

개별인정원료 우뚝가사리추출물의 체지방 감소에 관한 기능성 고찰

Effects of dietary *Gelidium elegans* extract on fat metabolism in preadipocyte cell and mice fed a high-fat diet

이부용¹ · 정희철^{2*}

Boo-Yong Lee¹ and Hee-Chul Chung^{2*}

¹차의과학대학교 식품생명공학과, ²주식회사 뉴트리 건강식품연구소

¹Department of Food Science and Biotechnology, College of Life Science, CHA University,

²Health Food Research and Development, NEWTREE Co., Ltd.

Abstract

We investigated the anti-obesity effect of *Gelidium elegans* extract (GE) on 3T3-L1 preadipocytes and a high-fat-diet (HFD)-induced mouse model. The results of the present study demonstrated that GE prevents weight gain induced by a high-fat diet (HFD) by modulating the adenosine monophosphate-activated protein kinase (AMPK)-PR domain-containing 16 (PRDM16)-uncoupling protein-1 (UCP-1) pathway in a mice model. Moreover, *in vitro* results show that GE suppressed adipocyte differentiation by modulating adipogenic regulators, stimulated lipolysis by activating ATGL, and inhibited adipogenesis by downregulating various enzymes associated with triglyceride synthesis.

GE was also found to upregulate AMPK phosphorylation as well as the expression of UCP1 and PRDM16 proteins, leading to measurable changes in the beige-like phenotype differentiation of 3T3-L1 cells. Taken together, these findings suggest the role of GE as a functional food ingredient extracted from *Gelidium elegans* to increase energy expenditure and anti-obesity efficacy.

Keywords: *Gelidium elegans*, anti-obesity, energy expenditure, adenosine monophosphate-activated protein kinase

서론

2004년 국내 건강기능식품법이 도입된 이래, 국

* Corresponding author: Hee-Chul Chung

Health Food Research and Development, NEWTREE Co., Ltd., Seoul 05604, Republic of Korea

Tel: +82-2-565-3494

Fax: +82-2-6949-1293

E-mail: hchung@inewtree.com

Received October 14, 2020; revised November 9, 2020; accepted November 10, 2020



내 건강기능식품 시장은 매년 성장을 거듭하여, 2018년 현재 총생산액 기준으로 2조 5,221억원에 달하는 시장으로 성장하였다(식품의약품안전처, 2019). 건강기능식품이란 인체에 유용한 기능성 원료나 성분을 사용하여 국민의 건강증진에 이바지함을 목적으로 제조 가공한 식품을 말하며, 기능성 원료에는 고시형 기능성 원료와 개별인정형 기능성 원료로 나누어진다(식품의약품안전처, 2016). 이는 곧, 인정 대상이 최종 제품이 아닌 원료나 성분임을 의미한다. 고시형 기능성 원료란 건강기능식품공전에 이미 등재되어 있는 기능성 원료로 공전상 해당 원료의 제조기준, 규격, 최종제품의 요건에 적합할 경우, 별도의 인정 또는 허가 절차 없이 신고만으로 최종 제품에 적용하여 제조 판매할 수 있는 원료를 의미한다. 반면, 개별인정형 기능성 원료란 건강기능식품공전에 등재되어 있지 않은, 식품의약품안전처장이 개별적으로 별도로 인정한 원료로 신청 원료의 안전성, 기능성, 기준 규격 등 표준화 관련 자료를 제출하여 관련 규정에 따른 평가를 통해 기능성 원료로 인정을 받아야만 최종 제품에 사용할 수 있는 원료를 의미한다(법제처, 2020). 이러한 규정에 의해, 일률적으로 단정하기는 조심스럽지만, 고시형 제품에는 범용적인 원료들이 주로 사용되는 반면, 개별인정형 원료는 차별성 또는 독점성을 일정 부분 확보할 수 있다. 기업의 입장에서는 독자적 원료의 기능성, 안전성 및 표준화를 연구 개발하여 그 결과를 인정받게 되면 기능성 표시가 가능하게 되어 소비자 신뢰도 제고 등 마케팅 측면에서 유리한 고지를 점할 수 있게 되므로 장기간의 연구기간과 막대한 연구개발 비용을 지불해서라도 개별인정형 원료 취득에 심혈을 기울이고 있다.

세계보건기구(WHO)는 2016년 기준으로 전세계 과 체중 인구가 19억 명이고, 이 중 6.5억 명이 비만인 것으로 추산했다. 비만 환자는 지속적으로 증가할 것이 확실시 되고 있으며, 비만으로 인하여 지출되는 의료비를 포함한 사회적 지출 비용도 기하급수적으로 증가할 것으로 예상되고 있다. 국민건강보험공단에 따르면 비만으로 인한 사회경제적 총

지출이 2016년 기준 11조 4,679억원에 달한다(국민건강보험, 2018). 비만은 단지 개인의 건강상의 문제가 아닌 사회적 문제로도 확대되고 있는 것이 현실이다. 체지방 감소는 단순히 미적인 측면을 벗어나, 보건학적으로 매우 중요한데, 내장 지방을 포함한 과도한 체지방 축적이 메타볼릭 신드롬 또는 대사증후군의 뿌리이자 시작점이기 때문이다. 대사증후군이라고 하는 메타볼릭 신드롬은 중 장년층으로 갈 수록 걸리기 쉬운 질환으로 결국에는 심혈관 질환으로 연결되어 사망에 이르는 압과 더불어 가장 조심해야 할 성인병으로, 국가별로 그 기준이 조금씩 다르긴 하지만, 복부비만, 혈당장애, 콜레스테롤, 고혈압, 고 중성지방 등이 동반되는 증상으로 그 중심에는 복부 내장지방과 인슐린 저항성이 자리잡고 있다. 지방 자체는 3대 영양소 중에 하나이고, 인체의 필수 구성 성분이자 중요한 열량원이고 체내 주요 물질의 전구체이기도 하므로 반드시 있어야 하는 물질이지만, 문제는 메타볼릭 신드롬 증상의 대부분이 과도한 지방 축적으로 인해 발생한다는 점으로 이러한 과잉 지방을 감소시키는 것이 중 장년층의 건강 유지에 필수적이다. 이러한 관점에서 볼 때, 건강기능식품 기능성 카테고리 중에서 “체지방 감소에 도움을 줄 수 있음” 기능성은 국민 보건 증진에 이바지함을 목적으로 하는 건강기능식품법 설립 취지에 부합하는 가장 중요한 기능성 중 하나라고 할 수 있다. 이를 반영하듯, 2018년 개별인정형 기능성별 원료 인정 품목건수에 있어서 체지방 감소 원료들이 91품목으로 가장 많으며(식품의약품안전평가원, 2018), 이들을 원료로 사용한 최종 체지방 감소 건강기능식품시장은 2018년 생산액 기준으로 약 1,294억의 규모를 형성하고 있으며, 개별인정형에 한정하여 볼 때, 574억원으로 면역기능에 이어 간 건강과 함께 2위의 시장규모를 차지하고 있다(식품의약품안전처, 2019). 대표적인 체지방 감소 기능성 원료들을 살펴보면, 고시형 원료로는 가르시니아 캄보지아 추출물을 시작으로 녹차 추출물, 공액 리놀레산, 키토산, 키토 올리고당 등을 들 수 있으며, 개별인정형 원료로는 보이

차 추출물, 레몬밤 추출물 혼합분말, 대두배아 추출물 등 복합물, 그린마테 추출물, 미역등 복합추출물(잔티젠), 콜레우스 포스콜리 추출물, *Lactobacillus gasser* BNR17, 와일드망고 종자추출물, 그린커피빈 추출물, 풋사과추출 폴리페놀, L-카르니틴 타르트레이트, 핑거루트 추출분말, 돌외잎 주정추출분말, 히비스커스등 복합추출물 등이 주요 원료로서 사용되고 있다(식품의약품안전처, 2016). 체지방 감소 건강기능식품시장은 꾸준히 시장 규모가 확대되고 있지만, 식이조절과 운동을 병용하지 않은 채 건강기능식품에만 의존하려고 하는 소비자들의 그릇된 인식과 체감 효과 불만족 등의 시장 저해요소도 존재한다. 따라서, 시장 활성화를 위해서는 효능 및 작용기전이 과학적으로 검증된 원료 개발이 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다. 체지방 감소 기능성 원료뿐만 아니라 다른 기능성을 포함하여 기능성 원료들의 제조에 사용되는 원재료들 또는 원료들은 대부분 외국산으로 국내 천연자원을 이용한 기능성 원료 개발이 부족해 왔던 실정이다. 본 연구진은 선행 연구를 통해 국내 천연 해양 자원의 활용 측면에서, 국내에서 채취할 수 있는 해조류 49종에 대해 검토한 결과, 우뭇가사리에서 지방 축적 억제효과가 있음을 확인하였다. 우뭇가사리의 학명은 *Gelidium elegans* 또는 *Gelidium amansii*로 홍조류에 속하는 해조류의 일종이다. 국내 전체 해조류 생산량의 30% 정도를 차지하고 있으며, 생산되는 우뭇가사리의 90%가 청정해역 제주도에서 생산된다. 우뭇가사리는 여러해살이 해조류로서 동북아시아 등에서 주로 서식하며, 국내에서는 동해안 및 남해안의 바닷속 20~30 m 깊이의 바위에 붙어 자라는 데, 바깥 바다에 면하고 바닥이 모래로 되어 있으며, 해수의 소동이 잘되는 곳에 서식한다. 우뭇가사리를 민물에 깨끗이 씻어 햇볕에 말린 것을 고아서 찌꺼기를 걸러내고 식히면 우무가 되며, 우무는 예로부터 체로 쳐서 콩국에 띄워 청량음료로 사용하여 왔다(<https://ko.wikipedia.org/wiki/우뭇가사리>). 우무를 열려 말린 것이 한천으로, 한천은 아가로스와 아가로펙틴으로 구성된

분자량이 수만에서 수십만을 이루는 점질성 복합 다당류로 화장품, 의약품 및 식품 산업에서 소비되고 있다(Kang 등, 2011). 우뭇가사리는 이러한 한천을 포함하여 폴리페놀 등의 각종 성분을 함유하고 있으며(Li 등, 2011), 세포 및 동물시험 등에서 항산화, 항암 및 혈당 조절 등 다양한 생리활성을 나타내고 있다(Yang 등, 2015). 이에 본 연구진은 국내 천연 소재로 국내 기술을 이용하여 체지방 감소에 도움을 줄 수 있는 기능성 식품 소재로의 개발이 가능하리라 판단하여 우뭇가사리 추출물의 안전성, 기능성 및 원료 표준화 연구개발을 수행하여 2019년 “체지방 감소에 도움을 줄 수 있음”으로 개별인정형 기능성 원료 인정을 받았기에 본고에서 기반 연구 결과를 중심으로 우뭇가사리 추출물의 체지방 감소 기능에 대해 살펴보고자 한다.

체내 지방대사

체지방은 체내 존재하는 지방으로 식품을 통해 섭취되거나 간 등에서 합성된 것으로, 크게 피하지방과 내장지방으로 구분할 수 있는데, 피하지방은 피하조직에 저장되어 있는 지방을 말하며 내장지방은 복강 안쪽의 내장 사이에 저장되어 있는 지방을 말한다. 또한 복부지방(abdominal fat)은 복부의 내장지방과 피하지방을 총칭하는데, 보건학적으로 유해한 지방은 내장지방이다(식품의약품안전평가원, 2019). 체내 지방 대사에 대해 살펴보면, 식이로 섭취한 지방은 소장에서 지방산으로 분해되었다가 소장 점막세포에서 다시 지방으로 합성된 후, 킬로미크론(chylomicron) 형태로 혈액 내에서 순환하다가, lipoprotein lipase (LPL)라는 혈관 지방분해 효소에 의해 지방산으로 분해된 후, 지방 조직으로 유입되어 축적된다. 또한 간 조직으로도 유입되어 에너지 대사에 사용되거나 다시 지방으로 합성되어 축적된다. 간에서 합성된 지방은 초저밀도 지단백(very low-density lipoprotein, VLDL)의 형태로 혈액으로 배출되어 순환하고 다시 LPL에 의해 지방산으로 분해되어 지방 조직으로 유입된 후 지방으로 합성



되어 축적된다. 포도당도 간으로 유입된 후, 에너지 대사에 사용되거나 다시 지방으로 합성되어 축적된다. 즉, 지방은 혈액 내에서 순환 시, 키로미크론이나 VLDL 형태로 순환하다가 간, 근육, 지방조직으로 유입되기 전에 혈관 LPL에 의해 지방산으로 된 후, 각 조직으로 유입된다. 그리고, 절식이나 운동 등에 의한 혈액 내 포도당의 고갈에 의해 분비가 촉진되는 아드레날린 등의 호르몬에 의해 지방 조직에 축적되어 있는 지방들은 호르몬 민감성 지방분해 효소(hormone sensitive lipase, HSL)에 의해 지방산과 글리세롤로 분해되어 간이나 근육으로 이동하여 에너지 대사에 사용되거나 또 다시 지방으로 합성되기도 한다. 또한, 지방조직은 지방세포의 분화로 인하여 비대해 지는데, 지방 전구 세포가 peroxisome proliferator-activated receptor (PPAR) γ , sterol regulatory element-binding protein (SREBP)1, CCAAT-enhancer-binding protein (C/EBP) α , β 등의 인자들에 의해 지방세포로 분화하고 지방산이 유입되어 지방으로 합성되면서 지방구들이 비대해지면서 체지방으로 축적되게 된다(식품의약품안전평가원, 2019).

우뭇가사리 추출물의 지방축적 억제 및 지방세포 분화 억제 효과(*in vitro*)

우뭇가사리 추출물은 우뭇가사리(*Gelidium elegans*)를 원재료로 하여 주정 및 열수 추출, 건조 과정을 통해 제조하였으며(Choi 등, 2016), 지표성분인 후코스테롤(fucoesterol)이 약 0.18% 함유된 표준화된 원료를 사용하였다. 지방 전구세포인 3T3-L1 세포를 이용하여 우뭇가사리 추출물의 지방 세포에서의 지방 축적에 대한 영향을 검토하였으며 Oil Red O 염색법을 활용하여 지방 축적 정도를 측정하였다. 그 결과, 우뭇가사리 추출물을 12.5과 25 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 농도를 처리한 그룹에서 농도 의존적으로 지방 축적이 감소하는 것으로 나타났다. 또한 우뭇가사리 추출물은 지방세포 분화 촉진 인자들인 C/EBP α 및 PPAR γ 의 단백질 발현을 억제하는 것으로

나타났다. 이러한 결과를 통해 우뭇가사리 추출물이 지방세포 분화 촉진 인자들의 발현을 조절함으로써, 지방세포 분화 및 지방 축적을 억제하는 것으로 확인되었다(Choi 등, 2016).

우뭇가사리 추출물의 지방함량 감소 및 지방합성 억제 효과(*in vitro*)

SREBP-1은 지방 전구세포의 지방 세포로의 분화를 촉진하는 인자이며 동시에 중성지방 합성에 관련된 효소들의 유전자 발현을 조절하는 중성지방 합성에 중요한 역할을 하는 전사인자이다(식품의약품안전평가원, 2019). 또한, lysophosphatidic acid acyltransferase- θ (LPAAT θ)과 Diacylglycerol acyltransferase 1 (DGAT1)은 지방산이 트리글리세라이드(triglyceride, TG)로 합성되는 과정에 작용하는 효소로(Körbes 등, 2016), 우뭇가사리 추출물의 이들 인자들에 대한 영향을 검토한 결과, 우뭇가사리 추출물 12.5과 25 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 처리군에서 TG 함량이 감소됨을 알 수 있었고, 지방 합성 및 지방 세포 분화와 연관된 인자인 SREBP-1 및 지방 합성에 연관된 효소들인 LPAAT θ 및 DGAT1의 단백질 발현이 억제되었다. 이러한 결과를 통해, 우뭇가사리 추출물이 지방 합성에 관여하는 효소 및 전사인자의 발현을 억제함으로써 지방합성을 억제하는 것으로 확인되었다(Choi 등, 2016).

우뭇가사리 추출물의 지방분해 촉진 및 지방세포 분화 억제 효과(*in vitro*)

Adipose triglyceride lipase (ATGL)은 주로 지방 조직에서 활성화되어 중성지방을 diglyceride (DG)와 유리 지방산으로 분해하는 효소로 지방 분해 과정에 관련된 주된 효소 중 하나이다(식품의약품안전평가원, 2019). 우뭇가사리 추출물은 ATGL의 발현을 농도 의존적으로 증가시킴으로써 지방분해 과정을 촉진하는 것으로 나타났다. 또한, 우뭇가사리 추출물은 지방세포 분화 억제 조절인자이자 C/

EBP β 의 상위 인자로 알려진 C/EBP homologous protein(CHOP)10의 발현은 촉진시키고, C/EBP β 의 발현은 억제시킴으로써 지방세포 분화 억제 효과가 있음을 확인하였다(Choi 등, 2016).

우뭇가사리 추출물의 갈색지방 세포화 촉진 효과(*in vitro*)

Lipin1은 지방세포 분화의 초기 단계에서 중요한 역할을 하며, 중성지방 합성 과정에서 phosphatidic acid (PA)를 DG로 전환시키는 phosphatidate phosphatase (PAP)와 같은 기능을 하는 것으로 알려져 있다(Chen 등, 2015). 또한, 미토콘드리아 내막에 존재하는 uncoupling protein (UCP)는 산화적 인산화의 과정에서 adenosine triphosphate (ATP)를 생성하지 않고 열을 발생하도록 하는 단백질로 에너지 소비를 촉진하는 것으로 알려져 있으며, PR Domain Containing 16 (PRDM16)은 백색 지방을 감소시키고 에너지 대사를 촉진하는 갈색 지방으로 전환시키는 단백질로 알려져 있다. 우뭇가사리 추출물의 이들 인자들에 대한 영향을 검토한 결과, 우뭇가사리 추출물이 Lipin1의 발현을 억제하고 PRDM16 및 UCP1의 발현을 촉진시키는 것으로 나타났고, 베이지 또는 갈색 지방 세포에서 발생하는 CO₂ 생산의 증가가 확인되었다. 이러한 결과는 우뭇가사리 추출물이 3T3-L1 지방 전구세포에 있어서 베이지 지방세포와 같은 특성으로의 변화를 증가시킴을 시사한다(Choi 등, 2016).

우뭇가사리 추출물의 체중 및 체지방 감소 효과(동물시험)

우뭇가사리 추출물이 고지방 식이(high-fat diet, HFD)에 의해 유도된 비만 마우스에 어떤 영향들을 미치는지 연구하기 위하여, 5주령의 ICR 마우스를 1주간 적응시킨 후 정상 식이를 급여한 chow diet 군, 고지방 식이를 급여한 HFD 과 HFD와 우뭇가사리 추출물 50 또는 200 mg/kg/day를 경구 투여

한 군으로 나누어 7주간 사육하였다. HFD를 섭취한 군은 정상 식이를 섭취한 chow diet와 비교하였을 때 체중 및 체지방이 현저히 증가하였다. 우뭇가사리 추출물 투여군에서 HFD에 의한 체중 및 체지방의 증가가 억제되었으며, 혈중 지질은 감소하고, high-density lipoprotein (HDL) 콜레스테롤은 증가하는 것으로 확인되었다(Choi 등, 2017).

우뭇가사리 추출물의 지방합성 억제 및 지방분해 촉진 효과(동물시험)

시험 동물의 간 조직 내에서 SREBP-1, fatty acid synthase (FAS), DGAT1, 3-hydroxy-3-methyl-glutaryl-coenzyme A (HMG-CoA) reductase의 발현량이 HFD 군보다 우뭇가사리 추출물을 50과 200 mg/kg/day를 경구 투여한 군에서 농도 의존적으로 감소하는 결과를 보였으며, 특히, 우뭇가사리 추출물 200 mg/kg/day에서는 chow diet 군만큼 낮은 발현량을 나타내었다. 또한, phosphorylated AMP-activated protein kinase (p-AMPK) / AMP-activated protein kinase (AMPK) 및 PRDM16의 발현량이 HFD군보다 우뭇가사리 추출물을 투여한 군에서 농도 의존적으로 증가하는 결과를 보였으며, 특히, 우뭇가사리 추출물 200 mg/kg/day 투여한 군에서 높은 발현량을 나타내었다. HFD군과 비교하였을 때 우뭇가사리 추출물을 50과 200 mg/kg/day를 투여한 군에서 간 조직 내 TG 함량이 감소하였고 HFD에 의한 지방간 수준이 현저히 감소하였다. 이러한 결과로 볼 때, 우뭇가사리 추출물은 체내 지방 및 콜레스테롤 합성을 억제하고, 지방 분해 및 에너지 대사를 촉진하는 것으로 사료된다(Choi 등, 2017).

우뭇가사리 추출물의 에너지 대사 촉진 효과(동물시험)

우뭇가사리 추출물 50과 200 mg/kg/day를 투여하였을 때, 갈색 지방 조직에서 p-AMPK/AMPK 및 PRDM16, UCP-1의 단백질 발현량이 HFD군보

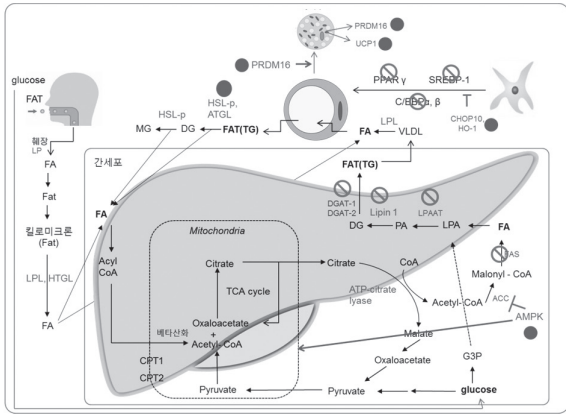


그림 1. 우뚝가사리 추출물의 추축 가능한 작용기전

다 우뚝가사리 추출물을 50과 200 mg/kg/day를 투여한 군에서 농도 의존적으로 증가하는 결과를 보였으며, 특히 200 mg/kg/day에서 높은 발현량을 나타내었다. 이러한 결과로 볼 때, 우뚝가사리 추출물은 갈색 지방에 있어서 에너지 대사를 촉진시킴으로써 지방 축적을 억제하는 것으로 나타났다(Choi 등, 2017).

우뚝가사리 추출물의 추축 가능한 작용기전

그림1에서와 같이, 우뚝가사리 추출물의 체지방 감소 기능의 작용기전은 아래 4가지로 추측된다. 첫 번째, 우뚝가사리 추출물은 지방세포 분화 억제 인자인 CHOP10의 발현을 촉진하고, 지방세포 분화 촉진 인자인 C/EBPα, C/EBPβ, SREBP-1 및 PPARγ의 발현을 억제함으로써 지방세포의 분화를 억제하는 것으로 사료된다. 두 번째, 우뚝가사리 추출물은 지방세포에서 ATGL의 발현을 촉진함으로써 축적된 지방의 분해를 촉진하는 것으로 사료된다. 세 번째, 중성지방의 합성 과정에 관여하는 LPAAT0, Lipin1, DGAT1 및 FAS의 발현을 억제함으로써 지방 합성을 억제하는 것으로 사료된다. 네 번째, 지방 및 에너지 대사의 주요 조절 인자인 AMPK의 phosphorylation을 활성화하고 PRDM16과 UCP-1의 발현을 촉

진함으로써 에너지 대사를 촉진하고 갈색지방 세포의 분화를 촉진하는 것으로 사료된다.

요약

In vitro 및 동물시험 결과를 통해, 국내 천연 해양 자원인 우뚝가사리 추출물의 체지방 감소 기능에 대해 살펴본 결과, 우뚝가사리 추출물이 고지방 식이 동물시험에서 체중 및 체지방 증가 억제 기능이 있음을 확인하였다. 우뚝가사리 추출물은 C/EBPα, β, SREBP-1, PPARγ 등 지방세포 분화 촉진 인자들의 발현을 억제하였고, 지방세포 분화 억제 조절 인자로 알려진 CHOP10의 발현을 촉진시켰다. 또한, 우뚝가사리 추출물은 AGTL의 발현을 촉진함으로써 지방분해 촉진 효과를 나타내었고, 중성지방의 합성 과정에 관여하는 LPAAT0, Lipin1, DGAT1 및 FAS의 발현을 억제하였으며, 지방 및 에너지 대사의 주요 조절 인자인 AMPK phosphorylation, PRDM16 및 UCP-1의 발현을 촉진하였다. 따라서 우뚝가사리 추출물은 체내 지방 대사에 있어서, 지방 합성 및 지방세포 분화를 억제하고, 지방분해 및 에너지 대사를 촉진하는 작용기전으로 체지방 감소 기능을 갖는 것으로 사료된다. 이러한 결과로 볼 때, 국내 천연 해양 자원인 우뚝가사리 추출물은 체내 지방 대사에 있어서 다양한 작용기전을 통해 우수한 체지방 감소 기능을 나타내고 있어 체지방 감소 건강기능식품 분야에서 유용한 신소재로 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 나아가 본 연구진은 동물 시험에서 우뚝가사리 추출물의 혈당 조절 및 인슐린 저항성 개선 효과도 확인한 바 있어 대사증후군의 근본 원인인 복부 지방 및 인슐린 저항성 개선 효과를 모두 기대할 수 있는 소재로서의 가능성이 확인되었다. 추후 지질 및 당 대사에 관련된 작용기전 및 생체 지표의 상호 연관성, 인체에서의 혈당 개선 및 대사증후군 개선 효과 확인 등 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다. 이를 통해 체지방 감소는 물론, 대사증후군 감소를 위한 건강기능식품 및 당뇨병 환자식 등의 분야에서 유용하게 이용될 수 있

을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 해양수산부 수산식품기술개발사업 “우뭇가사리를 활용한 대사증후군 개별인정형 소재 개발 및 글로벌 제품화” 과제(2015034915) 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- Choi JA, Kim KJ, Koh EJ, Lee BY. Altered *Gelidium elegans* extract-stimulated beige-like phenotype attenuates adipogenesis in 3T3-L1 cells. *J. Food Nutr. Res.* 4: 448-453 (2016)
- Körbes AP, Kulcheski FR, Margis R, Margis-Pinheiro M, Turchetto-Zolet AC. Molecular evolution of the lysophosphatidic acid acyltransferase (LPAAT) gene family. *Mol. Biol. Evol.* 96: 55-69 (2016)
- Chen Y, Rui BB, Tang LY, Hu CM. Lipin family proteins – key regulators in lipid metabolism. *Ann. Nutr. Metab.* 66: 10-18 (2015)
- Choi JA, Kim KJ, Koh EJ, Lee BY. *Gelidium elegans* regulates the AMPK-PRDM16-UCP-1 pathway and has a synergistic effect with orlistat on obesity-associated features in mice fed a high-fat diet. *Nutrients* 9: 342 (2017)
- Kang TH, Lee SH, Baik JS, Kang BS, Lee JS, Lee NH, Jeon YJ. Preparation of commercial agarose from Jeju seaweed, *Gelidium amansii* using DMSO extraction and EDTA washing. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.* 44: 635-643 (2011)
- Li MS, Row KH. Optimized extraction and separation conditions of four bioactive compounds from *Gelidium amansii*. *Asian J. Chem.* 23: 4480-4482 (2011)
- Yang TH, Yao HT, Chiang MT. Red algae (*Gelidium amansii*) reduces adiposity via activation of lipolysis in rats with diabetes induced by streptozotocin-nicotinamide. *J. Food Drug Anal.* 23: 758-765 (2015)
- 식품의약품안전처. 식품 및 식품첨가물 생산실적 (2019) <https://ko.wikipedia.org/wiki/우뭇가사리>
- 식품의약품안전처. 건강기능식품 기능성 원료 인정 현황 (2016) 법제처, 찾기쉬운 생활법령정보. 건강기능식품 (2020)
- 국민건강보험. 비만으로 한해 11조 4,679억원의 사회적 소실 발생 (보도자료) (2018)
- 식품의약품안전평가원. 개별인정형 기능성 원료 인정관련 개정사항(민원 설명회 발표자료) (2018)
- 식품의약품안전평가원. 건강기능식품 기능성 평가 가이드(“체지방 감소에 도움을 줄 수 있음” 편) (2019)
- 식품의약품안전평가원. 건강기능식품 기능성 평가 가이드(“혈중 중성지방 개선에 도움을 줄 수 있음” 편) (2019)