

Review

국내외 근기능 개선 식품 연구개발 및 시장 현황

유승민 · 박혜정 · 김창희¹ · 우유경² · 황재관^{1,2} · 김우기*

경희대학교 식품생명공학과, ¹연세대학교 생명공학과, ²연세대학교 바이오산업공학협동과정

An Overview on the Research Advance and Market Status of Muscle Function-Enhancing Foods

Seungmin Yu, Heyjeong Park, Changhee Kim¹, Yu Kyong Woo²,
Jae-Kwan Hwang^{1,2}, and Wooki Kim*

Department of Food Science and Biotechnology, Kyung Hee University

¹*Department of Biotechnology, College of Life Science and Biotechnology, Yonsei University*

²*Graduate Program in Bioindustrial Engineering, Yonsei University*

Abstract

Population aging due to the increase in the average age is a common challenge in modern society, and the resulting degenerative sarcopenia requires a new solution. Since sarcopenia is caused by various factors such as protein imbalance, lack of exercise, and increased inflammation, a multi-pronged approach through scientific cause analysis is required. This can create a new blue ocean for the food industry, but the current domestic research on sarcopenia-improving food ingredients is in its infancy. The academia and industries abroad, including those of the United States, are conducting comparatively extensive research and development, but there are material limitations limited to soybean protein, as well as whey protein and formulation limitations due to an exercise supplement-oriented approach.

Key words: sarcopenia, protein, inflammation, supplement

서 론

국내 인구 고령화는 세계에서 유례를 찾을 수 없을 정도로 빠르게 진행되고 있다. 결과적으로 노령 인구의 증가로 인한 의료비용 및 건강보험의 재정 부담이 가중될 것으로 예상된다(Hyun et al., 2016). 따라서, 초고령시대에 대비한 고령친화식품, 노인 맞춤 식품, 건강기능식품 등의 개발은 식품관련 학계 및 산업계의 매우 중요한 당면과제이다. 노화에 따른 신체 내 생리학적 변화는 여러 신체기관에서 다양하게 나타난다. 이 중, 가장 두드러진 변화는 근육량의 감소이며 이를 노화성 근감소증(sarcopenia)이라 일컫는다(Keller and Engelhardt, 2013). 노화에 의한 근육량의 손실은 단백질 손실과 함께 신체 활동 및 에너지 대사 감소를 일으키며(Gonzalez-Freire et al., 2018), 비만, 골다공증, 당뇨, 고지혈증, 고혈압 등의 합병증을 야기하기도 한다

(Batsis et al., 2014). 따라서, 근감소증은 최근 중요한 질병으로 인식되고 있으며 2016년 세계보건기구(World Health Organization)로부터 International Classification of Diseases (ICD)-10-CM의 질병 코드를 부여받아 질환으로 등록되었다(Cao and Morley, 2016).

체중의 40% 내외를 차지하는 근육은, 신체 골격 유지 및 지지, 체형 유지 및 형성, 대사 기능 조절, 체온 유지 등 다양한 신체 활동에 관여하는 중요한 기관이다. 특히, 근육은 신체 전체의 단백질 중 50-75%를 저장하기 때문에 ‘단백질 저장소’로 불리기도 한다. 이러한 특성으로 인해 근육의 단백질은 근육의 양과 기능에 밀접한 관계가 있으며, 이를 지속적으로 유지하는 것은 인체 건강에 있어 대단히 중요하다. 정상 상태에서의 근육량은 단백질의 합성과 분해의 균형으로 일정하게 유지된다. 하지만, 노화로 인해 단백질의 분해가 증가하고 단백질 합성이 감소하게 되면, 균형이 깨지면서 근육의 감소 현상이 발생한다. 이러한 불균형을 일으키는 원인으로 단백질 및 칼로리 섭취 감소, 단백질 합성의 저하, 운동부족 등이 있다. 특히, 단백질 섭취 감소와 함께 식이 단백질 체내 이용률의 저하는 노화성 근감소증을 일으키는 대표 요인이다(Welch et al., 2020).

노화성 근감소증에 대한 다양한 예방법과 치료법이 개발

*Corresponding author: Wooki Kim Ph.D., Department of Food Science and Biotechnology, Kyung Hee University, Yongin, Gyeonggi 17104, Korea

Tel: +82- 31-201-3482; Fax: +82-31-201-8116

E-mail: kimw@khu.ac.kr

Received October 15, 2021; revised November 5, 2021; accepted November 10, 2021

되고 있지만, 부작용, 과학적 기작 연구의 미비, 임상적 근거 부족 등으로 표준화된 방법은 부재한 실정이다. 특히, 고령자들에게 있어 만성질환에 따른 오랜 침상생활은 근육량이 감소하고 면역력이 저하되는 결과를 동반한다. 따라서, 운동을 통한 근기능 개선이 어려운 상황에서 안전하고 접근성이 용이하며 과학적으로 효능이 입증된 노화성 근감소증 억제 소재 및 고령친화식품의 개발이 필요하다. 이때, 고령화에 따라 식사량이 감소할 뿐만 아니라 소화흡수 기능이 저하되므로, 섭취가 용이한 단백질 보충이 높게 요구된다.

근육 생성의 주요한 생합성물질(building block)이 되는 단백질 및 아미노산의 부족 외에도, 고령화에 따른 염증성 반응의 증가와 근세포내 미토콘드리아 기능장애는 근감소증의 원인으로 알려져 있다(Alway et al., 2017). 미토콘드리아 기능장애에 따른 당이용성 감소는 혈당을 상승시키며, 이는 다시 근세포내 인슐린 저항성 증가로 이어지고, 당이용성이 더욱 감소하는 악순환을 야기한다. 따라서, 고령자를 위한 식품 중 단백질의 직접적 공급과 더불어 항염증능 및 당이용성을 증가시킬 수 있는 소재를 발굴하여 강화하는 것은 근손실을 억제할 수 있는 보완적 전략이다.

국내 근기능 개선 천연소재 개발 현황

국내에서는 2000년대에 진입하면서 근감소증 및 근세포 대사에 대한 기초 연구가 본격적으로 이루어져 근기능 개선 활성을 가진 천연물, 화합물, 약물 스크리닝 기술개발과 함께 노화성 근감소증 연구를 위한 세포 및 동물모델이 구축되었다. 그 중, 천연물 유래 소재의 근기능 개선 주요 연구결과는 Table 1과 같으며, 수국(Jang et al., 2019)과 오미자(Kim et al., 2018) 추출물을 포함하여, 검은 생강의 5,7-dimethoxyflavone (Lee et al., 2018), 마의 allantoin (Ma et al., 2018), 비파의 ursolic acid (Sung et al., 2015), 산국의 sabinene (Ryu et al., 2019), 신선초의 4-hydroxyderricin (Kweon et al., 2019), 칩의 puerarin (Jung et al., 2017), 핑거루트의 panduratin A (Sa et al., 2017), 황련의 magnoflorine (Lee et al., 2017) 등 그 유효기능성분이 밝혀졌으며, 근육세포내 분자생물학적 기작들이 보고되었다. 그러나 국내의 근기능 관련 소재 발굴 및 제품화 연구는 제한된 원료 확보와 인체적용시험의 부족 등으로 인하여 기초적인 탐색 단계에 머물러 있다. 따라서, 지속적인 원료 발굴 및 과학적 근거 기준 마련을 통해 국내시장의 성장을 도모하여 세계 시장에서 경쟁력을 갖출 필요가 있다.

Table 1. Current status of development of natural physiologically active substances for improving muscle function in Korea

Ingredient	Major component	Key results	Reference
Hydrangea serrata	-	<ul style="list-style-type: none"> • Promoted muscle differentiation • Induced oxidative muscle fiber formation • Increased muscle mass 	(Jang et al., 2019)
Schisandra chinensis	-	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibited muscle atrophy • Induced muscle protein synthesis • Increased muscle strength 	(Kim et al., 2018)
Kaempferia parviflora	5,7-Dimethoxyflavone	<ul style="list-style-type: none"> • Improved muscle strength, endurance • Induced muscle protein synthesis 	(Lee et al., 2018)
Dioscorea batatas	Allantoin	<ul style="list-style-type: none"> • Promoted myoblast differentiation • Up-regulated mitochondrial biogenesis 	(Ma et al., 2018)
Eriobotrya japonica	Ursolic acid	<ul style="list-style-type: none"> • Enhanced myogenic differentiation • Induced muscle protein synthesis • Increased muscle strength and mass 	(Sung et al., 2015)
Chrysanthemum boreale	Sabinene	<ul style="list-style-type: none"> • Increased myotube diameter • Prevented muscle atrophy • Enlarged muscle fiber area 	(Ryu et al., 2019)
Angelica keiskei	4-Hydroxyderricin	<ul style="list-style-type: none"> • Stimulated myoblast differentiation • Improved muscle function • Inhibited muscle atrophy 	(Kweon et al., 2019)
Pueraria lobata	Puerarin	<ul style="list-style-type: none"> • Ameliorated muscle atrophy • Improved myotube differentiation • Increased muscle fiber diameter • Activated mitochondrial biogenesis 	(Jung et al., 2017)
Boesenbergia pandurata	Panduratin A	<ul style="list-style-type: none"> • Promoted myogenic differentiation • Induced muscle protein synthesis • Decreased autophagy 	(Sa et al., 2017)
Coptis japonica	Magnoflorine	<ul style="list-style-type: none"> • Activated muscle differentiation 	(Lee et al., 2017)

국내 근기능 개선 식품 시장현황

국내 근기능 개선 식품은 단백질, 아미노산과 같이 근기능 강화에 도움을 주는 영양성분을 식품 형태로 만든 운동보조제가 주류를 이루어 왔으며, 단백질 제품 시장은 수요 대상의 범위가 전문 운동선수에서 일반인 및 노년층으로 확대되면서 2011년 350억에서 2015년 710억으로 급격한 성장을 보였다(Sung and Choi, 2018). 현재 근육 관련 건강기능식품으로 인정받은 원료는 ‘운동수행능력 향상에 도움을 줄 수 있음’의 기능으로써 고시형 기능성원료 크레아틴과 옥타코사놀 함유유지가 있으며, 개별인정형 기능성원료로서 헛개나무과병 추출물과 동충하초 발효 추출물이 있다. 또한 오미자 추출물은 ‘근력 개선에 도움을 줄 수 있음’의 개별인정형 기능성원료로 등록되었다(식품안전나라, 2021). 건강기능식품 시장규모는 현재도 꾸준한 성장세를 보이고 있음을 고려할 때, 운동수행능력 및 근력에 도움이 되는 건강기능식품과 근육 관련 운동보조제의 시장 역시 계속적으로 성장할 것으로 예상된다.

건강기능식품 이외의 근기능과 관련된 식품들은 크게 유청단백, 카제인, 계란단백, 대두단백 등을 주성분으로 하고 있다. 최근 통계에 따르면 소비자들이 구매하는 운동보조제의 유형은 단백질 제품이 68%로 가장 많았으며, 크레아틴 제품이 14%로 두번째를 차지하였다(Kim, 2016). 이는 단백질이 근육량 증가와 직접적으로 관련이 있으며, 안전성과 경제성이 확보된 원료이므로 다른 소재에 비하여 시장에서의 선호도가 더 높은 것으로 분석된다.

국내 근기능 개선 식품 관련 특허 현황

‘근감소증’, ‘sarcopenia’, 또는 ‘muscle atrophy’를 키워드로 국내 특허 검색 사이트 Kipris를 이용하여 국내 근기능 관련 특허 동향을 분석한 결과, 근감소증과 관련된 예방 및 치료기술은 1993년에 처음으로 특허로 출원되었으며, 2019년까지 출원된 특허 수는 ‘근감소증’ 검색 시 222건, ‘sarcopenia’로 검색 시 347건, ‘muscle atrophy’ 검색 시 645건으로 확인되며, 매년 출원되는 특허 수는 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있다. 국내 ‘근감소증’ 관련 특허 출원 수는 2012년에 7건에서 2019년에 54건으로 671% 증가하였다. 또한, ‘sarcopenia’와 관련된 특허도 2012년에 13건에서 400% 증가된 65건이며, ‘muscle atrophy’ 관련 특허 수도 2012년에서 2019년까지 221%의 확장세를 보였다. 이러한 근감소증 관련 특허 건의 증가는 근감소증에 대한 관심과 산업화가 상승기에 있음을 의미한다.

천연물을 이용한 특허 기술은 2010년부터 현재까지 지속적으로 출원되고 있는데, 이는 근기능의 중요성이 점점 강조되고 있음을 보여준다(Table 2). 특허로 등록된 근기능 소재로는 인삼분말, 검은생강, 국화, 그린마테, 마늘, 모자

반, 약콩, 오미자, 파프리카, 지황, 팔 등 식물성 추출물 원료가 주를 이루고 있다. 하지만 특허로 등록된 소재가 대부분 식물 유래 원료에만 국한되어 있으며, 원료 이외에 지표기능성분에 관한 특허 소재는 아직 발굴이 미흡한 실정임에 따라 다양한 원료 및 관련 기술 개발에 대한 연구가 필요하다.

해외 근기능 개선 식품 관련 기술 현황

근기능 개선 천연물 유래 소재에 대한 기술은 미국, 중국, 일본, 유럽 등에서 다양하게 연구되고 있으며, 안전성이 확보된 식품 원료를 이용하여 근기능 소재를 중점적으로 발굴하고 있다(Table 3). 지금까지 육두구(Pratiwi et al., 2018)와 커피(Guo et al., 2014) 등의 식물 추출물 및 감초의 glabridin (Yoshioka et al., 2018), 녹차의 EGCG (Mirza et al., 2014), 당근의 β -carotene (Ogawa et al., 2013), 등나무의 dihydromyricetin (Zou et al., 2014), 포도의 resveratrol (Wang et al. 2014), 차나무의 teaghrelin (Hsieh et al., 2020), 호프의 8-prenylnaringenin (Mukai et al., 2016) 등과 같은 추출물 내 개별 기능성 성분의 규명과 함께 저분자 폴리페놀인 올리고놀의 근기능 개선능이 보고되었다(Chang et al., 2019). 또한, 사람의 근육세포 검사 및 connective map 기술을 이용하여 근감소증 억제 후보 물질 tomatidine의 지구력 및 근력 향상 결과를 토대로 제품화를 진행하였다(Dyle et al., 2014).

해외 근기능 개선 식품 관련 시장 현황

전세계 운동보조식품의 시장규모는 2015년 기준 약 12조원이며 이 중 근기능 향상에 주요한 작용을 하는 단백질 제품군이 약 9조원을 차지하며 운동보조식품 시장의 대부분을 차지하고 있다(The Korea Economic Daily, 2015). 미국의 운동보조식품 시장은 세계 최대 규모를 형성하고 있으며, 미국 내 식이보충식품 중 운동보조식품이 두번째로 많이 판매되어 2013년 기준 약 4조 3천억원의 시장규모를 차지하고 있다. 이는 2013년 기준 약 540억 시장 규모를 가진 우리나라의 약 80배에 달하는 규모이다(The Korea Economic Daily, 2015). 국내의 근기능 관련 제품군과 유사하게, 이들 단백질 보충제의 주요성분으로는 분리대두단백질, 유청단백질, 카제인 및 계란단백질이 주를 이루고 있으며, BCAA (Branched-Chain Amino Acid)를 기반으로 하는 일부 제품군이 출시되었다.

단백질의 직접적 공급 이외의 천연물 유래 성분을 포함하는 근기능 관련 제품은 주로 미국에서 출시되며(Table 4), 현미 및 갈조류 유래의 beta-sitosterol, 사과껍질로부터 추출한 ursolic acid 등이 있다. 하지만, 일부 제품의 경우 국내에서는 식용으로 허용되지 않은 식물인

Table 2. Current status of representative patented ingredients related to muscle function in Korea

Material	Patent	Applicant	Efficacy
Processed ginseng powder or extract	Composition for preventing and treating cancer-related fatigue, containing processed ginseng powder or processed ginseng extract having increased ginsenoside constituent	GREEN CROSS WellBeing Corporation	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibited muscle loss induced by cancer • Increased glycogen synthesis • Improved muscle function
Agarum cribrosum	Composition for strengthening of muscle, preventing and treating Sarcopenia comprising <i>Agarum cribrosum</i>	Gangneung-Wonju National University Industry Academy Cooperation Group	<ul style="list-style-type: none"> • Increased muscle mass and strength • Down-regulated muscle degradation related factors
Chrysanthemum	Composition comprising extract of <i>Chrysanthemum</i> as an effective ingredient for preventing or treating of muscular disorder or improvement of muscular functions	Industry-Academic Cooperation Foundation, Yonsei University COSMAX NBT, INC. COSMAX NS, INC.	<ul style="list-style-type: none"> • Induced muscle protein synthesis • Stimulated muscle differentiation • Activated energy metabolism in skeletal muscle
Green mate extract et al.	Composition for promotion of transformation of muscle type	Amorepacific corporation	<ul style="list-style-type: none"> • Increased muscle mass • Up-regulated skeletal muscle protein synthesis • Triggered AMPK signaling pathway
<i>Allium sativum</i> L.	A composition comprising and an extract of <i>Allium sativum</i> L. for treating and preventing muscle-related disorder	Sookmyung Women's University industry-academic cooperation foundation	<ul style="list-style-type: none"> • Promoted muscle differentiation • Increased muscle mass
Sargassum fulvellum	Composition for prevention, improvement or treatment of muscular disorder or improvement of muscular functions comprising fucosterol	AAT Costech Co., Ltd.	<ul style="list-style-type: none"> • Improved muscle protein synthesis • Prevented muscle protein degradation • Stimulated muscle differentiation
<i>Maximowiczia Chinensis</i> extract	<i>Maximowiczia Chinensis</i> extracts for preventing, treating Muscular dystrophy and manufacturing method thereof	Dong-eui University Industry-Academic Cooperation Foundation	<ul style="list-style-type: none"> • Prevented muscle degradation • Promoted muscle protein synthesis • Increased muscle mass
Red Paprika extract or Capsanthin	Composition for preventing, improving or treating muscular disease comprising Red Paprika extract or Capsanthin	Korea Food Research Institute	<ul style="list-style-type: none"> • Elevated muscle strength and mass • Ameliorated exercise performance • Suppressed muscle degradation
<i>Paeoniae Radix</i> extract	Composition for Preventing, Improving or Treating Cachexia and Muscle Loss	Chung ang University Industry Academic Cooperation Foundation	<ul style="list-style-type: none"> • Decreased inflammatory factors • Enhanced exercise performance
<i>Vigna angularis</i> extract	Composition for preventing, improving or treating muscular damage comprising <i>Vigna angularis</i> extract	Industry-Academic Cooperation Foundation, Yonsei University NewTree Co., Ltd.	<ul style="list-style-type: none"> • Increased expression of muscle regeneration factor Pax7 • Enlarged muscle cross-sectional area
<i>Isatis indigotica</i> Fortune extract	Composition for Preventing, Improving or Treating of muscular disease containing <i>Isatis indigotica</i> Fortune extract	Korea Food Research Institute	<ul style="list-style-type: none"> • Increased muscle fiber thickness • Raised exercise performance • Promoted muscle differentiation
Aster spathulifolius extract	Composition for prevention, improvement or treatment of muscular disorder, or improvement of muscular functions comprising extract of <i>Aster spathulifolius</i>	NewTree Co., Ltd.	<ul style="list-style-type: none"> • Enhanced muscle mass and strength • Inhibited muscle protein degradation
Fermented <i>Rhodiola rosea</i>	Preparation method for fermented <i>rhodiola rosea</i> using red ginseng and composition for fatigue recovery and improvement of exercise performance comprising the fermented <i>rhodiola rosea</i>	Korea Food Research Institute	<ul style="list-style-type: none"> • Suppressed oxidative stress in skeletal muscle • Recovered muscle impairment • Activated muscle differentiation

Coleus forskohlii, *Ajuga turkestanica*, *Achyranthes aspera* 의 Forskolin, Turkesterone, 20-Hydroxyecdysone가 주요성분으로 밝혀져 있어 국내 적용에는 한계점이 존재한다.

메디컬 푸드(Medical food)란 미국에서 특정한 영양성분

이 필요한 환자를 대상으로 의사가 처방하는 환자용 식품이다. 2017년 미국의 메디컬 푸드 시장은 4조 4400억원으로 지속적으로 증가하고 있다(Grand View Research 2020). 특히 근감소증이 질병으로 등록됨에 따라 근감소증 환자를

Table 3. Development status of natural physiologically active substances for improving muscle function overseas

Ingredient	Major component	Key results	Reference
<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	Glabridin	<ul style="list-style-type: none"> • Enhanced muscle weight • Up-regulated muscle protein synthesis • Suppressed muscle protein degradation 	(Yoshioka et al., 2018)
Green tea	EGCG	<ul style="list-style-type: none"> • Increased muscle protein synthesis • Inhibited muscle protein degradation 	(Mirza et al., 2014)
Carrot	β-Carotene	<ul style="list-style-type: none"> • Prevented muscle loss • Decreased oxidative stress in skeletal muscle • Down-regulated muscle protein degradation 	(Ogawa et al., 2013)
Rattan	Dihydromyricetin	<ul style="list-style-type: none"> • Enhanced mitochondrial function • Increased mitochondria density • Up-regulated mitochondrial biogenesis 	(Zou et al., 2014)
Grape	Resveratrol	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibited muscle atrophy • Promoted muscle protein synthesis 	(Wang et al., 2014)
Oligonol	-	<ul style="list-style-type: none"> • Augmented muscle mass and strength • Suppressed muscle impairment • Prevented mitophagy 	(Chang et al., 2019)
Nutmeg	-	<ul style="list-style-type: none"> • Increased muscle mass • Stimulated muscle growth and regeneration • Induced muscle protein synthesis 	(Pratiwi et al., 2018)
Tea plant	Teaghrelin	<ul style="list-style-type: none"> • Encouraged muscle cell ingrowth • Promoted muscle protein synthesis • Prevented muscle protein degradation 	(Hsieh et al., 2020)
Coffee	-	<ul style="list-style-type: none"> • Enlarged muscle mass and strength • Down-regulated expression of inflammatory markers in skeletal muscle 	(Guo et al., 2014)
Tomato	Tomatidine	<ul style="list-style-type: none"> • Increased muscle mass • Enhanced muscle function • Improved muscle endurance 	(Dyle et al., 2014)
Hop	8-Prenylnaringenin	<ul style="list-style-type: none"> • Promoted recovery of muscle mass • Induced muscle protein synthesis 	(Mukai et al., 2016)

Table 4. Muscle function improvement products derived from natural products in the United States

Corporation	Product	Major component	Ingredient
Universal Nutrition (USA)	Natural Sterol Complex	Beta-sitosterol	Brown rice, Brown algae
Labrada (USA)	Labrada Ursolic Acid	Ursolic acid	Apple peel
Sunny Fox Natural Supplements (USA)	Forskolin Belly Buster	Forskolin	Coleus forskohlii
Vitax (USA)	Probody Turkesterone Max Muscle	Turkesterone	Ajuga turkestanica
Natural Science Creation	Natural Strength Enhancement	20-Hydroxyecdysone	Achyranthes aspera

대상으로 pea & rice protein powder와 같은 단백질, leucine, β-Hydroxy-β-methylbutyrate와 같은 아미노산 및 아미노산의 대사산물 및 astaxanthin과 같은 항산화 기능성분을 함유하는 메디컬 푸드 제품이 출시되었다(Table 5).

해외 근기능 개선 식품 관련 지식재산권 현황

특허정보넷 Kipris를 통하여 ‘sarcopenia’를 키워드로 국외 근감소증 예방 및 치료기술 특허 동향을 분석하였을 때 총 4,181건이며, 미국이 2,962건으로 전체의 70% 가량의 특허를 출원하였고, 일본 239건(5.7%)과 중국 151건(3.6%)이 뒤를 이었다. 검색 키워드를 ‘sarcopenia’로 한정했을

때, 해외 특허 수 대비 국내 특허는 약 8.3%에 이르는 수치이며, 이를 국내 출원인으로 한정시켰을 때는 현저히 낮은 수준으로 현재의 국내 기술수준은 대외적인 경쟁력이 매우 낮은 상태라고 할 수 있다.

국외에서 천연물을 이용한 근감소증 억제 관련 특허의 대부분은 산업체에서 출원하였으며, 천연물 소재는 녹차 추출물, 플라멩톤 추출물 등이 있으며, 일반 식품 소재부터 약용식물까지 다양하게 출원되었다. 또한, 특정 원료에 대한 특허뿐만 아니라 바우히니아 라체모사 외 4종 추출물, 복령 추출물 및 투몰로스산 등 복합물에 대한 특허도 다수 출원되었다(Table 6).

Table 5. Status of Medical Foods Related to Sarcopenia

Corporation	Product	Major components	Potency
Abbott	Juven	β -Hydroxy- β -methylbutyrate (HMB)	• Increased muscle protein synthesis
Jefferson	Pro-Meal Advanced	Pea & Rice protein powder	• Provided essential amino acids • Suppressed muscle loss
PROSOMA	Sarcotrophin	β -Hydroxy- β -methylbutyrate (HMB)	• Induced muscle protein synthesis • Promoted muscle growth and growth hormone secretion
AstaMed	AstaMed MYO	Astaxanthin	• Increased muscle strength and endurance • Indicated antioxidant activity
Metagenics	UltraMeal Advanced Protein	Leucine	• Provided essential amino acids • Stimulated muscle differentiation

Table 6. Current status of patents on representative natural materials related to muscle function in foreign countries

Material	Patent	Applicant	Efficacy
Ginkgo biloba	Use of extracts of Ginkgo biloba for preparing a medicament intended to treat sarcopenia	Yves Christen (USA)	• Increased muscle mass
Green tea extract	Methods for increasing skeletal muscle protein synthesis using green tea extract	ABBOTT LABORATORIES (USA)	• Elevated muscle mass • Prevented muscle protein degradation
Bauhinia racemosa et al.	Dietary supplements and compositions for enhancing physical performance and energy levels	LAILA IMPEX (India)	• Increased muscle mass and fibers • Promoted muscle differentiation • Inhibited muscle protein degradation
Tumulosic acid	Uses of Poria cocos extract and tumulosic acid in protecting muscles	Sinphar Tian-li Pharmaceutical Co. (China)	• Induced muscle regeneration • Improved muscle cell viability • Stimulated muscle differentiation
Antrodia camphorate extract	Antrodia camphorata fructification extract is used for the purposes for improving side effects of chemotherapy	恩扬生物科技股份有限公司 (Taiwan)	• Enlarged muscle mass • Suppressed muscle protein synthesis
Citrus depressa	Muscle atrophy inhibitor	MORINAGA MILK INDUSTRY (Japan)	• Increased muscle mass • Induced muscle protein synthesis
Cistanche tubulosa extract, Isoacteoside	Uses of cistanche tubulosa extract and isoacteoside in protecting muscle	Sinphar Tian-li Pharmaceutical Co. (China)	• Decreased inflammatory factors in skeletal muscle • Activated muscle differentiation • Enhanced mitochondria function
Quercetin glycoside	Muscle atrophy inhibitor containing quercetin glycoside	Suntory Holdings Limited (Japan)	• Inhibited muscle protein synthesis
Grape seed extract, Withania extract, Ornithine α -ketoglutarate	Combination of active ingredients, compositions comprising it and their use in the treatment of sarcopenia	Apharm S.r.l. (Italy)	• Decreased muscle loss
Whey protein	Whey protein micelles against muscle atrophy and sarcopenia	Nestec S.A. (Switzerland)	• Induced muscle protein synthesis • Inhibited muscle loss

요 약

평균연령의 증가에 따른 인구고령화는 현대사회의 공통적 당면과제이며, 이에 따른 퇴행성 근감소증의 발생 및 증가는 이에 대한 새로운 해결책을 요구한다. 근감소증은 단백질의 불균형 및 운동부족, 염증 증가 등 다양한 요소에 의해 발생하므로, 과학적 원인분석을 통한 다각도적 접근이 필요하다. 이는 식품산업의 새로운 블루오션을 창조할 수 있으나, 현재 국내의 근감소증 개선 식품성분에 관

한 연구는 태동 단계라고 할 수 있다. 제품 개발 현황의 경우 단백질을 이용한 제품이 대다수인 반면, 미국의 경우 단백질 유래 원료뿐만 아니라 현미, 갈조류, 사과껍질 등 식물 유래 원료를 이용하여 다양한 제품을 출시하고 있다. 또한, 근감소증 개선 효과가 있는 원료에 대한 특허 출원은 증가하는 추세지만, 지표성분에 대한 연구는 아직 미비하다. 국내와 비교했을 때 미국을 비롯한 국외 학계 및 산업계는 비교적 많은 연구와 개발을 이루고 있다. 하지만 제품의 소재가 주로 대두단백 및 유청단백 등에만 국한되

어 있으며, 운동보조제 위주의 접근으로 인해 제형의 한계가 존재하는 상황이다. 따라서, 근감소증을 개선할 수 있는 다양한 과학적 기작 연구와 함께 소재개발을 통하여 식품산업의 새로운 시장을 열어갈 선구적 연구가 필요하다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 맞춤형 혁신식품 및 천연안심소재 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(320011-02).

References

- Always SE, Mohamed JS, Myers MJ. 2017. Mitochondria initiate and regulate sarcopenia. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 45: 58-69.
- Batsis JA, Mackenzie TA, Barre LK, Lopez-Jimenez F, Bartels SJ. 2014. Sarcopenia, sarcopenic obesity and mortality in older adults: results from the National Health and Nutrition Examination Survey III. *Eur. J. Clin. Nutr.* 68: 1001-1007.
- Cao L, Morley JE. 2016. Sarcopenia is recognized as an independent condition by an international classification of disease, tenth revision, Clinical Modification (ICD-10-CM) Code. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* 17: 675-677.
- Chang YC, Chen YT, Liu HW, Chan YC, Liu MY, Hu SH, Tseng WT, Wu HL, Wang MF, Chang SJ. 2019. Oligonol alleviates sarcopenia by regulation of signaling pathways involved in protein turnover and mitochondrial Quality. *Mol. Nutr. Food Res.* 63: 1801102.
- Dyle MC, Ebert SM, Cook DP, Kunkel SD, Fox DK, Bongers KS, Bullard SA, Dierdorff JM, Adams CM. 2014. Systems-based discovery of tomatidine as a natural small molecule inhibitor of skeletal muscle atrophy. *J. Biol. Chem.* 289: 14913-14924.
- Gonzalez-Freire M, Adelnia F, Moaddel R, Ferrucci L. 2018. Searching for a mitochondrial root to the decline in muscle function with ageing. *J. Cachexia Sarcopenia Muscle.* 9: 435-440.
- Grand View Research. 2020. Medical Foods Market Size, Share & Trends Analysis Report. Available from: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/medical-foods-market>. Accessed Aug. 2, 2021.
- Guo Y, Niu K, Okazaki T, Wu H, Yoshikawa T, Ohru T, Furukawa K, Ichinose M, Yanai K, Arai H, Huang G, Nagatomi R. 2014. Coffee treatment prevents the progression of sarcopenia in aged mice in vivo and in vitro. *Exper. Gerontol.* 50: 1-8.
- Hsieh SK, Lin HY, Chen CJ, Jhuo CF, Liao KY, Chen WY, Tzen JTC. 2020. Promotion of myotube differentiation and attenuation of muscle atrophy in murine C2C12 myoblast cells treated with teaghrilin. *Chem.Biol. Interact.* 315: 108893.
- Hyun KR, Kang S, Lee S. 2016. Population aging and healthcare expenditure in Korea. *Health Econ (UK).* 25: 1239-1251.
- Jang YJ, Ahn J, Son HJ, Jung CH, Ahn J, Ha TY. 2019. Hydrangea serrata tea enhances running endurance and skeletal muscle mass. *Mol. Nutr. Food Res.* 63: 1801149.
- Jung H, Kang A, Kang S, Park Y-K, Song M. 2017. The root extract of pueraria lobata and its main compound, puerarin, prevent obesity by increasing the energy metabolism in skeletal muscle. *Nutrients.* 9: 33.
- Keller K, Engelhardt M. 2013. Strength and muscle mass loss with aging process. *Age and strength loss. Muscles Ligaments Tendons J.* 3: 346-350.
- Kim KY, Ku SK, Lee KW, Song CH, An WG. 2018. Muscle-protective effects of Schisandrae Fructus extracts in old mice after chronic forced exercise. *J. Ethnopharmacol.* 212: 175-187.
- Kweon M, Lee H, Park C, Choi YH, Ryu JH. 2019. A chalcone from ashitaba (*Angelica keiskei*) stimulates myoblast differentiation and inhibits dexamethasone-induced muscle atrophy. *Nutrients.* 11: 2419.
- Lee H, Tuong LT, Jeong JH, Lee SJ, Bae GU, Ryu JH. 2017. Isoquinoline alkaloids from *Coptis japonica* stimulate the myoblast differentiation via p38 MAP-kinase and Akt signaling pathway. *Bioorganic Med. Chem. Lett.* 27: 1401-1404.
- Lee S, Kim C, Kwon D, Kim MB, Hwang JK. 2018. Standardized *Kaempferia parviflora* Wall. ex Baker (Zingiberaceae) extract inhibits fat accumulation and muscle atrophy in ob/ob Mice. *Evid. Based Complementary Altern. Med.* 2018: 1-11.
- Ma J, Kang SY, Meng X, Kang AN, Park JH, Park YK, Jung HW. 2018. Effects of rhizome extract of *Dioscorea batatas* and its active compound, allantoin, on the regulation of myoblast differentiation and mitochondrial biogenesis in C2C12 myotubes. *Molecules.* 23: 2023.
- Mirza KA, Pereira SL, Edens NK, Tisdale MJ. 2014. Attenuation of muscle wasting in murine C2C12myotubes by epigallocatechin-3-gallate. *J. Cachexia Sarcopenia Muscle.* 5: 339-345.
- Mukai R, Horikawa H, Lin P-Y, Tsukumo N, Nikawa T, Kawamura T, Nemoto H, Terao J. 2016. 8-Prenylnaringenin promotes recovery from immobilization-induced disuse muscle atrophy through activation of the Akt phosphorylation pathway in mice. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 311: 1022-1031.
- Ogawa M, Kariya Y, Kitakaze T, Yamaji R, Harada N, Sakamoto T, Hosotani K, Nakano Y, Inui H. 2013. The preventive effect of β -carotene on denervation-induced soleus muscle atrophy in mice. *Brit. J. Nutr.* 109: 1349-1358.
- Pratiwi YS, Lesmana R, Goenawan H, Sylviana N, Setiawan I, Tarawan VM, Lestari K, Abdulah R, Dwipa L, Purba A, Supratman U. 2018. Nutmeg extract increases skeletal muscle mass in aging rats partly via IGF1-AKT-mTOR pathway and inhibition of autophagy. *Evid. Based Complementary Altern. Med.* 2018: 1-8.
- Ryu Y, Lee D, Jung SH, Lee KJ, Jin H, Kim SJ, Lee HM, Kim B, Won KJ. 2019. Sabinene prevents skeletal muscle atrophy by inhibiting the MAPK-MuRF-1 pathway in rats. *Int. J. Mol. Sci.* 20: 4955.
- Sa BK, Kim C, Kim MB, Hwang JK. 2017. Panduratin a prevents tumor necrosis factor-alpha-induced muscle atrophy in L6 rat skeletal muscle cells. *J. Med. Food.* 20: 1047-1054.
- Sung B, Hwang SY, Kim MJ, Kim M, Jeong JW, Kim CM, Chung HY, Kim ND. 2015. Loquat leaf extract enhances myogenic differentiation, improves muscle function and attenuates muscle loss in aged rats. *International J. Mol. Med.* 36: 792-800.
- Sung Y, Choi J. 2018. Protein supplement usage among male

- university students: Comparisons between current and previous users. *J. Am. Coll. Nutr.* 37: 127-132.
- Wang DT, Yin Y, Yang YJ, Lv PJ, Shi Y, Lu L, Wei LB. 2014. Resveratrol prevents TNF- α -induced muscle atrophy via regulation of Akt/mTOR/FoxO1 signaling in C2C12 myotubes. *Int. Immunopharmacol.* 19: 206-213.
- Welch AA, Hayhoe RPG, Cameron D. 2020. The relationships between sarcopenic skeletal muscle loss during ageing and macronutrient metabolism, obesity and onset of diabetes. *Proc. Nutr. Soc.* 79: 158-169.
- Yoonji Kim. 2016. Study about the actual intake condition and purchasing behavior of protein supplement: a survey on the subjects taking protein supplements. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 1607-1613.
- Yoshioka Y, Yamashita Y, Kishida H, Nakagawa K, Ashida H. 2018. Licorice flavonoid oil enhances muscle mass in KK-Ay mice. *Life Sci.* 205: 91-96.
- Zou D, Chen K, Liu P, Chang H, Zhu J, Mi M. 2014. Dihydro-myricetin improves physical performance under simulated high altitude. *Med. Sci. Sport Exerc.* 46: 2077-2084.
- MFDS. Food Safety Korea Available from: https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/healthyfoodlife/functionalityView33.do?menu_grp=MENU_NEW01&menu_no=2657. Accessed Sep. 17, 2021
- The Korea Economic Daily. Sports Nutrition. 2015. Available from: <https://www.hankyung.com/sports/article/2015022335301>. Accessed Sep. 17, 2021.

Author information

- 유승민: 경희대학교 식품생명공학과 박사과정
 박혜정: 경희대학교 식품생명공학과 박사과정
 김창희: 연세대학교 생명공학과 박사과정
 우유경: 연세대학교 바이오산업공학협동과정 석사과정
 황재관: 연세대학교 생명공학과, 바이오산업공학협동과정 교수
 김우기: 경희대학교 식품생명공학과 부교수