

레몬(Lemon)의 기능성 연구

이 해 정
가천길대학

I. 레몬(Lemon)의 기능연구 동향

레몬(학명: *Citrus limon* BURM.f.)은 세계 여러 나라에서 먹고 있는 감귤과실의 일종이다. 레몬 과즙의 상쾌한 신맛의 성분은 구연으로 피로회복 효과, 아스콜빈산에는 괴혈병 예방 효과, bioflavonoid 나 비타민 P라고 하는 hesperidin에는 모세혈관의 강화 작용이 알려져 있다. 레몬을 비롯한 감귤과실에는 많은 후라보노이드(flavonoid) 화합물이 포함되어 있고, 후라보노이드를 아글리콘의 구조로 분류하면 후라본, 후라보논, 후라보놀, 아로시아닌등의 4개의 그룹으로 나누지만 그 중에서 후라바논이 가장 많이 있다. 오렌지류에 가장 많은 hesperidin, Narirutin나 자몽주스의 쓴 성분인 Narigin에는 항 알러지 작용, 항 바이러스 작용, 항 염증 작용도 있고, 감귤류에 고도로 메토시화되어 있는 노히레친이나 탄게레친에는 항 히스타민, 항 알레르기 작용, 항 암 작용이 있다는 보고가 있다.

한편, 음식물에 있는 항 산화 성분은 생체 내에서 활성 산소인 free radical을 소거하여 과산화지질의 생성을 억제하여 산화 스트레스가 원인인 암, 동맥경화, 당뇨병의 합병증의 예방효과가 있다 한다. 여기서는 레몬에 있는 후라보노이드의 항 산화성에 대하여 고찰하고 특이성과 기능성을 알아보고자 한다.

II. 레몬의 항 산화성분

1. Eriocitrin등의 분리

레몬 과피를 열수 추출한 것과 레몬 과즙을 역상 지수의 분획 조작해서 분취 고속액체chromatography (분취HPCL)로 수종의 항 산화성분을 분리했다.(그림1), 항산화 활성은 리놀산의 자동 산화에 의해 생성되는 과산화 지질 량을 측정하여 조사했다. 레몬에 들어있는 항 산화 성분의 구조는 핵자기 공명 Spectro(H-NMR,C-NMR)등으로 eriodictyol-7-O- β -rutinoside)과 구조 결정을 분석했다.(그림1)

Eriocitrin은 flavanone의 eriodictol 7번째의 수산기에 루티노스가 결합한 후라보노이드로 밝혀졌다. 레몬 과피의 추출물에서는 6,8-Di-C- β -글루코실디오스민(DGD), 6-C- β -glucosyldiosmin (GD)를 같은 조작에 의해 구조 결정을 밝혀냈고, flavanone 배당체의 네오에리오시트린, 나리루틴, 라딘진, 헤스페리딘, 네오헤스페리딘, 후라본 배당체의 디오스민의 존재를 HPLC분석에 의해 확인했다.

2. 항 산화 활성

레몬 후라보이드에 대해서 리놀산, 리보솜막, 토끼 적혈구막을 사용한 항산화 측정으로 산화 활성을 조

화학명	치 환 기					
	5	6	7	8	3'	4'
Flavanone						
Eriodictyol	OH		OH		OH	OH
Eriocitrin	OH		O-Rut		OH	OH
Neoeriocitrin	OH		O-Nec		OH	OH
Hesperetin	OH		OH		OH	OCH ₃
Hesperidin	OH		O-Rut		OH	OCH ₃
Neohesperidin	OH		O-Nec		OH	OCH ₃
Naringenin	OH		OH			OH
Narirutin	OH		O-Rut			OH
Naringin	OH		O-Nec			OH
Diosmetin	OH		OH		OH	OCH ₃
Diosmin	OH		O-Rut		OH	OCH ₃
6,8-di- <i>C-B</i> -glucosyldiosmin (DG)	OH	Glu	OH	Glu	OH	OCH ₃
6- <i>C-B</i> -glucosyldiosmin (GD)	OH	Glu	OH		OH	OCH ₃

O-Rut : O-rutinoside, O-Neo : O-neohesperidioside, Glu : Glucose

Flavanone

Flavone

Eriocitrin(Eriodictyol-7-O-β-rutinoside)

그림1. 레몬 후라보노이드의 화학구조

사했다. 레몬에 들어있는 후라보노이드 배당체 가운데에는 에리오시트린의 항산화 활성이 가장 높고 다음으로 네오에리오시트린, DGD이고, 다른 화합물에는 활성이 낮았었다. 또한, 후라보노이드 배당

체의 아글리콘의 항산화 활성을 조사한바 에리오시트린과 네오에리오시트린의 아글리콘인 에리오딕티올의 활성이 높았다. 항산화 활성이 높았던 에리오시트린, 네오에리오시트린, 에리오딕티올은 후라보

노이드 A G H K S 부분의 3'번 위치와 4' 위치에 접근하는 2개의 수산기를 갖고 있는 것이 특징이고, 이것이 항 산화 활성에 기인하고 있다고 추측하고 있다. 그 외에 에리오시트린은 항 산화 성분으로 알려진 α -tocopherol과의 상승효과가 있고 또한, 퀘산과도 병용함으로써 항 산화 효과가 높아졌다고 한다.

3. 특 징

Lemon 후라보노이드의 과실내의 분포는 과즙보다 과육에 많았고, lemon에는 에리시트린, 헤스페리딘이 특히 많고, DGD, 나릴틴, 디오스민이 다음

으로 많이 있고, 네오에리오시트린, 나린진, GD, 네오헤스페리딘은 미량이었다(표1), 에리오시트린은 과피 부분에 100g당 154mg으로 많고, 과즙에는 100g당 21.6mg으로 아스콜빈산 양의 약 1/2 포함 되어 있다. 다른 감귤류인 오렌지 주스나 포도 등에는 거의 없었고, lemon, lime 에만 아주 많이 있었다. 에리오시트린은 물, ethanol에 녹고, 0.05% 수용액에서는 약간 쓴맛을 느끼나, 포도류, 금귤등의 고미성분인 나린진과 비교하면 쓴맛은 약했다. 또한 산성(PH 3.5)용액에서 121° C, 15분의 열 처리에서 성분변화는 없었다.

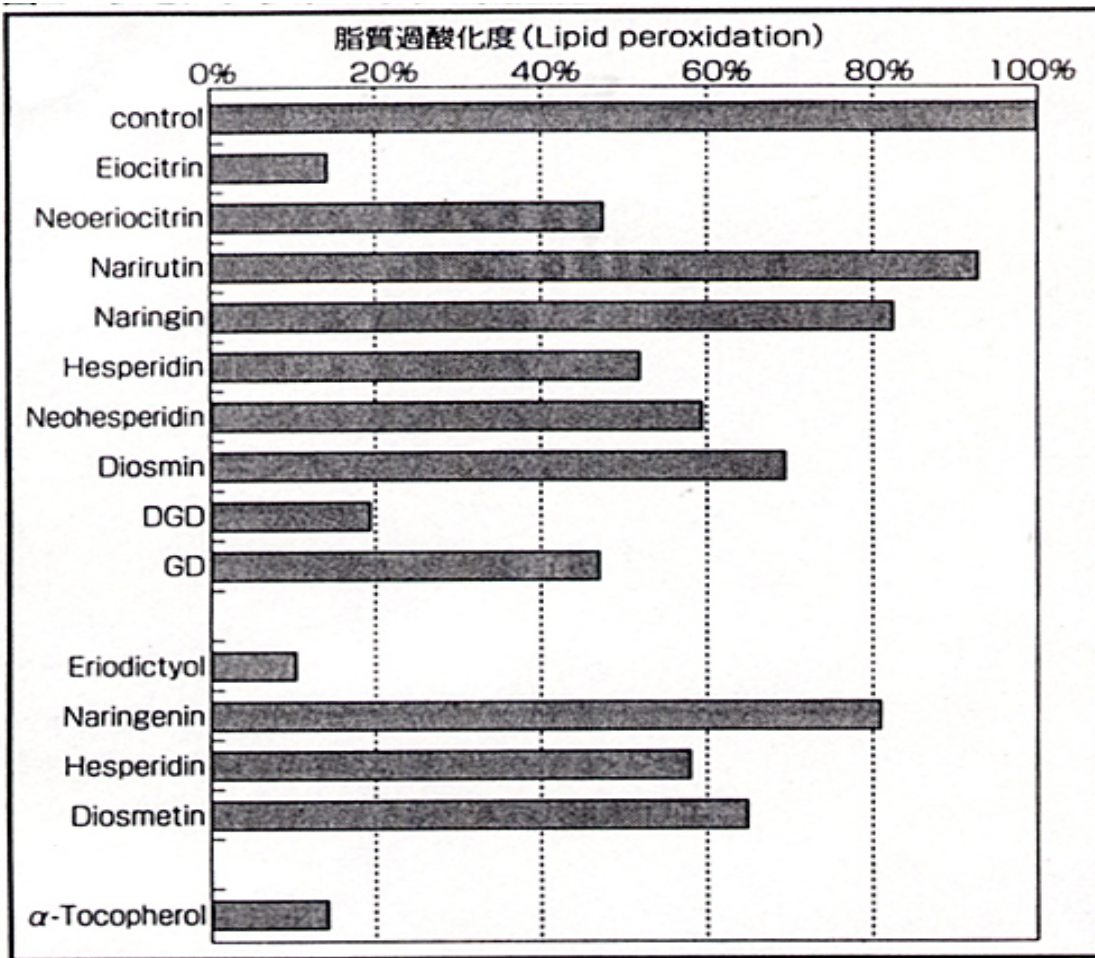


그림 2. 후라보노이드의 항산화활성

표 1. 레몬후라보노이드의 분포

	濃度(mg/100g)								
	Eriocitrin	Neoeriocitrin	Narirutin	Naringin	Hesperidin	Neohesperidin	Diosmin	DGD	GD
果汁	21.6	trace	0.2	n.d.	8.9	n.d.	1.3	4.9	trace
果皮	154	1.5	9.4	trace	173	trace	26.2	33.9	5.1
種	trace	n.d.	trace	n.d.	n.d.	n.d.	trace	n.d.	n.d.

DGD : 6,8-di-C-β-glucosyldiosmin GD : 6-C-β-glucosyldiosmin trace : <1ppm n.d. : not detected

4. 다른 기능

Lemon에 특징적으로 존재하는 후라본류의 DGD, GD들은 고혈압에 걸린 어린 쥐(자연발증랏드(SHR)들에게 정맥 실험한 결과 혈압 강하작용이 있었음이 밝혀졌다. 또한 고혈압 자연 발증 랏드를 이용한 경구투여로 lemon과즙과 lemon과즙으로 조제한 후라보노이드조정물에 대한 혈압상승억제효과를 조사했다. 음료수로써 5% lemon 과즙을 SHR에게 90일간 투여한 결과 증류수 투여한 군과 비교해서 혈압이 하강되었다. lemon flavonoid 조정물만을 SHR에 투여한바 28일째에 혈압이 하강되었다. lemon flavonoid 조정물을 HPLC 분석한 결과 에리오시트린, 헤스페리딘, DG가 많이 포함되어 있어 이들이 혈압강하에 관여하고 있다고 추정하고 있다. lemon flavonoid는 항 산화 작용과 함께 혈압 하강 기능등도 보유하고 있어 다 기능 성분으로 생각된다.

Ⅲ. 에리오시트린 대사과정

1. 장내 세균에 의한 대사

식품의 항 산화 성분의 생체 내에서의 기능을 알아보기 위해서는 경구 투여로 체내에 들어간 항 산화 성분이 어떻게 대사 되는가를 조사해서 그 대사 성분의 산화 stress 억제 mechanism을 해명하는 일이 중요한 과제로 되어왔다. 거기에서 에리오시트린 섭취후에 체내에서 최초로 대사된다고 생각

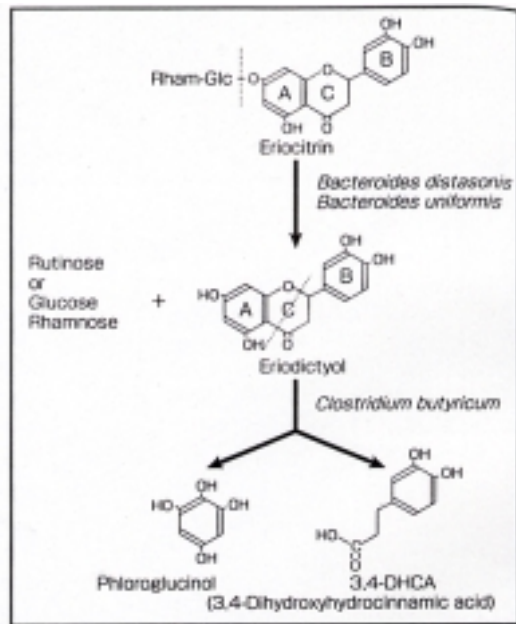


그림 3. 장내세균에 의한 Eriocitrin의 대사과정

되는 장내 세균의 영향을 조사해서 그 대사 과정을 검토하였다. 19종의 장내 세균을 사용해서 조사해본 결과 Bacteroides속의 수균주에 의해 에리오시트린으로부터 아그리콘의 에리오딕디올이 생성되어 Clostridium속에는 에리오딕디올(3,4-Dihydroxyhydrocinnamic acid:3,4-DHCA로 약칭)로 대사 분해하는 균주가 보였다. 에리오시트린으로부터 에리오딕디올로, 그래서, 3,4-DHCA로 홀로록시올로 대사된다고 추정하고, 사람의 변으로부터 분리된 장내 세균층에 있어서도 대사성분의 생성을 확인하여 대사과정을 추정했다.(그림3)

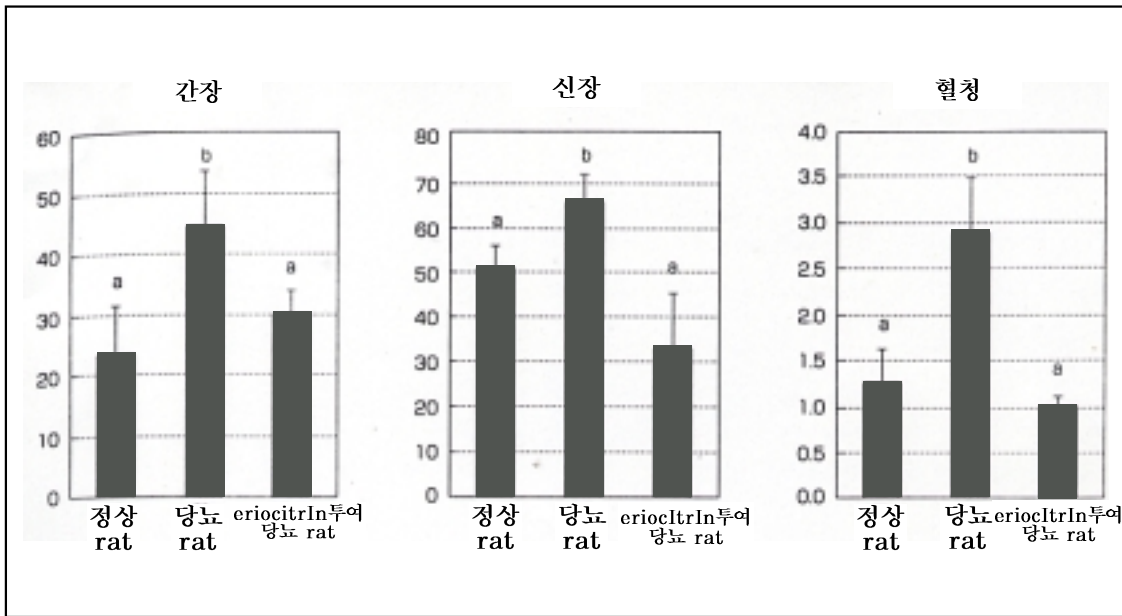


그림 4. 당뇨병 발병 rat의 산화스트레스 억제효과 (과산화지질 TBARS nM/g)

2. 대사물의 항산화 활성

에리오시트린과 그 대사물에 대해서, 리놀산이나, 토기 적혈구막을 써서 항산화 측정을 한 결과, 에리오딕디올에는 α -tocopherol보다 높은 항산화 활성을 갖고 있고, 3,4-DHCA와 홀로록시놀은 에리오시트린보다 약한 활성을 가지고 있다. 한편, 붉은 포도주를 많이 마시는 프랑스 사람이 심혈관 질환에 의한 사망률이 낮은 것은 붉은 포도주에 많이 있는 폴리페놀이 동맥경화증의 원인인 저밀도지단백(LDL)의 산화변성을 억제하기 때문으로 알려졌다. 동이온에서의 LDL의 共役gene이 형성되기까지의 lag time을 측정하여 에리오시트린과 대사물의 항산화 활성을 조사하였더니 α -tocopherol보다 높고, 녹차 polyphenol과는 거의 같은 정도였다. 이들 결과에서부터 에리오시트린은 장내세균으로 대사된 후에도 활성을 갖는 것이 확인되었다.

* lag time : 자극을 가한후 반응이 생길 때까지의 시간
배양균에 세균을 접종하고 나서 발육 또는 세포 분열이 개시될 때까지의 걸리는 시간

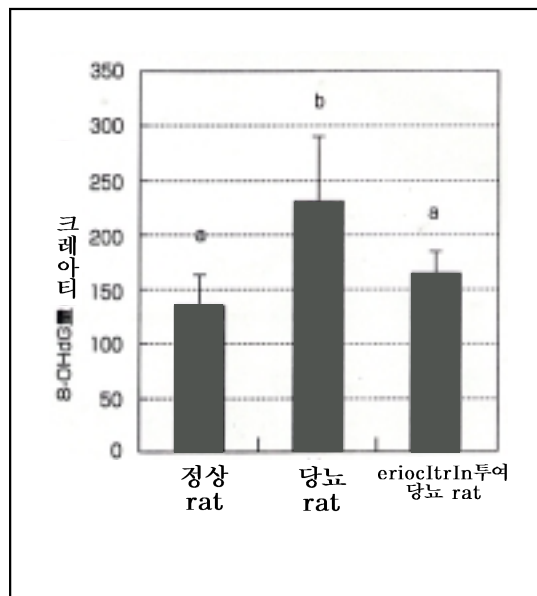


그림 5. 당뇨병 발병 rat의 산화 스트레스 억제효과

IV. 에리오시트린의 생체내 항산화성

당뇨병은 중장년층에서 급증하며 신 기능 장애나

백내장등의 합병증도 유발하는 현대 사회의 문제인 질병이다. 이들 합병증은 산화 stress로 지질 과산화 때문인 것이다. 우리들은 스트렙토조토신(STZ)로 당뇨병을 걸리게 한 랫드(실험용 어린 쥐)를 사용해서 산화 stress에 대한 lemon의 항 산화 성분인 에리오시트린의 효과를 알아보기 위해 0.2%에 에리오시트린을 넣은 사료를 1개월 투여한 후 혈청, 간장, 신장의 지질 과산화도(TBARS)을 조사했다.

에리오시트린을 넣은 사료를 투여한 군은 과산화도가 억제되었고 생체 내에서도 지질과산화도 방어하였다. 생체 내에서는 산화 stress에 의한 DNA가 산화 장애를 받으면, 그 산화장애물(8-hydroxydioxyparadiso: 8-OHdG)이 뇨 중으로 배출되었는데 이 실험에서도 8-OHdG양을 mono chronol kit로 정량해보니 당뇨병 발증랫드는 8-OHdG양이 증가하였으나, 에리오시트린 넣은 사료를 준 당뇨병랫드에서는 유의적으로 억제되었다. 이런 실험의 결과에서 보면 경구 투여한 에리오시트린은 생체 내에서 산화 stress를 억제하여 합병증을 줄일 수 있으리라 추정할 수 있었다.

V. 결 론

항산화성분인 에리오시트린을 중심으로 lemon에 있는 후라보노이드의 기능성을 추구하였다. 앞으로 새로운 검토가 필요하나, 에리오시트린은 당뇨병에서 합병증의 원인인 산화 stress를 억제함으로써 당뇨병합병증에 대한 예방효과가 기대된다.

앞으로는 lemon flavonoid에 대한 다른 질병의 예방효과에 대해서도 추구할 필요가 있다고 생각한다. 동시에 에리오시트린이 체내흡수후의 대사과정이나, 생체 내에서의 항 산화 mechanism도 검토하여, 생체 내에서의 유효성을 추구할 필요가 있다고 생각한다. lemon 과즙에 많이 들어있는 항산화 성분인 아스콜빈산에 대해서는 식품의 품질변화를 방지하기 위한 항산화제로써 또한 생체 내에서는 산화 stress의 제거 기능등이 잘 알려져 있다. 아스콜빈산 과 같이 lemon의 후라보노이드에 대해서도 이들 기능을 분명히 하여 lemon의 유효성을 더욱 널리 알리는 연구가 진행되기를 기대한다.

[출처] 食品と開發 ; 33(7), 15-18