

모링가(*Moringa oleifera*) 잎의 영양성분, 안전성 및 생리활성 효능에 관한 연구 고찰

심호철 · 정현채 · 도현진 · 김희훈 · †도명술
한동대학교 생명과학부

Studies on Nutritional Components, Safety and Physiological Active Efficacy of *Moringa oleifera* Leaf

Ho-Cheol Sim, Hyunchoe Joung, Hyun-Jin Do, Hee-Hoon Kim and †Myoung-Sool Do
School of Life Science, Handong Global University, Pohang, Gyungbuk 37554, Republic of Korea

Abstract

Moringa oleifera leaves, seeds, pods, roots, and flowers have been widely used for their medicinal and nutritional properties. Many studies have been conducted on the chemical composition and effectiveness of *M. oleifera*. In fact, almost every part of *M. oleifera* has been found to contain essential nutrients and medicinal value. Especially, the leaves of *M. oleifera* are known to have various nutrients and diverse efficacy. Several studies have assessed the potential toxicity of the leaves when prepared by various methods. The results showed that the *M. oleifera* leaves when prepared differently were safe in locally used doses and amounts. Moreover, *M. oleifera* is known to contain various physiological efficacies, including antioxidant, anti-inflammatory, antidiabetic, and anticancer effects and so on. In the latest research, many attempts are being made to utilize the diverse effects of *M. oleifera*. This research seems to be bringing a promising view of *M. oleifera* as a therapeutic functional food for various diseases.

Key words: *Moringa oleifera*, nutritional composition, safety, physiological efficacy

서 론

모링가(*Moringa oleifera*)는 모링가과의 유일한 속인 모링가속 가운데 가장 널리 경작되고 있다. 모링가는 가뭄에 잘 견디며 빠른 성장 속도를 보이는 낙엽성 나무이고, 아열대지방 및 열대지방인 아프리카와 아시아 지역에서 주로 서식하고 상업적으로 양목하고 있다(Leone 등 2015). 모링가의 잎, 씨앗, 나무 껍질, 수액, 뿌리, 기름, 그리고 꽃 등 다양한 부분은 이미 예전부터 그 약효가 알려져서 인도와 네팔, 파키스탄 등에서 전통 약재로 사용되어왔다(Mahmood KT 등 2010; Abdull 등 2014). 최근 국내의 여러 언론 매체를 통해 모링가의 뛰어난 효능이 알려지면서 대중적인 관심이 증가하고 있

다. 모링가의 잎과 씨앗은 다양한 영양 성분이 풍부하여 식재료로 사용되고 있을 뿐 아니라, 잎과 씨앗 그리고 모링가의 다른 부분을 활용하여 다양한 범주에서 사용하고, 사용 가능성에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 예를 들어, 모링가를 소나 염소 등과 같은 가축의 사료에 첨가하여 영양성분을 높여주어 우유 생산이 증가되고(Kholif 등 2015; Cohen-Zinder 등 2016), 잎으로부터 바이오 가스를 추출하여 연료로써 활용될 가능성을 보여주기도 한다(Leone 등 2016). 씨앗을 가루화한 것은 오염물질을 응집시켜 주는 효과를 가지고 있기 때문에 오염된 물을 정수하는 데에도 사용될 수 있다(Losito 등 2017). 모링가 잎은 추출 방법에 따라 그 효과가 다양한 양상으로 보고되고 있는데(Anwar 등 2007), 염증 완화, 항산화, 항

† Corresponding author: Myoung-Sool Do, School of Life Science, Handong Global University, Pohang, Gyungbuk 37554, Korea.
Tel: +82-54-260-1301, Fax: +82-54-260-1319, E-mail: msdo@handong.edu

당뇨, 항암, 해열 및 진통효과, 심장, 간 보호 효과, 항균 효과, 성 기능 개선 효과, 그리고 면역 조절 효과 등 다양한 효능들이 보고되고 있다. 이처럼 모링가는 풍부한 영양성분과 다양한 효능들, 그리고 넓은 활용범위로 인해 ‘기적의 나무’라고 불릴 만큼 무한한 개발 가능성을 보여주고 있다. 최근에는 이러한 모링가의 효능을 질병 치료에 사용하기 위해 다양한 실험을 진행하고 있다. 본 총설에서는 먼저 모링가 잎의 영양성분에 대한 분석과 안전성에 대하여 조사하였다. 그리고 모링가 잎의 다양한 효능 중에서도 특히 질병 개선과 그 외에 항미생물 등 기타 효능들에 대해서도 조사 정리하였다. 마지막으로 모링가를 인체에 투여한 실험에서의 안전성과 질병 치료에 활용할 수 있는 가능성에 대해서도 조사 정리하였다.

연구방법

본 연구는 Khan 등(2003)이 제시한 순서에 따라 모링가 잎의 영양성분, 안전성, 그리고 생리활성 효능과 관련된 연구에 대하여 총설(systemic review)을 작성하였다. 1단계에서는 먼저 모링가 잎의 영양성분, 안전성과 생리활성 효능에 대한 연구의 내용과 방법들을 계획하였다. 2단계에서는 관련된 문헌들을 검색하고 조사하였다. 3단계에서는 조사하여 선정된 논문들을 연구적 배경을 바탕으로 제시하였다. 4단계는 본 논문을 통하여 설명하고자 했던 내용에 대하여 분석된 데이터와 자료들을 통해 객관적으로 정리하였으며, 마지막 5단계는 데이터와 자료에 대한 해석 및 유추를 바탕으로 최종적으로 결론을 지었다. 본 문헌의 검색과 결과의 정리기간은 2016년 4월 1일부터 2017년 6월 30일까지 이루어졌으며, 문헌 검색은 NCBI Pubmed(<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>)와 구글 학술 검색(scholar.google.co.kr/)을 사용하였다. 국내 논문의 경우, 구글 학술 검색 사이트와 관련 학회 홈페이지에서 검색하였다. 문헌 검색의 검색어로는 주 검색어로 ‘*Moringa oleifera* leaf’ 그리고 이와 관련하여 세부 검색어로 safety, nutritional components, antioxidative, anti-inflammation, antidiabetic, anticancer 등의 검색어를 혼용하여 검색하였다. 검색논문의 발표기간은 1980년부터 최근까지로 하였으나, 최근 모링가의 생리활성에 관련하여 많은 논문들이 발표되고 있어서 2010년 이후의 최근 논문과 자료들을 정리하여 사용하였다. 총 160개 이상을 선정하여 그 중 최근 발표된 약 100여 편의 논문과 자료들을 정리하여 총설을 작성하였다.

결과 및 고찰

1. 모링가 잎의 영양성분

모링가의 영양성분은 잎을 포함하여 씨앗, 뿌리, 줄기 등

모든 부분이 다른 식물과 비교했을 때 더 뛰어난 것으로 확인되었다. 특별히 모링가 잎에는 필수적인 영양성분을 다량 함유되어 있는 것으로 보고되었는데, 비타민, 무기염류, 아미노산, 베타카로틴(beta-carotene), 오메가3 지방산, 오메가6 지방산, 람노오스(rhamnose), 그리고 항산화 물질과 항염증 물질이 있는 것으로 밝혀졌다(Goyal 등 2007; Amaglo 등 2010; Kasolo 등 2010; Moyo 등 2011; Teixeira 등 2014). 특별히 말린 모링가의 잎의 성분을 살펴보면 단백질이 약 30% 정도를 차지하고 있고, 식이섬유와 지방 또한 다량 함유하고 있는 것을 알 수 있다(Table 1). 모링가의 잎에 있는 무기염류 성분을 살펴보면 다량 원소 중에는 칼슘이 가장 많고 미량 원소(micro-element) 중에서는 철이 가장 풍부하게 들어있다(Table 2). 또한 플라보노이드(flavonoid), 아스코르브산(ascorbic acid), 카로티노이드(carotenoid), 폴리페놀(polyphenol) 등의 항산화 물질이 풍부하게 함유되어 있기 때문에 모링가는 천연 항산화제로도 사용될 수 있다(Teixeira 등 2014). 모링가의 잎에 들어있는 아미노산 성분으로는 알라닌(alanine)이 가장 많은 양을 차지하고 있으며, 다음으로 타이로신(tyrosine), 글루탐산(glutamic acid) 순으로 많은 비율을 차지한다(Table 3). 이러한 모링가 잎의 다양한 영양성분들이 영양 보충의 목적으로 활용되고 있을 뿐만 아니라, 다양한 질병의 예방과 치료에도 활용될 수 있는 가능성을 보여준다.

2. 모링가 잎의 안전성

모링가의 잎을 포함한 다양한 부분들이 이미 오래 전부터 전통적인 약제로 사용되어 왔기 때문에 그 안전성은 이미 오랜 시간에 걸쳐 어느 정도 입증되었다. 모링가 잎의 안전성을 보다 과학적으로 평가하기 위해서 다양한 실험을 통한 독성 평가가 이루어졌다. 모링가 잎의 물 추출물을 사용한 독성 실험

Table 1. Chemical composition of dried leaves of *M. oleifera* Lam¹⁾

Chemical composition (%)	Dried leaf	Standard error
Moisture	9.533	0.194
Crude protein	30.290	1.480
Fat	6.500	1.042
As	7.640	0.433
Neutral detergent fibre	11.400	0.425
Acid detergent fibre	8.490	0.348
Acid detergent lignin	1.800	2.204
Acid detergent cellulose	4.010	0.101
Condensed tannins	3.120	0.104
Total polyphenols	2.020	0.390

¹⁾ Teixeira et al. 2014.

Table 2. Mineral contents of dried leaves of *M. oleifera* Lam¹⁾

Mineral content	Dried leaf	Standard error
Macro-elements (%)		
Calcium	3.650	0.036
Phosphorus	0.300	0.004
Magnesium	0.500	0.005
Potassium	1.500	0.019
Sodium	0.164	0.017
Sulphur	0.630	0.146
Micro-elements (mg/kg)		
Zinc	31.030	3.410
Copper	8.250	0.143
Manganese	86.800	3.940
Iron	490	49.645
Selenium	363.000	0.413
Boron	49.930	2.302

¹⁾ Moyo et al. 2011.

Table 3. Amino acid composition of dried leaves of *M. oleifera* Lam¹⁾

Amino acid	Dried leaf (%)	Standard error
Arginine	1.780	0.010
Serine	1.087	0.035
Aspartic acid	1.430	0.045
Glutamic acid	2.530	0.062
Glycine	1.533	0.060
Threonine	1.357	0.124
Alanine	3.033	0.006
Tyrosine	2.650	0.015
Proline	1.203	0.006
HO-proline	0.093	0.006
Methionine	0.297	0.006
Valine	1.413	0.021
Phenylalanine	1.640	0.006
Isoleucine	1.177	0.006
Leucine	1.960	0.010
Histidine	0.716	0.006
Lysine	1.637	0.006
Cysteine	0.010	0.000
Tryptophan	0.486	0.001

¹⁾ Moyo et al. 2011.

힘들을 보면 랫드에 추출물을 용량별로 투여했을 때 많은 양의 추출물이 투여될수록 몸무게가 감소하는 경향을 보였으나, 2,000 mg/kg의 양까지는 안전하다는 결과가 보고되었다(Adedapo 등 2009). 다른 모링가 잎 물 추출물의 독성 평가 실험에서도 랫드에 1,000 mg/kg의 양을 투여하였을 경우에는 안전성이 확보되었지만, 3,000 mg/kg의 양을 투여했을 때는 랫드에서 유전독성이 발생되었다(Asare 등 2012). 그리고 인간 말초혈 단핵세포(human peripheral blood mononuclear cell)에 처리하였을 경우에는 20 mg/kg의 양에서 세포독성이 나타난 것으로 보고되었다(Asare 등 2012). Awodele 등(2012)은 모링가 잎 물 추출물을 마우스에 1회만 투여했을 경우에 경구 투여로는 6,400 mg/kg, 그리고 복강주사 투여 시에는 1,500 mg/kg의 양까지 안전하다는 결과를 보고하였다. 반면 60일 동안 지속적으로 경구 투여했을 경우에는 반수치사량(LD₅₀) 값이 1,585 mg/kg으로 측정되는 것을 확인하였다. 모링가 잎 물 추출물의 급성 독성은 5,000 mg/kg의 추출물을, 아급성 독성 시험은 40 mg/kg부터 1,000 mg/kg의 추출물을 랫드에 처리하면서 진행되었고, 추출물을 투여한 실험군에서 알려진 아미노 전이효소(ALT)와 알칼리성 인산분해효소(ALP)와 같은 간 효소의 증가와 크레아틴(creatinine) 수치가 낮게 관찰되었지만 병리조직학적인 부작용은 나타나지 않았다(Asiedu-Gyekye 등 2014). 모링가 잎의 메탄올 추출물을 8주간 랫드에 경구 투여한 실험에서는 추출물의 양이 증가할수록 몸무게 또한 점차 증가하였으며, 200 mg/kg과 400 mg/kg의 추출물을 투여한 실험군에서 간 기능 이상과 신장 기능 이상이 발견되었다(Oyagbemi 등 2013). 모링가 잎의 에탄올 추출물을 마우스에게 처리했을 경우, LD₅₀은 6,400 mg/kg으로 나타났다(Bakre 등 2013). 위의 다양한 독성 평가 실험을 통해 알아본 결과, 모링가 잎의 다양한 추출물들은 통상적으로 사용하는 정도에서는 충분한 안전성이 확인되었으며, 현재까지 사람에게서 모링가의 부작용이 나타난 사례가 없을 정도로 인체 내에서는 안전성이 충분히 확보되었다. 따라서 모링가 잎은 향후 기능성 식품 및 그 원료로서 측면에서 그 가치가 부각되고 있다.

3. 모링가 잎의 항산화 효과

인체 내에서 에너지를 만드는 대사과정 중에 산소와 반응하는 산화과정을 거치면서 ROS(reactive oxygen species)가 발생된다. ROS가 증가하면 세포 구성물질인 지질이나 단백질, DNA의 손상을 일으키고, 그로 인해 세포는 기능을 잃어버리게 된다. 이러한 상태를 산화 스트레스(oxidative stress)라고 한다. 산화 스트레스는 지방간, 심혈관 질환, 암, 신경퇴행성 질환(neurodegenerative disorders), 관절염 죽상동맥경화증(atherosclerosis), 당뇨, 노화 등의 다양한 질병을 유발하는 것으로 알

Table 4. Safety evaluations of the extracts of the leaves of *M. oleifera*

Extract	Experimental subject	Safety	References
Water extract	Wistar rat	Up to 2,000 mg/kg	Adedapo et al. 2009
	Sprague-Dawley rat	Up to 1,000 mg/kg and genotoxicity at 3,000 mg/kg	Asare et al. 2012
	Human peripheral blood mononuclear cell	Cytotoxicity at 20 mg/kg	Asare et al. 2012
	Wistar albino mice	Up to 6,400 mg/kg (oral) and up to 1,500 mg/kg (intraperitoneal)	Awodele et al. 2012
	Sprague-Dawley rat	Histopathologically safe	Asiedu-Gyekye et al. 2014
Methanolic extract	Wistar albino rat	Renal, hepatic dysfunction at 200 mg/kg, 400 mg/kg	Oyagbemi et al. 2013
Ethanol extract	Albino Swiss mice	LD ₅₀ at 6,400 mg/kg	Bakre et al. 2013

려졌다(Victor 등 2006; Birben 등 2012; Poljsak 등 2013; Li 등 2015). 따라서 질병의 유발을 막기 위해 산화 스트레스를 억제하는 항산화 기작이 강조되고 있으며, 모링가에도 항산화 물질이 풍부하다는 것이 알려져서 많은 연구가 진행되었다. 모링가 잎을 물, 에탄올 그리고 메탄올 등 세 가지의 용매로 각각 추출했을 때, 다른 용매에 비해 물 추출물에서 총 폴리페놀(polyphenol)과 총 플라보노이드 함량이 가장 높았다. 또한, 물 추출물에서 DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)와 ABTS(2,2'-azino-bis-3-hydroxytoluene) 라디칼 소거능이 양성 대조군으로 사용된 BHT(butylated hydroxytoluene)와 비교하였을 때 비슷한 경향을 보였고, 에탄올 추출물, 메탄올 추출물과 비교하였을 때는 더 높게 나타났다. ACE(angiotensin converting enzyme) 및 HMG-CoA reductase 저해활성 또한 물 추출물에서 높은 활성을 보였으며, 특히 HMG-CoA reductase 저해활성의 경우, 모든 추출물에서 높은 저해활성을 나타내어 모링가 잎 추출물의 콜레스테롤 개선 효과에 대한 가능성을 확인하였다. α-Glucosidase 저해활성은 에탄올 추출물에서 가장 높은 활성을 나타내었다(Kwon & Youn 2014). 모링가 잎의 아세톤 추출물과 물 추출물의 각각 항산화 효과를 비교한 실험에서 총 플라보노이드, 프라보놀, 총 폴리페놀, 프로안토시아닌(proanthocyanidin)의 함량이 아세톤 추출물에서 더 높게 나타났다. 또한, DPPH, ABTS, NO(nitric oxide) 라디칼 소거능 실험은 BHT와 플라보노이드 중 하나인 루틴(rutin)을 대조군으로 사용하여 진행되었고, 물 추출물 보다 아세톤 추출물에서 라디칼 소거 활성이 더 높게 나타났다. 항산화 효과가 있는 SOD(superoxide dismutase), CAT(catalase), GSH(glutathione)의 활성이 모링가 잎 추출물에 의해 증가하였고, 지질 과산화는 감소하는 것을 확인하였다(Moyo 등 2012). Tumer 등(2015)은 모링가 잎의 메탄올 추출물에서 FCPC(fast centrifugal partition chromatography)를 통해 폴리페놀과 이소티오시안산염(isothiocyanate)을 분리 정제한 뒤, 직접적인 항

산화 효과와 간접적인 항산화 효과를 각각 평가하였다. 대조군으로는 십자화과 식물에 다량 함유되어 있는 설포라판(sulforaphane)이 사용되었다. 직접적인 항산화 효과를 나타내는 활성산소 흡수 능력은 폴리페놀이 많이 함유된 추출물에서 높게 나타났고, NQO1(NAD(P) H Quinone Oxidoreductase 1)의 활성을 통해 확인한 간접적인 항산화 효과는 이소티오시안산염이 많이 함유된 추출물에서 활성이 높게 나타났다. 또한, 모링가 잎의 열수 및 에탄올 추출물을 활용한 실험에서 DPPH 소거능과 SOD 유사 활성이 에탄올 추출물에서 높게 나타나 항산화 능력이 있음을 보여주었으며, α-glucosidase 저해활성도 에탄올 추출물에서 높게 나타났다. LPS로 유도된 NO 함성은 열수 및 에탄올 추출물 모두에서 유의적으로 감소하였다(Choi & Jung 2016). Lee 등(2016)은 모링가의 국가별, 부위별 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량 그리고 각각의 항산화 활성을 보는 연구를 진행하였다. 총 폴리페놀과 총 플라보노이드의 함량은 잎에서 가장 높은 것을 확인하였고, 국가별 차이는 잎에서만 존재하였다. DPPH 라디칼 소거능 역시 잎에서 가장 높았고, 농도 비례적인 반응을 보였다. 다른 부위의 DPPH 라디칼 소거능을 통해 총 폴리페놀의 함량이 항산화 활성에 더 중요한 역할을 하는 것을 알 수 있었다. 위의 내용을 종합해 보면 모링가 잎은 추출 용매의 종류와 실험 방법에 따라 항산화 효과의 정도가 다르게 나타났지만 대조군과 비교해 보았을 때, 모링가 잎 추출물이 뛰어난 항산화 효과를 가지고 있는 것을 볼 수 있다. 뿐만 아니라, 모링가의 씨앗, 뿌리, 줄기 등 거의 모든 부분에서 강한 항산화 효과가 보고되었고(Shih 등 2011), 또한 모링가 잎의 항산화 효과로 인해 ROS가 제거되면서 다양한 질병 개선 치료에도 활용될 것으로 전망된다.

4. 모링가 잎의 항염증 효과

기준에 알려진 급성염증반응은 병원균에 의한 감염 또는

Table 5. Antioxidant effects of the extracts of the leaves of *M. oleifera*

Extract	Antioxidant effects	References
Water extract	Radical scavenging activity	Kwon & Youn 2014
Water, acetonetic extract	Increased activity of SOD, CAT, and GSH	Moyo et al. 2012
Methanolic extract	Increased NQO1 activity	Tumer et al. 2015
Water, ethanolic extract	Elevated α -glucosidase inhibition activity	Choi & Jung 2016
Ethanolic extract	DPPH-radical scavenging ability	Lee et al. 2016

상처, 화학물질 등 다양한 원인에 의해 발생하여 손상된 부위로 면역세포가 이동하여 통증과 홍조, 발열 등이 나타나는 것이다. 이에 반해 만성염증반응은 면역 세포에서 분비되는 다수의 사이토카인들에 의한 것으로 최근 연구를 통해 비만이나 고혈압, 동맥경화, 당뇨 등의 발병에서 중요한 부분을 차지하는 것으로 알려지면서 관심이 급증하고 있다(Monteiro & Azevedo 2010). 다양한 질환들과 염증 반응이 관련된 것으로 밝혀지면서 염증 치료의 중요성이 강조되고 있다. 모링가의 항염증 효과는 의학계에서 몇 십 년 동안의 급성 및 만성 염증 치료로 이미 그 효과가 알려져 있으며(Abdull 등 2014), 다양한 염증 실험 모델에서 항염증 효과를 확인하는 실험이 진행되었다. Waterman 등(2014)은 모링가 잎의 물 추출물에서 이소티오시안산염을 분리 및 정제한 후 추출물을 마우스의 대식세포주(RAW macrophage cell)에 처리하여 항염증 효과를 알아보았다. 이 실험에서 염증 반응 관련 인자들인 iNOS, IL-1 β , NO, 그리고 TNF β 의 유전자 발현 수준과 생산이 급격히 감소하였다. 카라기난으로 발 부종을 유발한 위스터 알비노 랫드에 모링가 잎의 메탄올 추출물을 복강주사하여 항염증 반응이 일어나는지 확인하였을 때, 50 mg/kg으로 처리했을 때보다 100 mg/kg과 200 mg/kg으로 처리했을 때 더 높은 진통효과를 보였다(Adedapo 등 2015). 모링가 잎의 에탄올 추출물을 카라기난을 이용하여 발 부종을 유발한 랫드에 처리했을 때, 발의 부종의 부피를 급격히 감소시키는 효과를 확인하였고, 400 mg/kg의 양으로 처리하였을 때보다 200 mg/kg로 처리했을 때, 발의 부종을 억제하는 효과가 더 뛰어난 것으로 나타났다. 그리고 현재 사용되고 있는 이부프로펜(Ibuprofen)보다도 더 뛰어난 항염증 효과를 나타내며, 발 부종을 제거하는 효과가 있음을 확인하였다(Singh 등 2012; Bhuvaneshwari 등 2013). 또한, 모링가 잎을 극성과 비극성 용매로 추출하여서 포르말린이나 카라기난 그리고 콜라겐으로 유도된 관절염 랫드에 처리하였을 때 모든 추출물 투여군에서 염증억제를 통한 통증을 감소하는 효과가 있는 것으로 보고되었다(Martínez-González 등 2017). Kooltheat 등(2014)은 담배 연기 추출물을 처리한 인간 대식세포에 LPS로 염증을 활성화하고, 모링가 잎을 에틸 아세테이트를 이용하여 추출하여 첨가하였다. 그에 따라 TNF- α , IL-6, 그리고 IL-8의 발현이 감소하

였고, NF- κ B p65 신호전달에 관여하는 RelA 유전자의 발현도 억제되었다. Mcknight 등(2014)은 모링가 잎을 이용하여 만든 차를 LPS나 도사먼지(swine confinement dust)로 급성 폐 염증을 일으킨 마우스에게 투여하여 항염증 반응을 확인하였다. 모링가 차를 투여한 실험군에서 대조군보다 호중구(neutrophil)의 생존력이 감소하고, JNK(c-Jun N-terminal Kinase)의 활성이 감소하였다. 결론적으로 모링가 잎 추출물이 다양한 염증 반응에 관련되어 있는 사이토카인들의 발현을 억제하며, 통증을 감소시키는 등 여러 메커니즘을 통해 염증반응을 줄이는데 효과가 있는 것으로 밝혀졌다. 더 나아가, 염증과 대사성질환이 밀접한 관련이 있다는 것이 알려짐에 따라 항염증 효과가 있는 모링가 잎 추출물이 대사성질환 치료에도 효과가 있을 가능성을 가늠해볼 수 있다.

5. 모링가 잎의 항당뇨 효과

대사성 질환은 각종 심혈관계 질환이나 당뇨 그리고 사망에 이르게 하는 비만, 고혈압, 고혈당, 고지혈증 등과 같은 요인이 한 개체 안에서 복합적으로 일어나는 것으로 정의된다. 현대인들에게 대사성 질환은 중요한 문제로 대두되고 있으며, 치료를 위한 연구가 끊임없이 진행되고 있다(Mottillo 등 2010; Kaur J 2014). 모링가 잎 추출물이 대사성질환 중 하나인 당뇨에 대하여 효과가 있는지 확인해보기 위해 다양한 실험이 진행되었고, 제2형 당뇨병뿐만 아니라, 제1형 당뇨병을 치료하는 데에 모두 효과가 있는 것으로 보고되었다.

Jaiswal 등(2009)은 모링가 잎의 물 추출물을 STZ(streptozotocin)로 당뇨가 유도된 수컷 알비노 위스터 랫드에 투여하였다. 추출물 투여군에서 공복 혈당수치가 대조군에 비하여 유의적으로 낮아졌지만, 헤모글로빈 수치와 총 단백질 양 그리고 몸무게가 추출물 투여군에서 증가하는 경향을 보였다. 다른 실험에서도 당화혈색소 수치(HbA1c)가 유의적으로 감소하는 경향을 관찰할 수 있었으나, 몸무게는 추출물 투여군에서 더 많이 증가하는 것을 확인하였다(Gupta 등 2013). 또 다른 실험에서도 STZ로 유발한 당뇨로 인하여 췌장에 있는 랑게르한스 섬의 수가 감소하였는데, 모링가 잎의 물 추출물을 투여한 후에 다시 재생되면서 세포 수가 증가하고 밀도도 증가하는 것을 관찰하였다(Yassa & Tohamy 2014). 모링가 잎

Table 6. Antiinflammatory effects of the extracts of the leaves of *M. oleifera*

Extract	Experimental subject-induction materials	Antiinflammatory effects	References
Water extract	RAW macrophage	- Decrease of iNOS, IL-1 β , NO, and TNF β	Waterman et al. 2014
	Balb/c mice - LPS, swine confinement dust	- Reduction of neutrophil viability - Inhibition of JNK/MAPK pathway	Mcknight et al. 2014
Methanolic extract	Human macrophage	- Decrease of TNF- α , IL-6, IL-8 - Increase of RelA expression	Kooltheat et al. 2014
	Wistar albino rat - Carrageenan	- Dose-dependant analgesic effect	Adedapo et al. 2015
Ethanol extract	Wistar albino rat	- Inhibition of paw edema	Singh et al. 2012;
	- Carrageenan	- Stronger antiinflammatory effect than ibuprofen	Bhuvaneshwari et al. 2014
Hexanoic, ethanol extract	Wistar rat - Carrageenan, collagen, formalin	- Antiinflammatory effect - Antinociceptive effect	Martínez-González et al. 2017

의 에탄올과 n-부탄올로 추출물 혹은 메트포르민(metformin)을 스위스 알비노 랫드에 STZ로 당뇨를 유도한 뒤 14일 동안 투여하였을 때 혈중 포도당과 지질 그리고 간의 효소와 신장의 기능이 개선된 것을 확인하였다. 그리고 파괴된 랑게르한스 섬이 재생되는 것을 보여 주었다(Toma 등 2015). 모링가 잎의 에탄올 추출물을 STZ로 당뇨를 유도하면서 고지방식을 먹여서 인슐린 저항성까지 유도한 랫드에 처리하였을 때 공복 혈당수치가 감소되는 것이 확인되었고, 혈중 인슐린 양 또한 감소하는 것을 확인하였다(Chinedu 등 2014).

모링가 잎의 물 추출물을 알록산(alloxan)으로 당뇨를 유발한 암컷 알비노 랫드에게 투여한 후 항당뇨 효과를 확인한 실험에서 모링가 추출물 투여군에서 몸무게의 증가를 확인하였다. 하지만 모링가 추출물을 투여했을 때, 공복 혈당수치, 중성지방 무게, 콜레스테롤, 말론디알데히드의 양이 감소하였으며, 간에서 피루브산 카복시화효소(pyruvate carboxylase), 지방산 합성 효소가 정상수치로 돌아온 것을 확인하였다. 또한, 간세포가 사멸하여 커지는 현상이나 응혈 등의 현상이 억제되었고, 췌장에서 랑게르한스 섬이 재생되는 것을 확인하였다(Abd 등 2014). Tuorkey MJ(2016)는 100 mg/kg의 모링가 잎 추출물을 투여한 실험에서 대조군에서는 인슐린 저항성 지수(HOMA-IR)가 4.5배 증가하였으나, 추출물 투여군에서는 1.3배 감소하였다고 보고하면서 인슐린 저항성의 개선을 보여주었다. 모링가 잎의 메탄올 추출물을 알록산으로 당뇨를 유도한 랫드에 처리한 실험에서는 몸무게는 추출물 투여군에서 감소하지 않았다. GTT(glucose tolerance test)를 수행한 결과, 모링가 추출물이 메트포르민과 비슷한 수준으로 혈당을 낮춰주는 효과를 보였고, 혈중 인슐린 분비도 증가하였다. 또한, 혈액에서의 중성지방 농도나 총 콜레스테롤 농도가 유의적으로 감소하였다. 글리코젠 합성 효소의 활성과 글리코젠의 양이 증가하였고, 혈중 포도당의 흡수 또한 증가하는 것

을 확인하였다(Olayaki 등 2015). 고지방식이로 비만이 유도된 마우스에게 모링가 잎 물 추출물을 투여한 실험에서 추출물 투여군은 몸무게가 감소하고 4주, 8주, 12주에 GTT를 통해 혈당을 측정하였고, 12주에 추출물 투여군은 메트포르민 투여군과 비슷하게 혈중 포도당이 감소하는 것을 확인하였다. 간의 무게와 지방 함유량이 유의적으로 감소하였고, 혈중 인슐린, 렙틴(leptin), 레지스틴(resistin), IL-1 β , TNF- α , 콜레스테롤, 중성지방이 줄어들었다. 추가적으로, 인슐린 신호전달에 관여하는 단백질들의 발현이 증가하였고, 염증반응을 일으키는 사이토카인들의 발현량이 간과 회장 그리고 지방조직에서 모두 감소하였다. 간에서 포도당 신생과정에 필요한 효소의 단백질 발현이 감소하여 포도당의 생산이 줄어드는 것을 확인하였고, 지방 합성 효소의 유전자 발현이 감소하여 지방이 쌓이는 것을 억제하는 것을 확인하였다(Waterman 등 2015). Joung 등(2017)은 고지방식을 이용하여 비만을 유도한 마우스에 유산균으로 발효시킨 모링가 잎 추출물이 몸무게는 변화가 없었지만 혈당을 감소시키고, AMPK(AMP-activated protein kinase)의 활성화를 통해 간의 지방 대사를 개선하여 지방간을 줄여주는 효과가 있음을 보고하였다.

최근 db/db 형질전환 당뇨유도 마우스를 이용한 실험에서도 캄보디아산 모링가 잎의 에탄올 추출물 투여군이 대조군에 비하여 공복 혈중 혈당이 유의적으로 감소하였으며, 중성지방과 LDL 콜레스테롤의 수치도 줄어들었다. 그리고 신장의 조직학적인 손상과 TNF α , IL-1 β , IL-6, COX-2(cyclooxygenase-2), 그리고 iNOS의 발현이 감소하는 것을 통해 모링가 추출물이 신장 기능부전을 개선시키는 효과를 보여주었다(Tang 등 2017).

위의 다양한 당뇨 실험 모델을 통해 모링가 잎의 항당뇨 효과가 입증되었다. 모링가 잎 추출물을 투여한 집단에서 대체로 체중이 감소하였으며, 혈액 포도당 수치가 개선되었으

며 총 콜레스테롤, 중성 지방, LDL 콜레스테롤 등이 정상수치로 회복되는 것을 확인할 수 있었다. 추가적으로 간에 지방이 덜 쌓여서 무게가 줄고, 췌장에서는 랑게르한스 섬의 재생을 관찰할 수 있었다. 이러한 결과들을 통하여 모링가 잎 추출물을 활용한 당뇨병 치료와 개선의 효과가 기대된다.

6. 모링가 잎의 항암 효과

암은 성별을 불문하고, 사망에 이르게 하는 가장 큰 원인으로 제어되지 않는 세포의 증식과 세포 사멸을 피하는 것을 특징으로 가진다. 암은 소화기관, 신경기관, 순환기관 등에서 발생하여 본래의 기능을 잃도록 하고, 더 심해지면 다른 기관으로 전이되어 온 몸에 퍼지도록 한다(Sharma 등 2011). 암을 치료하려는 노력은 꾸준히 지속되어 왔고, 그러한 노력의 일환으로 화학적으로 합성된 항암제는 부작용이 크기 때문에 사용이 제한되고 있다. 부작용을 줄이기 위해 천연물질을 이용한 항암제 개발 필요성이 제고되고 있으며, 새로운 항암제

개발 연구의 일환으로 모링가의 항암 효과에 대한 많은 연구가 진행되었다. 모링가 잎을 4°C 물에서 추출 후 사람 폐암 세포인 A549 세포에 처리한 실험에서 sub-G1 population이 증가하였으며, 세포 사멸 관련 인자인 caspase-3의 발현이 억제되고 절단된 caspase-3의 양은 증가하였다. 세포 사멸을 방해하는 인자인 NF- κ B와 Akt, p-I κ B, p-Erk들과 암유전자의 종류인 베타카테닌(beta-catenin), cyclin D1의 발현이 억제되었다. 또한, 유도만능줄기세포(induced pluripotent stem cell)의 발현을 유도하는 인자들인 Sox, Oct4, Klf4, c-Myc를 억제하여 항암 효과를 나타내었다(Jung IL 2014). 모링가 잎을 끓는 물에서 추출한 후 A549 세포에 처리했을 때 ROS가 급격히 증가하고, 동시에 ROS를 제거해 주는 효소인 세포 내 GSH가 감소하는 것을 확인하였다. 또한, Nrf2의 단백질 및 mRNA 발현은 감소, p53, caspase-9, caspase-3/7은 활성은 증가했고, Smac/ DIABLO의 발현과 PARP-1의 절단이 증가했다. 결론적으로 모링가 잎 추출물이 산화적 스트레스와 DNA 파편화를

Table 7. Antidiabetic effects of the extracts of the leaves of *M. oleifera*

Extract	Experimental subject - induction materials	Antidiabetic effects	References
Water extract	Wistar albino rat - Streptozotocin	- Decrease of fasting blood glucose	Jaiswal et al. 2009
	Wistar albino rat - Streptozotocin	- Decrease of HbA1c level	Gupta et al. 2013
	Wistar albino rats -Alloxan	- Normalized serum levels of glucose, triglycerides, cholesterol, and malondialdehyde (MDA) - Reduced mRNA expression of fatty acid synthase in the liver	Abd et al. 2014
	Albino mice -Alloxan	- Improvement of insulin resistance	Tuorkey MJ 2016
	Sprague-Dawley rats -Streptozotocin	- Marked rejuvenation of the pancreatic islets	Yassa & Tohamy 2014
	Balb/c mice -High-fat diet	- Increase of insulin signaling and sensitivity	Waterman et al. 2015
Methanolic extract	Wistar rat -Alloxan	- Hypoglycemic effects through the stimulation of insulin release - Enhanced glucose uptake and glycogen synthesis	Olayaki et al. 2015
	C57BL/6J mice -High-fat diet	- Improved fatty liver through activation of AMPK	Joung et al. 2017
Ethanolic extract	Sprague-Dawley rats - Streptozotocin and high-fat diet	- Decrease of fasting blood glucose - Significant improvement of insulin resistance	Chinedu et al. 2014
	C57BLKS/J mice	- Reduction of LDL and TG level - Improvement of renal function	Tang et al. 2017
Ehanolic, butanoic extract	Swiss albino rat - Streptozotocin	- Decrease of blood glucose level - Improvement of serum lipid profiles, liver enzymes and kidney functions - Reduced damage of islet of Langerhan's	Toma et al. 2015

증가시키고, 세포 사멸을 촉진하여 항 증식 효과를 보이는 것을 확인하였다(Tiloke 등 2013). 끓는 물에서 추출한 모링가 잎 추출물은 췌장 세포인 Panc-1 세포에서도 증식 억제 효과를 보였다. Panc-1 세포에 모링가 잎 추출물을 처리했을 때 sub-G1 세포의 증가가 나타났으며, p65, p-IkBa, IkBa 등의 단백질의 발현량이 감소하는 것이 관찰되었다. 또한, 모링가 추출물과 세포 독성 효과를 가진 시스플라틴(cisplatin)을 함께 처리하였을 때 시너지 효과를 일으켰다(Berkovich 등 2013). Sreelatha 등 (2011)은 80°C의 물로 모링가 잎을 추출하여 KB 암세포에 처리 시 세포 증식이 억제되었고, 심각한 DNA의 파편화가 일어났으며, DNA의 사다리모양 패턴(laddering pattern)이 나타났다. 또한, 막 수포(membrane blebbing)가 발생하고 세포 사멸체(apoptotic body)가 형성되었다. 비슷한 온도에서 모링가 잎을 물에서 추출하고 A549 세포에 처리했을 때 미토콘드리아 막 전위(mitochondrial membrane potential)가 크게 감소하였고, ATP 수준도 감소했다. 그 이후 ROS, caspase 활성화, proapoptotic 단백질들(p53, SMAC/Diablo, AIF)의 발현, 그리고 PARP-1 절단이 증가했다. 이것은 결국 GSH 수준을 감소시켰고, 세포의 생존도를 감소시켰으며, HepG2, CaCo2, Jurkat 그리고 HEK293 세포의 생존 능력이 줄어들었다(Madi 등 2016). 모링가 잎 물 추출물은 인간 식도암 세포에서 지질 과산화 반응, DNA 파편화를 증가시켰다. 또한, caspase-9와 caspase- 3/7의 활성을 증가, ATP 수준의 감소, Smac/DIABLO 단백질의 발현과 PARP-1의 절단이 관찰되었다(Tiloke 등 2016). 모링가 잎의 에탄올 추출물을 벤젠 유도 백혈병 마우스에 처리했을 때, 백혈구 수가 현격하게 감소하였고, 혈장 IL-2와 TNF- α 는 증가하였으며, IFN- γ 는 감소한 것을 확인하였다(Olufemi 등 2014). 다른 연구에서 모링가 잎 에탄올 추출물을 백혈병 세포인 K562 세포에 처리해 주었을 때 세포 증식이 억제되었고 WT1(Wilms' tumor 1), 단백질이 감소되었다(Semsri 등 2016). 모링가 잎 메탄올 추출물을 각각 HepG2, Caco-2, MCF-7 세포주와 사람의 섬유아세포에 처리한 실험에서 항 증식 효과를 보였고, 정상세포에서는 세포독성이 없었으나, 암세포에서는 세포 독성 효과를 통한 항 증식 효과를 보였다. 이는 모링가 추출물이 암세포에 대해서 특이적인 작용이 가능하다는 것을 보여주었다(Suphachai C 2014). 모링가의 잎 에탄올 추출물을 유방암 세포주인 MDA-MB-231 세포와 직장암 세포주인 HCT-8 세포에 처리한 실험에서 세포생존과 세포의 콜로니 형성이 모두 감소하였고, 세포 사멸 형태를 띠는 세포의 수가 크게 증가하는 것을 확인할 수 있었다. GC-MS 분석을 통해 eugenol, isopropyl isothiocyanate, D-allose, hexadecanoic acid ethyl ester와 같은 여러 항암 물질들이 발견되었고, 이것들은 모두 긴 사슬의 탄화수소를 가지고 있으며, 당 부분과 방향고리를 가지고 있는

것으로 밝혀졌다(Al-Asmari 등 2015). 모링가의 잎과 씨앗으로부터 분리한 화합물에는 루테인(lutein), 시토스테롤(sitosterol), quercetin-3-O-glucoside, 4-(D-glucopyranosyl- 1 \rightarrow 4- α -L-rhamnopyranosyloxy)-benzyl isothiocyanate 등이 있었고, 이 화합물들은 암세포에 대해 선택적으로 세포 독성을 나타내면서 세포사 활성을 보였다(Maiyo 등 2016). 다양한 연구 결과를 통해 모링가 잎에서 추출한 물질이 세포 내의 다양한 인자들의 발현을 촉진시키거나 억제함으로써 세포의 성장을 억제하고 분열을 막음으로써 세포 독성을 나타내고, 결과적으로 세포사멸에 관여하는 인자들의 발현을 촉진하여 세포를 파괴하는 효과가 있는 것이 증명되었다. 최근에는 추출물에 존재하는 성분을 분석하여 어떤 성분이 항암 효과를 나타내는지에 대한 연구가 이루어지고 있으며, 최적의 항암 효과를 나타내는 추출 조건과 성분 분리에 대한 연구도 함께 활발히 이루어지고 있다. 기존 항암제의 문제는 항암제가 정상세포와 암세포를 구분하지 못하고, 모두 공격하는 비 특이적인 세포 독성 작용으로 인해 생기는 부작용이다. 실험을 통해 모링가 추출물은 정상세포에 세포 독성을 나타내는 정도는 미미한데 반해, 암세포에는 더욱더 강력하게 선택적으로 작용하는 것이 확인되면서 부작용을 최소화할 수 있는 항암제의 개발에 모링가 잎 추출물의 역할이 기대되고 있다.

7. 모링가의 기타 효능

1) 항 미생물 효과

모링가의 잎, 줄기껍질, 씨앗, 씨앗 껍질, 뿌리 껍질 등의 다양한 부분에서 얻은 추출물은 미생물을 억제하는 효과가 있는 것이 보고되었다(Arora 등 2013). 모링가 잎의 50% 에탄올 추출물의 항 미생물 효과를 보기 위해 커비 바우어(Kirby-bauer)의 디스크 확산 방법(disc diffusion method)을 사용한 실험에서 성공적인 항생효과를 보여주었으나, 슈도모나스(*Pseudomonas*)에 대해서는 다소 약한 효과를 보이거나, 항생효과가 나타나지 않았다(Singh & Sharma 2012). 모링가 잎의 물 또는 에탄올 추출물을 사용한 연구에서 특정 세균 감염 치료의 잠재력을 보여주었는데, 특히 *Staphylococcus aureus*와 *Enterococcus faecalis*, 그리고 *Vibrio parahaemolyticus*에 우수한 항생효과를 보였다(Peixoto 등 2011). 모링가 잎의 에탄올 추출물과 통상적으로 사용되는 항생제인 tetracycline, ampicillin, streptomycin의 *Escherichia coli*에 대한 항생 효과를 비교한 실험에서 20 μ g에서 추출물이 최대의 항생 효과를 보였다(Smith 등 2016). 또한, 다른 실험에서 모링가 잎의 메탄올 추출물을 기존 항생제와 함께 사용하였을 때 실험에 사용된 대부분의 균에 대하여 시너지 효과가 나타났다(Dzotam 등 2016). 여러 용매를 사용하여 모링가 잎을 추출한 뒤 항생 효과를

Table 8. Anticancer effects of the extracts of the leaves of *M. oleifera*

Extract	Experimental subject	Result	References
Water extract	Esophageal cancer cell	- Increase of lipid peroxidation, DNA fragmentation, and expression of Smac/DIABLO	Tiloke et al. 2016
	A549 cell	- Decrease of mitochondrial membrane potential - Activation of ROS and caspase	Madi et al. 2016
Water extract (4°C)	A549 cell	- Increase of sub-G1 population and NF-kB, Akt, p-IkB, p-Erk expression - Downregulation of caspase-3	Jung IL 2014
Water extract (80°C)	KB cell	- DNA laddering pattern and membrane blebbing	Sreelatha et al. 2011
Water extract (100°C)	A549 cell	- Increase of oxidative stress, facilitated DNA fragmentation and cell apoptosis	Tiloke et al. 2013
	Panc-1 cell	- Increase of subG1 population - Decrease of p65, p-IkB α , IkB α	Berkovich et al. 2013
Methanolic extract	HepG2, Caco-2, MCF-7 cell	- Specific antiproliferation effect on cancer cells	Suphachai C 2014
Methanolic, hexanolic extract	HepG2, Caco-2, HEK293	- Lutein, sitosterol, etc. showed selective cytotoxic and apoptotic activity against cancer cell	Maiyo 등 2016
Ethanolic extract	MDA-MB-231, HCT-8 cell	- Anticancer effects	Al-Asmari et al. 2015
	Wistar rat	- Elevation of plasma IL-2 and TNF- α - Decrease of PF and IFN- γ	Olufemi et al. 2014
	K562 cell	- Suppression of cell proliferation - Decrease of WT1 protein	Semsri et al. 2016

확인한 실험에서 물과 메탄올 추출물이 *S. aureus*와 *E. coli*에 대해서 특정한 항생제와 함께 시너지 효과를 보이는 것을 확인하였다(Thara 등 2015). 이처럼 모링가는 다양한 병원균과 효모에 대해서 자연 항생제로서의 가능성을 보여주었다.

2) 간 및 신장 보호 기능

Singh 등(2014)은 모링가 잎의 에탄올 추출물을 사염화탄소(CCl₄)로 간 독성을 유도한 랫드에 처리한 실험에서 SGOT (serum glutamic oxaloacetic transaminase), SGPT(serum glutamic pyruvic transaminase), GGT(gamma glutamyl transpeptidase), LDH (lactate dehydrogenase), ALP(alkaline phosphatase), ACP(acid phosphatase)와 같은 다양한 혈청 효소들이 정상 수준으로 회복되면서 간 보호 효과를 확인하였다. 또한 간에 있는 SOD, CAT, GSH, GR(glutathione reductase), 그리고 GPx(glutathione peroxidase)와 같은 항산화 효과를 나타내는 효소의 양이 증가하면서 항산화 효과도 확인하였다. STZ로 간 독성을 유도한 위스타 랫드에 250 mg/kg의 모링가 잎의 메탄올 추출물을 42일 동안 투여한 결과, 대조군에 비하여 투여군의 혈청에서 간 독성을 나타내는 효소들과 지질대사관련 지표들의 개선이 있었으며, 항산화 효과와 함께 염증관련 지표들의 감소를

통한 항 염증 효과를 보여 주었다(Elizabeth 등 2017). 아세트아미노펜(acetaminophen)으로 신장 독성을 유도한 마우스 모델에 모링가 잎의 물 추출물을 투여하였을 때 혈청 크레아틴, 요소, MDA를 낮춰주고, SOD, CAT, GPx는 증가하였다. 또한, 신장에서 염증 반응을 일으키는 사이토카인의 발현을 줄여 주었고, 염증 반응을 억제하는 사이토카인의 발현은 증가하면서 신장 독성의 개선을 보여주었다(Karthivashan 등 2016).

3) 성 기능 개선 효과

모링가 잎에 있는 페놀 추출물들(gallic acid, chlorogenic acid, quercetin, kaempferol)이 랫드의 음경 조직에서 발기부전과 산화적 스트레스에 관련된 주요 효소들의 기능을 억제하는 것을 확인하였다. 안지오텐신전환효소(angiotensin-converting enzyme)의 억제, 아르기나아제(arginase), 그리고 Fe²⁺로 유도된 말론디알데히드 생산, 라디칼 소거 활성 그리고 Fe²⁺ 소거 능력은 모링가 잎 추출물이 발기부전 치료에 활용될 수 있는 기전으로 제시되었다(Obob 등 2015). 또, 다른 모링가 잎 추출물을 투여한 실험에서 승가(mounting)의 수가 추출물을 투여한 집단에서 크게 증가하였고, MAOB(monoamine oxidase B)와 PDE-5(phosphodiesterase 5)의 활성이 억제되었

Table 9. Many other effects of the extracts of the leaves of *M. oleifera*

Activity	Extract	Result	References
Anti-microbial	Water, ethanolic extract	- Effective against <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , and <i>Vibrio parahaemolyticus</i>	Peixoto et al. 2011
	Methanolic extract	- Antibacterial activity on 19 tested gram-negative bacterial strains - Synergic effect with other antibiotics	Dzotam et al. 2016, Thara et al. 2015
	Ethanolic extract	- Successful antimicrobial effect but weak against <i>Pseudomonas</i>	Singh & Sharma 2012
		- Effective against <i>Escherichia coli</i>	Smith et al. 2016
Protective	Water extract	- Reduction of serum creatine, urea, MDA - Increase of SOD, CAT, and GPx level	Karthivashan et al. 2016
	Methanolic extract	- Protection against renal damage, reactive oxygen species (ROS) and inflammation	Elizabeth et al. 2017
	Ethanolic extract	- Normalization of SGOT, SGPT, GGT, LDH, ALP, and ACP level	Singh et al. 2014
Sexual function	Water extract	- Increase of sexual desire and sperm number	Zade et al. 2013
	Ethanolic extract	- Increase of mounting number - Suppression of MAOB and PDE-5 activity	Prabsattroo et al. 2012
	Phenolic extract	- Radical scavenging, Fe ²⁺ chelating ability - Inhibition of ACE and arginase activities	Oboh et al. 2015
	Hexanoic extract	- Formation of sperm was facilitated	Cajuday & pocsidio 2010
Antifatigue	Water extract	- Increase of maximum swimming time, and glycogen saving effect - Decrease of lactic acid, TG, MDA, urea	Lamou et al. 2016
Cardio-protective	Water extract	- Decrease of nocturnal heart rate - Improvement of cardiac diastolic function - Protective effect against vessel dysfunction	Randriamboavonjy et al. 2016a, 2016b

다(Prabsattroo 등 2012). 모링가 잎의 헥산(hexane) 추출물을 21일 동안 수컷 랫드에 투여했을 때 정자의 형성이 촉진되는 효과가 보고되었다(Cajuday & pocsidio 2010). Zade 등(2013)은 모링가 씨앗의 물 추출물 또한 생식 능력 개선 효과를 수컷 알비노 랫드에 투여하면서 확인하였다. 추출물 투여군에서 성욕이 증가하였으며, 정자의 수도 증가하였다. 결론적으로 모링가는 성행동을 증가시켰고, 남성의 성질환을 조절하도록 도와주면서 결과적으로 모링가의 잎이나 씨앗의 추출물이 정력제로 활용될 수 있음을 시사했다.

4) 항 피로 기능

모링가 잎의 물 추출물은 최대 수영 시간(maximum swimming time)을 증가시키고, 혈중 헤모글로빈, 혈당, 그리고 간과 근육에서 글리코겐 저장량을 증가시킨다. 또한, 항산화 효소의 활성을 증가시키고, 말론디알데히드의 혈중 농도를 감소시킨다. 게다가 젖산, 중성 지방, 요소의 혈중 농도를 감소

시킨다. 모링가의 항 피로 성질은 신체 에너지 비축량을 개선하는 능력과 조직 항산화 능력, 그리고 조직에서의 젖산 형성을 감소시키는 능력으로 나타난다. 따라서 모링가의 잎 추출물이 피로 회복제로서의 활용 가능성도 기대된다(Lamou 등 2016).

5) 심장 및 혈관 보호 기능

모링가의 효능 중에는 심장을 보호하는 기능도 있는 것으로 보고되었다. 그러나 지금까지 연구된 보고에 의하면 대부분의 심장보호 기능은 잎이 아닌 씨앗추출물에 있는 것으로 나타났다. 모링가 씨앗 추출물을 자연발생 고혈압 랫드(spontaneously hypertensive rat)에 처리했을 때 야간 심박수(nocturnal heart rate)가 감소되었고, 심장 확장기 기능(cardiac diastolic function)이 개선되었다. 그리고 좌심실에 있는 섬유증(fibrosis)도 감소하였다. 이것은 peroxisome proliferator-activated receptor (PPAR)-α와 δ의 증가와 관련이 있고, 감소된 심장 중

성지방 수치, 그리고 혈장의 프로스타사이클린(prostacyclin)의 증가와 연관 지을 수 있는데, 따라서 모링가 씨앗 추출물이 심장 구조와 기능에 유익한 효과가 있는 것으로 볼 수 있다(Randriamboavonjy 등 2016a; Randriamboavonjy 등 2017). 비슷한 맥락에서 모링가는 혈관 기능을 개선하는 역할도 한다. 모링가 씨앗 추출물을 늪은 랫드에 처리했을 때, 대동맥(aorta)과 장간막동맥에서 카르바콜(carbachol)에 의존적인 완화효과가 관찰되었다. 대동맥에서 내피의 NO 합성효소의 활성화와 Akt-신호전달이 증가하였고 caveolin-1을 억제하고, L-arginine의 생체이용률이 증가하는 것을 확인하였다. 그리고 장간막 동맥에서는 내피 기능이 개선되었으며, NO 합성효소의 발현과 순환하는 NO의 양도 줄어들었다(Randriamboavonjy 등 2016b). 이러한 결과는 모링가 씨앗이 심장 구조와 기능을 개선하며, 노화로부터 오는 혈관 기능 장애로부터 보호하는 효과가 있음을 보여주었다.

8. 모링가 인체 임상 연구

모링가는 마우스와 랫드 등을 이용한 동물실험을 통해 안전성을 확인하였고, 이후에 인간의 다양한 집단에서 임상 효능에 대한 연구가 진행되었다. 그 결과, 모링가는 인체 내에서 여러 질병을 치료하는 잠재력을 보였고, 질병의 증상을 완화시키는 것을 확인하였다. 특히 제2형 당뇨병을 가지고 있는 사람에서 고혈당증(hyperglycemia)이나 이상지질혈증(dyslipidemia)을 치료하거나 그 증상을 완화시키는 데 효과가 있는 것으로 보고되었다. 제 2형 당뇨병을 앓는 사람들에게 모링가 잎 가루가 함유된 식이를 투여했을 때 혈당 수준이 크게 감소하는 것을 확인할 수 있었다(William 등 2009). Kumari DJ (2010)가 진행한 다른 실험에서 제2형 당뇨병을 가진 사람들에게 모링가 잎 가루를 투여했을 때 공복시 혈당과 식후의

혈당이 모두 감소하는 것으로 보고되었다. 추가적으로 총 콜레스테롤량과 중성 지방 그리고 저밀도 지단백질(low density lipoprotein: LDL) 모두가 감소하는 것을 확인하였다. Nambiar 등(2010)도 제2형 당뇨를 가진 사람에서 모링가의 항 이상 지질혈증 효과를 보기 위해 실험을 진행하였는데, 모링가 투여군의 혈장에서 총 콜레스테롤의 양이 조금 감소하였고, 비 고밀도 지단백질(non-high density lipoprotein, non-HDL)의 양도 감소하였다. 최근의 다른 연구에서는 모링가 잎을 투여한 그룹에서 c-LDL과 HbA1c의 수치가 감소하는 경향을 보였고 혈압도 더 낮아졌다. c-HDL과 공복 혈당은 모두 감소하면서 제 2형 당뇨를 나타내는 척도들이 개선되는 것이 확인되었고, 따라서 모링가를 당뇨 및 비만환자에게 대체 치료제로 사용할 수 있는 가능성을 확인하였다(Dominiguez-Rodriguez 등 2016). Kushwaha 등(2012)은 폐경 후의 여성에게 모링가 잎 가루를 투여한 실험에서 혈청의 GPx와 SOD 그리고 아스코르브산(ascorbic acid)의 양이 증가하였고 MDA의 양이 감소하고, 공복 혈당 수치도 감소하는 것을 확인하였다. Bisanz 등(2015)은 모링가가 함유된 요거트(yogurt)를 임신한 여성이 복용한 후 장내균총의 효과를 확인한 실험을 진행하였는데 그 결과, 신생아의 대변에서 비피도계세균(*Bifidobacterium*)의 수가 증가하였고, 장내세균과가 감소하는 것이 확인되었으며, 임신 기간 동안 구강과 장관의 미생물군들이 안정적으로 유지되었다. 골절 환자에게 골원성 물질(osteogenic agents)로써 모링가를 투여한 후 치료 효과를 평가한 실험에서 고통, 부기, 유연성, 유동성의 감소가 확인되면서 골절 치료제로서의 가능성 또한 보고되었다(Singh 등 2011). 현재까지 인체에서 모링가의 부작용은 보고되지 않았다. 위의 실험들을 종합해 보았을 때 모링가 잎은 인체 내에서 항 고지혈증, 항 이상지질혈증, 그리고 항산화 효과 등을 나타내었고, 천식의 치료에도 효과

Table 10. Clinical research on effects of the leaves of *M. oleifera*

Material	Experimental subject	Result	References
Leaf tablets	Type 2 diabetic patients	- Positive impact on the lipid profile - Reduction of the cholesterol and non-HDL values	Nambiar et al. 2010
		- Decrease of blood glucose level - Improvement of hyperglycemia and dyslipidemia	William et al. 2009
Leaf powder	Type 2 diabetic patients	- Reduction of total cholesterol amount and LDL level - Decrease of body weight and Insulin - Reduction of fasting glucose level	Kumari DJ 2010 Dominiguez-Rodriguez et al. 2016
	Postmenopausal women	- Increase of serum GPx, SOD and ascorbic acid level - Decrease of MDA and fasting blood glucose level	Kushwaha et al. 2012
	Pregnant women	- Increase of microbiota's stability in the oral cavity and GI tract over pregnancy - Increase of vaginal microbiota diversity	Bisanz et al. 2015
	Fracture patient	- Reduction of pain, swelling, tenderness, and mobility	Singh et al. 2011

가 있었으며, 임신한 여성에게 투여했을 때 신생아와 여성의 장내 미생물에 긍정적인 영향이 있었다. 또한, 골절 치료제로서의 가능성도 보여주었고, 요로 감염증에도 효과를 보였다. 이처럼 인체에 모링가가 투여되었을 때 안전성이 충분히 입증되었고 다양한 질병 치료에도 활용될 수 있음을 보여주었다.

요약 및 결론

모링가 잎에는 다양한 영양물질이 들어있고, 여러 효능이 있다는 것이 밝혀졌으며, 영양 보충이나 치료의 목적 이외에도 모링가가 함유된 샴푸나 화장품 등 생활의 다양한 부분에서 활용되고 있다. 모링가의 잎을 포함하여 모링가의 다른 부분인 씨앗, 껍질, 뿌리, 나무껍질 등에서 다양한 효과들이 연구 및 보고되고 있다. 모링가 잎을 활용한 여러 실험이 진행되면서 효능이 증명되었고, 특히 동물 실험을 통해 모링가 사용에 대한 안전성 역시 높이 평가되었다. 또한, 인체에 투여했을 때의 효과와 안전성도 확보된 상황이다. 특별히 모링가 잎의 항산화 효과와 항염증, 항당뇨, 그리고 항암효과는 다양한 질병치료에 연결되는 중요한 효능으로서 모링가 잎을 다양한 용매와 조건을 통해 추출하여 그 효능을 입증하고 있다. 그 외에도 모링가는 간과 심장 그리고 신장을 보호하며, 혈관 기능을 개선하기도 하고, 성 기능까지 개선하는 효능도 보고되었다. 항 박테리아 성질을 가지면서 자연 항생제로서의 면모도 보였다. 현재 모링가로 인한 부작용은 최소화시키면서 모링가가 가지고 있는 효능을 극대화하고자 하는 연구들이 진행되고 있고, 다양한 효능을 나타내는 성분들에 대한 분석도 이루어지고 있다. 특정한 성분을 추출할 수 있는 적합한 용매의 종류와 비율, 온도 등에 대한 연구를 통해 가장 효과적인 추출을 위해 노력하고 있다. 추후의 진행될 연구를 통해 모링가를 균형 잡힌 영양분을 제공하는 목적으로 활용할 수 있고, 다양한 질병 치료제의 개발을 통한 환자의 치료와 더 나아가, 산업적인 측면에서도 효과적으로 활용할 것으로 기대되고 있다.

감사의 글

이 연구는 한동대학교 교내연구지원사업 제20160069호에 의한 것임.

References

Abd ELA, El BBS, Mahboub HD, Abd Eldaim MA. 2014. *Moringa oleifera* leaf extract ameliorates alloxan-induced

diabetes in rats by regeneration of β cells and reduction of pyruvate carboxylase expression. *Biochem Cell Biol* 92:413-419

- Abdull Razie AF, Ibrahim MD, Kntayya SB. 2014. Health benefits of *Moringa oleifera*. *Asian Pac J Cancer Prev* 15:8571-8576
- Adedapo AA, Falayi OO, Oyagbemi AA. 2015. Evaluation of the analgesic, anti-inflammatory, anti-oxidant, phytochemical and toxicological properties of the methanolic leaf extract of commercially processed *Moringa oleifera* in some laboratory animals. *J Basic Clin Physiol Pharmacol* 26:491-499
- Adedapo AA, Mogbojuri OM, Emikpe BO. 2009. Safety evaluations of the aqueous extract of the leaves of *Moringa oleifera* in rats. *J Med Plant Res* 3:586-591
- Al-Asmari AK, Albalawi SM, Athar MT, Khan AQ, Al-Shahrani H, Islam M. 2015. *Moringa oleifera* as an anti-cancer agent against breast and colorectal cancer cell lines. *PLoS ONE* 10:e0135814
- Amaglo NK, Bennet RN, Curto RBL, Rosa EAS, Turco VL, Giuffrida A, Curto AL, Crea F, Timpo G. 2010. Profiling selected phytochemicals and nutrients in different tissues of the multipurpose tree *Moringa oleifera* L, grown in Ghana. *J of Food Chem* 122:1047-1054
- Anwar F, Latif S, Ashraf M, Gilani AH. 2007. *Moringa oleifera*: a food plant with multiple medicinal uses. *Phytother Res* 21:17-25
- Arora DS, Onsare JG, Kuar H. 2013. Bioprospecting of *Moringa* (Moringaceae): Microbiological perspective. *J Pharmacogn Phytochem* 1:193-215
- Asare G, Gyan B, Bugyei K, Adjei S, Mahama R, Addo P, Out-Nyarko L, Wiredu EK, Nyarko A. 2012. Toxicity potentials of the nutraceutical *Moringa oleifera* at supra-supplementation levels. *J Ethnopharmacol* 139:265-272
- Asiedu-Gyekye IJ, Frimpong-Manso S, Awortwe C, Antwi DA, Nyarko AK. 2014. Micro and macroelemental composition and safety evaluation of the nutraceutical *Moringa oleifera* leaves. *J Toxicol* 2014:1-13
- Awodele O, Oreagba I, Odoma S, Teixeira da Silva JA, Osunkalu VO. 2012. Toxicological evaluation of the aqueous leaf extract of *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae). *J Ethnopharmacol* 139:330-336
- Bakre AG, Aderibigbe AO, Ademowo OG. 2013. Studies on neuropharmacological profile of ethanol extract of *Moringa oleifera* leaves in mice. *J Ethnopharmacol* 149:783-789
- Berkovich L, Earon G, Ron I, rimmon A, Vexier A, Lev-Ari S.

2013. *Moringa oleifera* aqueous leaf extract down-regulates nuclear factor-kappa B and increases cytotoxic effect of chemotherapy in pancreatic cancer cells. *BMC Complement Altern Med* 13:212
- Bhuvaneshwari S, Amirtha B, Bhuvaneshwari K. 2013. Comparative study on the analgesic effect of fresh *Moringa oleifera* juice with ibuprofen in albino mice. *Int J Pharm Biol Arch* 4:934-936
- Birben E, Sahiner UM, Sackesen C, Erzurum S, Kalayci O. 2012. Oxidative stress and antioxidant defense. *World Allergy Organ J* 5:9-19
- Bisanz JE, Enos MK, Praygod G, Seney S, Macklaim JM, Chilton S, Willner D, Knight R, Fusch C, Fusch G, Gloor GB, Burton JP, Reid G. 2015. Microbiota at multiple body sites during pregnancy in a rural Tanzanian population and effects of *Moringa*-supplemented probiotic yogurt. *Appl Environ Microbiol* 81:4965-4975
- Cajuday LA, Pocsidio GL. 2010. Effects of *Moringa oleifera* Lam (Moringaceae) on the reproduction in male mice (*Mus musculus*). *J Med Plant Res* 4:1115-1121
- Chinedu AA, Alani SO, Olaide AO. 2014. Effect of the ethanolic leaf extract of *Moringa oleifera* on insulin resistance in streptozotocin induced diabetic rats. *JPS* 2:5-12
- Choi YJ, Jung KI. 2016. Anti-diabetic, alcohol-metabolizing, and hepatoprotective activities of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaf extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:819-827
- Cohen-Zinder M, Leibovich H, Vaknin Y, Sagi G, Shabtay A, Ben-Meir Y, Nikbachat M, Portnik Y, Yishay M, Miron J. 2016. Effect of feeding lactating cows with ensiled mixture of *Moringa oleifera*, wheat hay and molasses, on digestibility and efficiency of milk production. *Anim Feed Sci Technol* 211:75-83
- Dominiguez-Rodriguez M, Valenzuela-Rubio NG, Ochoa-Acosta DA, Fierros-Valdez JA, Castro-Sanchez FH, Vergara-Jimenez M. 2016. The effect of *Moringa oleifera* leaves in anthropometric and biochemical parameters in obese type 2 diabetes mellitus subjects. *FASEB J* 30: Supplement 1176.21
- Dzotam JK, Touani FK, Kuete V. 2016. Antibacterial and antibiotic-modifying activities of three food plants (*Xanthosoma majaffa* Lam., *Moringa oleifera* (L.) Schott and *Passiflora edulis* Sims) against multidrug-resistant (MDR) Gram-negative bacteria. *BMC complementary and alternative medicine. BMC Complement Altern Med* 16:9
- Elizabeth IO, Yapo GA, Oluwafemi OO. 2017. Assessment of the anti-hyperglycaemic, anti-inflammatory and antioxidant activities of the methanol extract of *Moringa oleifera* in diabetes-induced nephrotoxic male wistar rats. *Molecules* 22:439
- Goyal BR, Agrawal BB, Goyal RK, Mehta AA. 2007. Phytopharmacology of *Moringa oleifera* Lam. An overview. *Nat Prod Rad* 6:347-353
- Gupta SK, Kumar B, Srinivasan BP, Nag TC, Srivastava S, Saxena R, Aggarwal A. 2013. Retinoprotective effects of *Moringa oleifera* via antioxidant, anti-inflammatory, and anti-angiogenic mechanisms in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Ocul Pharmacol Ther* 29:419-426
- Jaiswal D, Rai P, Kumar A, Mehta S, Watal G. 2009. Effect of *Moringa oleifera* Lam. leaves aqueous extract therapy on hyperglycemic rats. *J Ethnopharmacol* 123:392-396
- Joung HC, Kim BB, Park HJ, Lee KY, Kim HH, Sim HC, Do HJ, Hyun CK, Do MS. 2017. Fermented *Moringa oleifera* decreases hepatic adiposity and ameliorates glucose intolerance in high-fat diet-induced obese mice. *J Med Food* 20: 439-447
- Jung IL. 2014. Soluble extract from *Moringa oleifera* leaves with a new anticancer activity. *PLoS ONE* 9:e95492
- Karthivashan G, Kura AU, Arulselvan P, Isa NM, Fakurazi S. 2016. The modulatory effect of *Moringa oleifera* leaf extract on endogenous antioxidant systems and inflammatory markers in an acetaminophen-induced nephrotoxic mice model. *PeerJ* 4:e2127
- Kasolo JN, Bimenya GS, Ojok L, Ochieng J, Ogwal-okeng JW. 2010. Phytochemicals and uses of *Moringa oleifera* leaves in Ugandan rural communities. *J Med Plants Res* 4:753-757
- Kaur J. 2014. A comprehensive review on metabolic syndrome. *Cardiol Res Pract* 2014:943162
- Khan KS, Kunz R, Kleijnen J, Antes G. 2003. Five steps to conducting a systematic review. *J R Soc Med* 96:118-121
- Kholif AE, Gouda GA, Morsy TA, Salem AZM, Lopez S, Kholif AM. 2015. *Moringa oleifera* leaf meal as a protein source in lactating goat's diets: Feed intake, digestibility, ruminal fermentation, milk yield and composition, and its fatty acids profile. *Small Rumin Res* 129:129-137
- Kooltheat N, Sranujit RP, Chumark P, Potup P, Laytragoon-Lewin N, Usuwanthim K. 2014. An ethyl acetate fraction of *Moringa oleifera* Lam. Inhibits human macrophage cytokine production induced by cigarette smoke. *Nutrients* 6:697-710
- Kumari DJ. 2010. Hypoglycemic effect of *Moringa oleifera* and *Azadirachta indica* in type-2 diabetes. *Bioscan* 5:211-214

- Kushwaha S, Chawla P, Kochhar A. 2012. Effect of supplementation of drumstick (*Moringa oleifera*) and amaranth (*Amaranthus tricolor*) leaves powder on antioxidant profile and oxidative status among postmenopausal women. *J Food Sci Technol* 51:3464-3469
- Kwon YR, Youn KS. 2014. Antioxidant activity and physiological properties of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves extracts with different solvents. *Korean J Food Preserv* 21:831-837
- Lamou B, Taiwe GS, Hamadou A, Abene, Houlray J, Atour MM, Tan PV. 2016. Antioxidant and antifatigue properties of the aqueous extract of *Moringa oleifera* in rats subjected to forced swimming endurance test. *Oxid Med Cell Longev* 2016:3517824
- Lee JS, Lee MH, Park CI, Lee HJ, Hong HD, Lee BD, Sung IJ, Chang KJ, Park CH. 2016. The content of total polyphenol, total flavonoid and the antioxidant activity in different origin and parts of *Moringa oleifera* cultivated in Cheorwon. *Korean Soc Int Agric* 28:385-389
- Leone A, Spada A, Battezzati A, Schiraldi A, Aristil J, Bertoli S. 2015. Cultivation, genetic, ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of *Moringa oleifera* leaves: An overview. *Int J Mol Sci* 16:12791-12835
- Leone A, Spada A, Battezzati A, Schiraldi A, Aristil J, Bertoli S. 2016. *Moringa oleifera* seeds and oil: Characteristics and uses for human health. *Int J Mol Sci* 17:2141
- Li S, Tan HY, Wang N, Zhang ZJ, Lao L, Wong CW, Feng Y. 2015. The role of oxidative stress and antioxidants in liver diseases. *Int J Mol Sci* 16:26087-26124
- Losito F, Arienzo A, Somma D, Murgia L, Stalio O, Zuppi P, Elisabetta R, Antonini G. 2017. Field application of the micro biological survey method for the assessment of the microbiological safety of different water sources in horn of Africa and the evaluation of the effectiveness of *Moringa oleifera* in drinking water purification. *J Public Health Afr* 8:679
- Madi N, Dany M, Abdoun S, Usta J. 2016. *Moringa oleifera*'s nutritious aqueous leaf extract has anticancerous effects by compromising mitochondrial viability in an ROS-dependent manner. *J Am Coll Nutr* 35:604-613
- Mahmood KT, Mugal T, Haq IU. 2010. *Moringa oleifera*: A natural gift-a review. *Pharm Sci & Res* 2:775-781
- Maiyo FC, Moodley R, Singh M. 2016. Cytotoxicity, antioxidant and apoptosis studies of quercetin-3-o glucoside and 4-(β -D-glucopyranosyl-1 \rightarrow 4- α -l-rhamnopyranosyloxy)-benzyl isothiocyanate from *Moringa oleifera*. *Anticancer Agents Med Chem* 16:648-656
- Martínez-González CL, Martínez L, Martínez-Ortiz EJ, González-Trujano ME, Déciga-Campos M, Ventura-Martínez R, Díaz-Reval I. 2017. *Moringa oleifera*, a species with potential analgesic and anti-inflammatory activities. *Biomed Pharmacother* 87:482-488
- Mcknight M, Allen J, Waterman JU, Hurley S, Idassi J, Minor RC. 2014. Moringa tea blocks acute lung inflammation induced by swine confinement dust through a mechanism involving TNF- α expression, C-Jun N-terminal kinase activation and neutrophil regulation. *Am J Immunol* 10:73-87
- Monteiro R, Azevedo I. 2010. Chronic inflammation in obesity and the metabolic syndrome. *Mediators Inflamm* 2010: 289645
- Mottillo S, Filion KB, Genest J, Joseph L, Pilote L, Poirier P, Rinfret S, Schiffrin EL, Eisenberg MJ. 2010. The metabolic syndrome and cardiovascular risk a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 56:1113-1132
- Moyo B, Masika PJ, Hugo A, Muchenje V. 2011. Nutritional characterization of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *Afr J Biotechnol* 10:12925-12933
- Moyo B, Oyedemi S, Masika PJ, Muchenje V. 2012. Polyphenolic content and antioxidant properties of *Moringa oleifera* leaf extracts and enzymatic activity of liver from goats supplemented with *Moringa oleifera* leaves/sunflower seed cake. *Meat Sci* 91:441-447
- Nambiar VS, Guin P, Pamami S, Daniel M. 2010. Impact of antioxidants from drumstick leaves on the lipid profile of hyperlipidemics. *J Herb Med Toxicol* 4:165-172
- Oboh G, Ademiluyi AO, Ademosun AO, Olasehinde TA, Oyeleye SI, Boligon AA, Athayde ML. 2015. Phenolic extract from *Moringa oleifera* leaves inhibits key enzymes linked to erectile dysfunction and oxidative stress in rats' penile tissues. *Biochem Res Int* 2015:175950
- Olayaki LA, Irekpita JE, Yakubu MT, Ojo OO. 2015. Methanolic extract of *Moringa oleifera* leaves improves glucose tolerance, glycogen synthesis and lipid metabolism in alloxan-induced diabetic rats. *J Basic Clin Physiol Pharmacol* 26:585-593
- Olufemi E. Akanni, Adebayo L. Adedeji, Kola J. Oloke. 2014. Upregulation of TNF- α by ethanol extract of *Moringa oleifera* leaves in benzene-induced leukemic wister rat: A possible mechanism of anticancer property. *Journal of Oncology and Haematology* 3:16-21

- Oyagbemi AA, Omobowale TO, Azeez IO, Abiola JO, Adedokun RA, Nottidge HO. 2013. Toxicological evaluations of methanolic extract of *Moringa oleifera* leaves in liver and kidney of male wister rats. *J Basic Clin Physiol Pharmacol* 24:307-312
- Peixoto JR, Silva GC, Costa RA, de Sousa Fontenelle JR, Vieira GH, Filho AA, dos Fernandes Vieira RH. 2011. *In vitro* antibacterial effect of aqueous and ethanolic *Moringa* leaf extracts. *Asian Pac J Trop Med* 4:201-204
- Poljsak B, Šuput D, Milisav I. 2013. Achieving the balance between ROS and antioxidants: When to use the synthetic antioxidants. *Oxid Med Cell Longev* 2013:956792
- Prabsattroo T, Wattanathorn J, Iamsa-ard S, Muchimapura S, Thukhammee W. 2012. *Moringa oleifera* leaves extract attenuates male sexual dysfunction. *Am J Neuroscience* 3:7-24
- Randriamboavonjy JI, Loirand G, Vaillant N, Lauzier B, Derbré S, Michalet S, Pacaud P, Tesse A. 2016a. Cardiac protective effects of *Moringa oleifera* seeds in spontaneous hypertensive rats. *Am J Hypertens* 29:873-881
- Randriamboavonjy JI, Loirand G, Heurtebise S, Pacaud P, Tesse A. 2016b. 0515: *Moringa oleifera* seeds improve vascular function in aged wistar rats. *Arch Cardiovasc Dis Suppl* 8:218
- Randriamboavonjy JI, Rio M, Pacaud P, Loirand G, Tesse A. 2017. *Moringa oleifera* seeds attenuate vascular oxidative and nitrosative stresses in spontaneously hypertensive rats. *Oxid Med Cell Longev* 2017:4129459
- Semsri S, Anuchapreeda S, Janwitayanuchit W. 2016. Inhibitory effects of crude ethanolic leave extract from *Moringa oleifera* Lam. on Wilms' tumor 1 protein expression in K562 leukemic cell line. *Bull Chiang Mai Assoc Med Sci* 49:53-64
- Sharma H, Parihar L, Parihar P. 2011. Review on cancer and anticancerous properties of some medicinal plants. *J Med Plant Res* 5:1818-1835
- Shih MC, Chang CM, Kang SM, Tsai ML. 2011. Effect of different parts (leaf, stem and stalk) and seasons (summer and winter) on the chemical compositions and antioxidant activity of *Moringa oleifera*. *Int J Mol Sci* 12:6077-6088
- Singh D, Arya PV, Aggarwal VP, Gupta RS. 2014. Evaluation of antioxidant and hepatoprotective activities of *Moringa oleifera* Lam. leaves in carbon tetrachloride-intoxicated rats. *Antioxidants* 3:569-591
- Singh GP, Garg R, bhardwaj S, Sharma SK. 2012. Anti-inflammatory evaluation of leaf extract of *Moringa oleifera*. *JPSI* 1:22-24
- Singh GP, Sharma SK. 2012. Antimicrobial evaluation of leaf extract of *Moringa oleifera* Lam. *Int Res J Pharm* 3:212-215
- Singh V, Singh N, Pal US, Dhasmana S, Mohammad S, Singh N. 2011. Clinical evaluation of *Cissus quadrangularis* and *Moringa oleifera* and osteoseal as osteogenic agents in mandibular fracture. *Natl J Maxillofac Surg* 2:132-136
- Smith B, Orders T, Tallapaneni J, Nair S, Ravi V, Emrani J, Idassi J, King J, Zwetsloot KA, Mowa C. 2016. Whole ethanolic *Moringa oleifera* leaf extract generates kinetic growth curves of *Escherichia coli* comparable to pharmaceuticals. *FASEB J* 30: Supplement 921.8
- Sreelatha S, Jeyachitra A, Padma PR. 2011. Antiproliferation and induction of apoptosis by *Moringa oleifera* leaf extract on human cancer cells. *Food Chem Toxicol* 49:1270-1275
- Suphachai C. 2014. Antioxidant and anticancer activities of *Moringa oleifera* leaves. *J Med Plant Res* 8:318-325
- Tang Y, Choi EJ, Han WC, Oh M, Kim J, Hwang JY, Park PJ, Moon SH, Kim YS, Kim EK. 2017. *Moringa oleifera* from Cambodia ameliorates oxidative stress, hyperglycemia, and kidney dysfunction in type 2 diabetic mice. *J Med Food* 20:502-510
- Teixeira EM, Carvalho MR, Neves VA, Silva MA, Arantes-Pereira L. 2014. Chemical characteristics and fractionation of proteins from *Moringa oleifera* Lam. leaves. *Food Chem* 147:51-54
- Thara KM, Juhara KF, Raji TK. 2015. Inhibitory and synergistic effect of *Moringa oleifera* extracts on clinical and standard strains of microorganisms and its biochemical analysis. *Indo Am J Pharm Res* 5:508-514
- Tiloke C, Phulukdaree A, Chuturgoon AA. 2013. The antiproliferative effect of *Moringa oleifera* crude aqueous leaf extract on cancerous human alveolar epithelial cells. *BMC Complement Altern Med* 13:226
- Tiloke C, Phulukdaree A, Chuturgoon AA. 2016. The antiproliferative effect of *Moringa oleifera* crude aqueous leaf extract on human esophageal cancer cells. *J Med Food* 19: 398-403
- Toma A, Makonnen E, Mekonnen Y, Debella A, Adisakwattana S. 2015. Antidiabetic activities of aqueous ethanol and n-butanol fraction of *Moringa stenopetala* leaves in streptozotocin-induced diabetic rats. *BMC Complement Altern Med* 15:242
- Tumer TB, Rojas-Silva P, Poulev A, Raskin I, Waterman C. 2015. Direct and indirect antioxidant activity of polyphenol-

- and isothiocyanate-enriched fractions from *Moringa oleifera*. *J Agric Food Chem* 63:1505-1513
- Tuorkey MJ. 2016. Effects of *Moringa oleifera* aqueous leaf extract in alloxan induced diabetic mice. *Interv Med Appl Sci* 8:109-117
- Victor VM, McCreath KJ, Rocha M. 2006. Recent progress in pharmacological research of antioxidants in pathological conditions: Cardiovascular health. *Recent Pat Antiinfect Drug Discov* 1:17-31
- Waterman C, Cheng DM, Rojas-Silva P, Poulev A, Dreifus J, Lila MA, Raskin I. 2014. Stable, water extractable isothiocyanates from *Moringa oleifera* leaves attenuate inflammation *in vitro*. *Phytochem* 103:114-122
- Waterman C, Rojas-Silva P, Tumer TB, Kuhn P, Richard AJ, Wicks S, Stephens JM, Wang Z, Mynatt R, Cefalu W, Raskin I. 2015. Isothiocyanate-rich *Moringa oleifera* extract reduces weight gain, insulin resistance, and hepatic gluconeogenesis in mice. *Mol Nutr Food Res* 59:1013-1024
- William F, Lakshminarayanan S, Chegu H. 2009. Effect of some Indian vegetables on the glucose and insulin responses in diabetic subjects. *Int J Food Sci Nutr* 44:191-196
- Yassa HD, Tohamy AF. 2014. Extract of *Moringa oleifera* leaves ameliorates streptozotocin-induced diabetes mellitus in adult rats. *Acta Histochem* 116:844-854
- Zade VS, Dabhadkar DK, Thakare VG, Pare SR. 2013. Effect of aqueous extract of *Moringa oleifera* seed on sexual activity of male albino rats. *BFIJ* 5:129-140

Received 15 September, 2017

Revised 17 October, 2017

Accepted 7 November, 2017