잔신은 자유라디칼 연쇄반응을 일으키는 지질 페록사이드의 생성을 베타카로틴보다 강하게 억제하며 특히 아스타잔신은 Fe²⁺가 일으키는 정상 쥐간장 미토콘드리아의 지질과산화 반응에 대해 알파 토코페롤보다 1000배 강력한 저해활성을 보이고 있다. (그림 3) 한편 *in Vivo*에서의 활성시험은 적으나 사염화탄소 처리에 의한 지질 과산화에 대해 칸타잔신, 베타카로틴이 억제한다는 보고가 있고 반응성이 상당히 높은 하이드록시 라디칼에 대해 아스타잔신 등의 소거활성이 인정되고 있다.

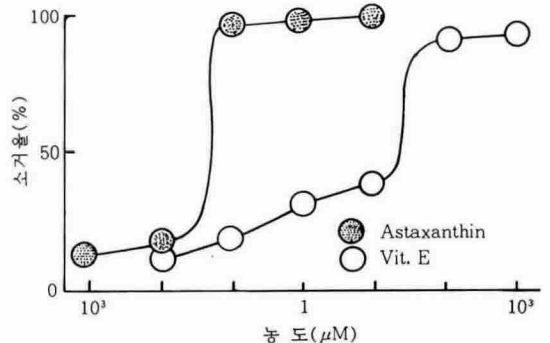


그림 3. 쥐간 미토콘드리아의 생물시험

일중항산소는 강한 생체산화를 일으킨다고 여겨지고 있다. 베타카로틴이 일중항 산소를 소거하는 기능은 Foote와 Denny에 의해 1968년도에 보고된 바 있으며 베타카로틴의 일중항산소 소거정수는 알파토코페롤의 20-200배나 된다고 보고되고 있다. (표 5)

표 5. 각종 카로티노이드와 알파 토코페롤의 자유라디칼 포착활성

화 합 물	ED50(nM)
Astaxanthin	200
Zeaxanthin	400
Canthaxanthin	450
Lutein	700
β -carotene	960
α -tocopherol	2,940

카로티노이드의 일중항산소 소거활성은 그 특징적인 공역계에 기인한다. 공역이중결합수가 7개에서 5개로 감소함에 따라 활성은 현저히 저하한다. 공역계의 길이와 활성과의 상관성은 잘 조사되어 있으며 최근 각종 카로티노이드의 구조와 활성과의 상관성에 관한 연구에서 공역이중결합의 길이와 활성간에 상관성이 있음이 확인되었으며 생체계에 가까운 조건에서 oxycarotenoid가 활성이 강하다고 평가되고 있다.

4.2 암세포 증식억제활성

카로티노이드의 항종양활성은 예로부터 연구되어 왔지만 최근 암정복에 대한 사회적 중요성이 부각되면서 점차 주목받게 되었다.

본래 카로티노이드는 항종양활성을 가지는 비타민 A 전구체로서 중요시되어 왔으나 최근 비타민 A 활성이 없는 카로티노이드도 항종양활성이 있음이 밝혀지게 됨에 따라 다종의 카로티노이드에 대한 항종양활성 여부에 대한 탐색을 통하여 우수한 활성이 있는 카로티노이드들이 발견되게 되었다. 주

요 카로티노이드는 α -카로틴, 푸코잔신, 할로신티아잔신, 페리디닌, 아스타잔신 등을 들 수 있다.

α -카로틴의 경우에는 일상적으로 섭취하는 식품중에 포함된 것으로 사람의 혈중에도 존재하고 있는 것이 확인되고 있다. 예로 인삼등에 많이 함유되고 있는 것으로 알려져 있으나 비타민 A 전구체로서 베타카로틴의 1/2에 불과하기 때문에 그다지 주목을 받지 못하였다. 이 α -카로틴은 베타카로틴보다 강한 발암억제작용을 가지고 있는데 TPA에 의한 EBV-EA 발현유도에 대한 α - 및 β -카로틴의 억제효과에서 α -카로틴이 베타 카로틴보다 강력한 항 promoter 활성을 가지고 있음이 확인되고 있다. 계속해서 in vivo 실험을 통해 그 효과를 살펴보면 많은 실험계에 있어서 α -카로틴은 강력한 발암억제효과를 가지고 있음이 확인되고 있다. (표 6) 즉, initiation으로서 4-nitroquinoline 1-oxide를, promoter로서 glycerol을 사용한 마우스 폐 2단발암 실험계에서 α -혹은 베타 카로틴을 0.05% 농도가 되도록 하여 경구투여시 α -카로틴에서는 평균 폐종양수가 유의하게 감소하나 베타카로틴의 경우에는 전혀 효과가 나타나지 않고 있다. 이같은 결과는 마우스 피부의 2단계 발암시험에서도 관찰되는 데 즉, ICR 암컷 마우스의 등피부에 initiator로서 DMBA, promoter로서 TPA를 도포한 경우에 일어나는 종양수를 α -카로틴이 감소시키고 있으며 그 활성은 베타카로틴보다 강력함을 알 수 있다. 또한 C3H/He수컷 마우스의 자연발증 간암에 대해서도 α -카로틴은 베타 카로틴보다도 강력한 억제효과를 보이고 있다.

한편 α -카로틴 및 베타카로틴에 관련한 카로티노이드로서 루테인도 종양 억제활성이 있는 데 마우스 피부발암 실험계의 하나로서 initiation을 DMBA, promotion 을 TPA 및 mezeirein으로 행한 실험에서 루테인을 1st stage promoter 처리전에 2회 도포한 것만으로도 유의하게 평균피부종양수가 감소하는 것으로 나타나고 있다.

한편, 톳, 미역 등에 함유되고 있는 푸코잔신은 신경아세포종 GOTO 세포의 증식에 대한 활성에

표 6. 천연 카로티노이드에 대한 발암억제

실 험 군	마리수	종양발생율	마우스 마리당 종양수
폐발암			
control 군	16	93.8	4.06
α -carotene 투여군	15	73.3	1.33
β -carotene 투여군	15	93.3	4.93
간발암			
control 군	16	100	6.31
α -carotene 투여군	17	94.1	3.00
β -carotene 투여군	17	100	4.71
12지장발암			
control 군	21	66.7	1.05
fucoxanthin 투여군	20	35.0	0.45

서 강한 억제효과를 보이고 있다. (그림 4) 이 억제효과는 농도 및 작용시간에 의존하면 10 μ g/ml 이상의 농도로 배양액중에 첨가시 증식은 완전히 저해되고 5 μ g/ml이하의 농도에서는 증식속도가

저하하며 그 효과는 2 μ g/ml농도에서도 인식되고 있어 강력한 항종양활성을 가지는 물질로 평가되고 있다. 이 같은 푸코잔신의 항종양활성은 GOTO 세포의 N-myc 발현을 조사한 결과에서 알 수 있듯이 현저한 mRNA의 저하가 일어났고 그 효과는 24시간만에 최대의 저하효과를 보였다. 한편 도중에 푸코잔신을 제거하면 그 효과는 소실되는 양상을 볼수 있는 데 이 결과는 푸코잔신의 가역적인 항종양활성을 반영하고 있는 것으로 해석되고 있다. (그림 5)

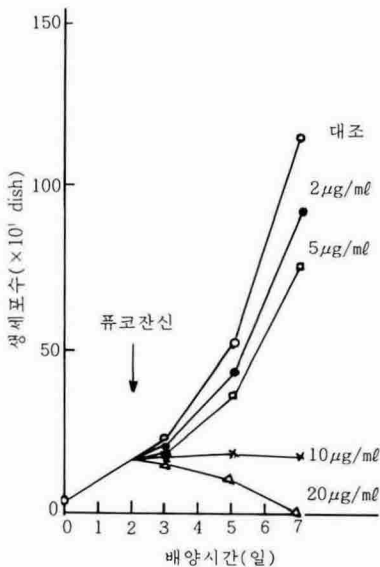


그림 4. 푸코잔신에 의한 사람신경아세포종 GOTO세포의 증식억제

푸코잔신은 피부종양발생이나 십이지장 암의 발생에 대해서도 유효함이 입증되고 있다. 즉, 마우스 피부 2단계 발암실험계에서 푸코잔신을 발암 promoter 처리시에 동시에 도포하면 강력하게 종양발생을 억제하는 것이 나타나는데 푸코잔신을 발암 promoter TPA의 380배량 투여한 경우 피부 종양의 발생은 전 실험기간(20주)동안 전혀 관찰되지 않았고 완전히 억제되고 있으며 또한 C57B1/6마우스에 N-ethyl-N-nitrosoguanidine을 투여할 경우 조기에 십이지장종양이 발생한다는 것이 알려져 있으나 이 실험계에서는 푸코잔신을 0.005% 농도되게 투여하면 십이지장종양이 유의하게 억제되고 있음을 관찰할 수 있다. (표 6)

표 7. 수종의 사람종양세포의 증식에 미치는 halocynthiaxanthin의 효과

농도(ug/ml)	생존세포수 (x10 ⁴ cell/dish)			
	HGC-27	COLO320DM	PANC-1	HeLa
0	6.6	27.1	31.0	59.0
1	5.1	18.1	24.5	40.0
2	3.9	13.6	22.0	25.5
5	0.1	10.7	8.0	6.5

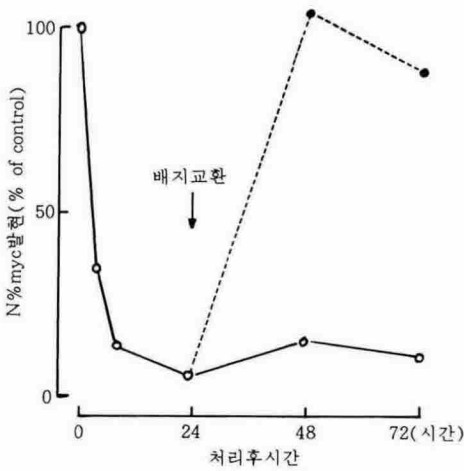


그림 5. 푸코잔신에 의한 N-myc의 발현억제.

한편, 멧게, 굴등에서의 푸코잔신 대사산물인 할로신티아잔신(halocynthiaxanthin)은 푸코잔신보다 강력한 항종양활성을 보이고 있으며 다른 종양 세포에도 강력히 저해하는 것으로 나타나고 있다. (표 7)

푸코잔신 및 할로신티아잔신 이외에도 베타카로틴보다 강력한 항종양활성을 가지는 카로티노이드가 있는 데(표 8) 페리디닌, 아스타잔틴등이 그 예이며 푸코잔신의 활성과 유사한 페리디닌은 적조 유발조류에 함유되고 있는 카로티노이드로서 알려진 물질이다.

이상에서와 같이 많은 카로티노이드는 발암억제 능력을 나타내는 것으로 밝혀지고 있지만 그 기작

에 관해서는 아직은 분명한 결론이 나오지 않고 있다.

이에 관한 연구 초기에는 카로티노이드가 비타민 A로 대사된후 활성을 발현한다고 생각되었으나 비타민 A로 변환되지 않는 카로티노이드도 활성이 나타나고 있어 카로티노이드 자체가 발암억제 작용을 한다고 생각되고 있다.

그런데, 카로티노이드는 발암 promoter에 유도되는 수종의 변화를 억제한다. 예를 들면 발암 promoter에 의해서 항진하는 세포의 인지질대사를 억제하기도 하고 Epstein-Barr virus의 활성화를 억제하기도 하며 오르니친(ornithine) 탈탄산효소의 유도를 저해하기도 하는 것이 확인되고 있어 이러한 작용이 발암억제 기구로서 중요한 역할을 미치고 있을 가능성을 시사하고 있다.

또한 카로티노이드는 생체내에서 발생하는 발암 관련성 활성산소를 소거함으로써 생체방어역할을 하는 것으로도 생각되고 있는 것이다.

표 8. 수종의 카로티노이드에 의한 GOTO 세포의 증식억제

Carotenoid	Inhibition (%)
Astaxanthin	39.0
Zeaxanthin	9.4
β-carotene	8.0
Peridinin	100

마 치 며

카로틴류는 1800년대에 화학구조가 밝혀졌고 1900년대에 스위스의 Roche 社에 의해 1953년도에 β -카로틴의 공업적 합성을 시작으로 칸타잔신, β -아포카로티날, β -아포카로틴산 에틸에스테르, 아스타잔신등 모두 합성되어 각종 가공식품, 음료류 등과 축육, 계란, 연어 및 송어등의 착색제로 이용되어 왔다. (astaxanthin 의 경우 현재 사용금지 품목임)

그러나 최근 FDA의 식품착색제의 표시 의무화와 건강예방에 대한 사회적 욕구 및 합성품에 대한 소비자들의 거부감, 유해가능성 등으로 천연품에 대한 수요가 급증하고 있으며 어나토, 파프리카, 홍국, 코치닐, beet red, 파즙 및 야채색소 및 추출 β -카로틴등 천연색소의 판매량이 신장되고 있는 추세이다.

한편 천연 카로티노이드는 축육, 계란, 어육의 품질 및 번식등 높은 생산성 기능을 부여하고 trans-형인 화학합성품과 달리 cis-, trans-형과, 각종 ester 화합물로 구성되고 있으며 선명한 황색 및 적색 색소로서의 가치외에도 비타민 A 전구체, 항산화작용, 자외선의 유해작용의 예방, 암예방효과, 면역부활작용, 노화억제작용, 동물의 번식, 유우의 유방염 방지, 높은 체내흡수력 등의 효과 등이들은 단순히 색소로서 이용되는 합성품이나 여타의 황-적색 착색관련 천연색소와는 근본적으로 차원이 다른 가치를 지니고 있다.

그 이유는 천연 카로티노이드가 단일한 구조를 가지는 합성품에 비해 다양한 이성체를 함유하기 때문으로 생각되고 있다. 예로 β -카로틴은 공역 2 중결합을 11개 가지는 장쇄(polyene)의 분자로 분자회전에 필요한 많은 위치를 가지고 있고 이론적으로는 272종의 cis-trans 기하 이성체가 존재한다. 그러나 합성품의 경우에는 입체장해로 인해 자연계에서 안정한 형태로 존재하는 형태가 매우 적다고 생각되는 것이다. 또한 astaxanthin의 경우

는 자연계의 구조와 전혀 다른 특징으로 인해 FDA에서 사용을 금지하고 있는 실정이다.

이상에서와 같이 천연 카로티노이드는 그 높은 부가가치 창출효과가 있음에도 불구하고 야채, 과일류, 갑각류등에서 생산이 가능하지만 원재료비 비중이 높아 경제성 높은 생산이 어려워 구미선진국에서는 *Dunaliella*, *Haematococcus*, *Phaffia rhodozyma* 등의 미생물 자원을 이용하여 경제성 높은 생물공학적인 생산기술을 연구중에 있으며 일부는 실용화 단계에 있다.

특히 천연의 β -카로틴과 astaxanthin은 수조원대에 이르는 국내의 육우, 유우, 돼지, 닭 및 양식 어류의 생산성과 품질을 크게 향상시킬 수 있고 각종 가공식품에의 기능성 착색제로서, 노화예방식품으로서 그리고 암예방용 특정보건용 식품 및 의약품소재로서 향후 이용이 기대된다.

참 고 문 헌

1. 吉積智司 등 : 新食品用素材便覽-配糖體, 光琳, pp409-428 (1991)
2. Encyclopedia of Food science and technology -Carotenoids, 1, 293 (1992)
3. 식품기술-미생물조류의 이용, 한국식품개발연구원, 8(3), 159 (1995)
4. 西野輔翼 : α -カロテンによるがん豫防, New Food Industry, 36 (5), 6 (1994)
5. 松野陵男 등 : 動物におけるカロテノイドの生理機能と生物活性, 28(4), 219(1989)
6. 幹渉 : カロテノイド-代謝と生物活性, 日本水産學會, 94, 69-113 (1993)
7. Neils, H. J. et al : Microbial sources of carotenoid pigments used in foods and feeds, Journal of Applied Bacteriology, 70, 181 (1991)
8. Johnson E. A. and An G. W. : Astaxanthin from microbial sources, Critical reviews in Biotechnology, 11 (4), 297 (1991)