

인체내에서 소화분비계의 네트워크 연구

이준원*

요약

소화기관계는 입, 위 그리고 창자들로 구성되어 있으며, 침샘에서 분비되는 침, 간에서 분비되는 담즙, 위의 분비물, 췌장의 분비물, 창자의 분비물과 함께 위장관을 통과한다. 위에서는 효소, 염산과 펩신이 분비되어 삼킨 단백질을 분해하고, 소장에서는 탄수화물, 단백질 그리고 지방의 분해가 계속된다. 글리코젠과 녹말은 소장 효소에 의해 맥아당으로 분해되고 큰 지방은 간에서 분비되는 쓸개즙에 의해 지방산과 콜레스테롤로 분해된다. 췌장에서 분비되는 이자액과 단백질분해효소는 단백질을 작은 펩티드 조각과 아미노산으로 분해한다. 대장에서는 물과 무기염류를 흡수하며 소화되지 않고 남은 찌꺼기를 대변으로 배출시킨다. 실험실에서 소화기관계 네트워크를 실제와 유사하게 구성하기 위해 인산완충용액에 녹인 염산을 처리한 후에 탄수화물, 단백질 그리고 지방의 분해효소를 처리하였다. 본 연구에서는 실험실에서 사용할 수 있는 소화기관계의 모델과 새로운 식품과 의약품 개발할 수 있는 새로운 연구 방법을 제안하였다.

A Study on Networks of Digestive System in Human

Junwon Lee*

ABSTRACT

The digestive system is made up of the digestive tract are the mouth, stomach, and intestine and absorb food with juice of digestive tract. An enzyme, hydrochloric acid and pepsin in the juice of the stomach starts the digestion of swallowed protein. Digestion of carbohydrates, proteins, and fats continues in the small intestine. Starch and glycogen are broken down into maltose by small intestine enzymes and large fat are broken down into fatty acid and cholesterol by bile acid secreted in the liver. Pancreatic juice and proteases enzymes secreted by the pancreas that continue the breakdown of protein into small peptide fragments and amino acids. In this research suggests that network of established digestive system in vitro may have therapeutic potential for use in the treatment of new food and medical supplies.

Keywords : Digestive system, Network, Enzyme, Bile acid, Pepsin, Pancreatic juice

* 배재대학교 바이오·의생명공학과(junwon@pcu.ac.kr)

· 제1저자(First Author) : 이준원 · 교신저자(Correspondent Author) : 이준원

· 접수일(2012년 7월 19일), 수정일(1차 : 2012년 8월 14일), 게재확정일(2012년 8월 17일)

I. 서론

소화 기관계(digestive system)는 음식의 소화에 필요한 작용을 담당하는 기관으로 음식을 분쇄, 이동, 흡수하고 배설하며 단백질과 같은 거대분자이거나 복잡한 탄수화물 형태로 섭취된 음식은 소화계에서 분비된 효소들에 의해 영양소나 작은 분자로 분해되고 흡수되어 생체내에서 이용하는 작용을 한다. 소화 기관계통에서 흡수된 영양분은 생물에게 고유한 물질로 합성되거나 더욱 분해를 진행시켜 세포가 사용할 수 있는 ATP의 형태로 에너지가 배출되도록 하는데, 이 과정을 대사라고 하며, 음식물을 소화시켜 에너지와 영양분을 이끌어내며 쓸모없는 부분을 내보내는 역할을 하여 신체 조직의 성장과 대사를 위한 공급원을 제공한다. 소화계의 기본적인 과정은 음식물 섭취(ingestion), 소화, 흡수, 운동, 분비, 배변이다. 불규칙적인 식생활, 세균성, 바이러스 감염 등에 의해 소화장애가 일어나는데 음식물 섭취 후에 생기는 더부룩함과 통증을 동반하는 고통스러운 증상을 포괄해서 말하는 용어이다[1].

본 논문에서는 소화기관계의 네트워크와 분비시스템을 연구하여 효율적인 대사조절과 관련된 질병의 치료를 위한 소화계의 기초적인 연구기반을 보여준다.

II. 본론

소화관은 식도에서 항문까지 거의 같은 구조를 가지나, 각 부분마다 다양한 특징을 가지고 있다. 음식물 소화에 필요한 소화액은 각 소화관의 상피를 구성하고 있는 외분비선 세포들에 의해 소화관 내강으로 분비된다. 음식과 물 등이 입을 통해 들어가면 침샘에서 분비되는 침, 간에서 분비되는 담즙, 위의 분비물, 췌장의 분비물, 창자의 분비물과 함께 위장관을 통과한다. 성인은 하루에 보통 2L가 입을 통해 들어오고 7L 정도는 분비물과 소화효소이다. 위장관의 기관은 식

도, 위, 구강, 소장, 대장으로 구성되어 있으며 관련된 기관으로는 치아, 침샘, 혀, 간, 쓸개, 이자 등이 있다 [2].

2.1 소화의 시작: 침

침(타액, saliva)은 구강 바깥쪽에 위치하는 3쌍의 침샘에서 분비되는 저삼투성 용액으로 구강 건강과 항상성 유지를 포함한 여러가지 기능을 수행한다. 침의 성분은 99.5%가 물이며, 0.5%도 안 되는 성분에는 구강 건강에 매우 중요한 역할을 하는 다양한 전해질들(Na, K, Ca, Chloride, Mg, HCO₃, 인산염)과 단백질, 다양한 효소, 극소량의 알부민(albumin), 여러 종류의 면역글로불린(immunoglobulins), 항균 물질들(antimicrobial factors), 점막 당단백질들(mucosal glycoproteins), polypeptides와 oligopeptides 등이 있다. 타액은 음식물을 축축하게 하여 섭취를 용이하게 하고 기계적인 손상으로부터 구강점막을 보호하며, 탄수화물의 소화가 시작되고 다당류를 이당류인 맥아당(maltose)으로 분해하는 침 알파-아밀라아제(salivary α -amylase)나 기타 여러 효소(lipase)들을 함유하여 소화의 초기작용을 담당한다. 아밀라아제는 침에 있는 염소이온에 의해 활성화 되고 위산에 의해 불활성화 되지만, 완전히 쪼개지지 않은 음식 덩어리의 중앙에 남아서 기능을 계속한다. 풍부하게 존재하는 중탄산 완충용액(HCO₃)은 세균이나 음식에 의해 생긴 산을 중화시켜 충치예방에 도움을 준다. 리소자임(lysozyme)은 항균 효과를 가지며, 면역글로불린은 바이러스와 세균에 대한 면역 작용을 한다. 평상시에 분비되는 침은 약산성(pH 6~7)을 나타낸다. 침샘으로부터 구강으로 침이 나오는 짧은 관에 있는 상피세포에서는 칼륨이온을 분비하고 나트륨 이온을 흡수하여 낮은 나트륨 이온 농도와 높은 칼륨 이온 농도를 유지하게 한다[2,3].

2.2 식도와 위에서 소화와 흡수

음식의 물리적 소화는 구강에서 침샘에 의해 분비되는 침으로 음식을 씹는 저작(mastication)으로부터 시작된다. 연하(deglutition)는 자발적 활동으로 시작하는데 일단 시작되면 멈출 수 없다. 후두가 열리면서 후두개(epiglottis)는 후두 입구위에 위치하여 호흡기 입구를 덮어 섭취한 음식물이 기도로 들어가는 것을 막는다. 삼키기(swallowing)는 25쌍의 근육이 수축운동을 하는 필요한 작용은 뇌에 위치한 연수(medulla oblongata)의 신경세포 뉴런들의 상호작용에 의해 이루어진다[1].

1) 식도의 기능

식도(esophagus)는 소화와 흡수 기능이 없고 음식을 하부로 전달하는 단순한 기능을 가지고 있다. 연동운동은 음식물의 이동에 따른 소화관 벽이 확장되고 이에 반응하여 연속적으로 국소반사가 일어난다. 식도의 말단에 있는 하부식도괄약근(lower esophageal sphincter)은 음식물이 위 안으로 들어간 후에 근섬유 협착이 일어나 위의 내용물이 식도로 역류하는 것을 막는다. 식도에서 분비하는 물질은 대부분 끈끈한 점액질(mucus)이며, 음식물이 원활히 이동하게 하며 식도 손상을 방지하는 기능을 한다. 위 역류가 일어나면 효소나 산으로부터 식도 벽을 보호한다[2].

점액은 끈적한 분비물인 당단백질(glycoprotein)로 뮤신(mucin)이라고도 한다. 침샘의 세포, 위의 점액성 세포, 창자의 술잔세포에서 주로 분비된다. 부교감성 신경과 내장에 연결되어 있는 신경에서 만들어지는 신경펩티드와 면역세포에서 만드는 사이토카인(cytokine) 등이 점액을 분비하는 신호가 된다. 창자에서는 염증과 기생충 감염에 의해 점액분비가 증가한다[4].

2) 위의 기능과 분비

위(stomach)는 위장관 중에서 가장 잘 확장되는 소

화기로 식도와 소장 사이에 J 모양으로 위치해 있다. 위의 가장 중요한 기능은 음식물을 저장하고 십이지장으로 일정 분량을 내려주는 것이다. 단백질 소화를 시작하고, 위산으로 세균을 죽이고, 위산과 혼합시켜 음식물을 미즙(chyme)으로 만들어 소장으로 보낸다. 위는 점막 속 깊이 주름을 덮는 세포들이 매일 2L의 위액을 위 속으로 분비한다[4]. 외분비성 세포들은 위 내강 안으로 분비액을 내보내 강한 산성 용액인 위소화액을 만든다. (그림 1)

(ㄱ) 점액세포(goblet cell, mucous cell) : 위 내강에 주름에 의해 형성된 깊은 홈의 윗부분에 존재한다. 묽고 수분이 많은 끈적한 점액을 분비한다.

(ㄴ) 주세포(chief cell) : 단백질분해효소 펩신(pepsin)의 전구체이며 불활성화형인 펩시노겐(pepsinogen)을 분비한다. 펩시노겐은 위 내강에서 수소이온의 작용으로 펩신으로 바뀐다. 단백질의 초기 소화를 담당하며 특히 육류 소화에 중요하다.

(ㄷ) 벽세포(parietal cell) : 위샘의 아래쪽에 위치하며 염산(위산, HCl)을 분비한다. 특히 염산은 단백질의 수소결합과 이황화 결합을 쪼개서 3차 구조를 파괴하여 변성시킨다. 내인자(intrinsic factor)를 분비하여 비타민 B12와 복합체를 만들게 하고 소장에서 흡수되도록 한다[5].

다른 분비세포들은 주로 내분비 조절인자와 파라크린을 분비한다[6].

(1) 크롬친화성 세포(enterochromaffin-like, ECL cell) : 주세포와 벽세포 사이에 흩어져 있으며 파라크린인 히스타민(histamine)과 하이드록시트립타민(hydroxytryptamine) 또는 세로토닌(serotonin)을 분비한다. 히스타민은 벽세포에 작용하여 염산의 분비를 높인다.

(2) G 세포(G cell) : 위산 분비를 촉진시키는 것으로 알려진 가스트린(gastrin) 호르몬을 혈액으로 분비한다. 위나 소장의 점막 성장을 촉진시켜 소화 분비기능을 유지시킨다.

(3) D 세포(D cell) : 십이지장에 더 많이 존재하며 위산이 증가하면 소마토스타틴(somatostatin) 호르몬을 분비하여 G 세포의 기능을 제한하여 위산분비를 억제한다.

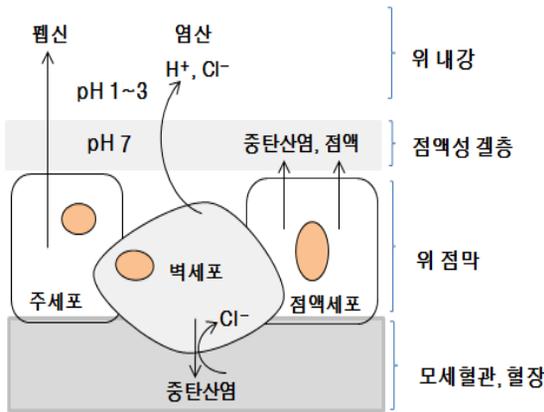


그림 1. 위 점막의 구조와 기능
Fig 1. Structure and function of gastric mucous membrane

3) 펩신과 염산 분비와 기능

염산의 분비는 가스트린, 히스타민과 신경전달물질들에 의해 자극받는다. 위에서 염산은 매일 1~2L 분비되며 고농도의 염산은 위액의 pH를 2 이하로 만들고 위 내강의 pH는 1로 낮아진다. 벽세포 내의 pH는 약 7.2이지만, 결국은 수소이온과 염소이온은 더 높은 농도가 존재하는 내강 안으로 엄청난 농도 경사를 역행하여 능동적으로 퍼내는 것이다. 혈관의 혈액으로 중탄산염을 분비하면서 염소이온(Cl⁻)을 받아 들이고 벽세포의 막에 존재하는 H⁺/K⁺ ATPase 펌프는 칼륨 이온(K⁺)을 벽세포 안으로 운반하고 수소이온을 밖으로 운반하여 위내강으로 염산을 분비한다. 염소이온과 중탄산염의 교환은 혈액내에 중성을 유지하도록 하며 완충효과를 가져와 급격한 산 농도의 변화를 방지한다[4].

고농도의 염산은 강산성을 나타내며 섭취된 단백질은 변성되어 소화되기가 쉽다. 주세포에서 분비된 펩

시노겐은 강산성에서 펩티드 부분이 잘리고 활성화된 펩신으로 바뀐다. 완전히 활성화된 펩신은 섭취한 다른 단백질의 펩티드 결합을 가수분해할 수 있어서 협동적 작용으로 많은 단백질들은 부분적으로 분해된다. 그러나 강산성과 펩신의 단백질분해 작용은 위 내벽을 손상시켜 위궤양 등이 발생할 수 있다. 방어작용으로 점액세포는 위 상피 표면에 부착하는 중탄산염을 포함하는 겔 상태의 점액(mucus)을 분비한다. 그 결과 상피표면의 pH는 보통 거의 중성이다. 또한 점액층은 펩신이 상피세포에 빨리 확산되지 못하도록 속도를 늦추어 펩신으로부터 위내층을 보호한다. (그림 1)

탄수화물은 위의 윗부분인 위체부에서 계속 소화되고 단백질은 펩신에 의해 위의 아랫부분인 유문동에서 부분적인 소화가 시작된다. 그러나, 탄수화물과 지방은 대부분 소장에서 소화되고 흡수된다. 알코올과 아스피린은 지질 용해성이기 때문에 위벽을 통해 흡수된다[7].

2.3 소장의 구조와 분비효소

1) 소장세포와 구조

복강내에 꼬여 있는 형태로 존재하는 소장(작은창자, small intestine)은 십이지장(duodenum), 공장(jejunum), 회장(ileum)으로 나뉜다. 소장은 흡수 표면적이 위 내부의 면적보다 크기 때문에 흡수 속도가 더 빠르다. 내부의 흡수 표면은 원형의 주름을 이루고 있고, 원형주름을 더 자세히 관찰하면 손가락 모양으로 돌출된 융모(villi)가 형성되어 표면적이 10배 이상 증가하며 상피세포로 덮여 있다. 이 상피세포에는 표면에 융모 형태의 미세융모(microvilli)를 갖고 있는데, 이는 솔가지처럼 생긴 형태를 만들어내며 흡수 표면적을 20배 정도 증가시킨다. 융모에는 점액세포가 있어 점액을 분비하며 상피흡수세포에 의해 흡수된 대부분의 영양분은 융모 내의 모세혈관을 통해 수송되고, 나머지 흡수된 지방은 림프관을 통해 흡수되어 이동한다 [2].

2) 창자 효소

미세용모는 이당류, 다당류 및 기타 기질들을 분해하는 소화효소를 상피세포의 세포막에 노출된 상태로 갖고 있어 솔가장자리 효소(쇄자연 효소, brush border enzyme)라고 말한다. (표 1) 사람이 소화할 수 있는 음식물의 탄수화물 형태는 글리코겐과 녹말 형태이다. 소화 흡수되기 전에 다당류의 형태로 되어야 하기 때문에 포도당중합체인 탄수화물을 분해 할 수 있는 효소가 필요하다. 아밀라아제(amylase)는 포도당 중합체를 분해하여 짧은 포도당과 이당류를 만든다. 이당류는 다시 이당류분해효소(disaccharidase)에 의해 분해된다. 탄수화물, 지질, 아미노산, 칼슘과 철은 십이지장과 공장(jejenum)에서 주로 흡수된다[8].

아미노산이 연결되어 있는 단백질은 효소에 의해 잘라진 펩티드 형태로 흡수된다. 펩티다아제는 아미노펩티다아제와 엔테로키나아제(enterokinase)로 구별된다. 아미노펩티다아제인 엔도펩티다아제(endopeptidase)는 아미노산을 연결하고 있는 펩티드 결합을 절단한다. 위에서 분비되는 펩신(pepsin), 췌장에서 분비되는 키모트립신(chymotrypsin), 트립신(trypsin)이 있다. 아미노펩티다아제인 엑소펩티다아제(exopeptidase)는 펩티드 말단으로부터 하나씩 결합을 자르는 효소이다. 췌장에서 분비되는 카르복시펩티다아제(carboxypeptidase)가 있으며 아미노펩티다아제(aminopeptidase)는 소화에 미치는 영향은 적다[1].

우유에 존재하는 유당(lactose)을 소화하는 능력은 락타아제(lactase)라는 솔가장자리 효소가 담당하지만 대부분의 성인에게 결핍되어 있다[9]. 포스파타아제(phosphatase)는 칼슘이온이 필요하며, 유기분자에 부착되어 있는 인산기(phosphate)를 제거하는데 필요하다. 췌장에서 분비된 리파아제에 의해 지방은 완전하게 소화된다.

2.4 대장의 구조와 기능

대부분의 소화는 소장에서 일어나며 대장은 소장에서 넘어온 미즙에서 수분, 전해질, 비타민 B 복합체와 비타민 K등을 흡수한다. 셀룰로오스 같은 소화되지 않은 음식물들과 담즙물질 그리고 약간의 수분들이 괄약근 작용에 의해 직장과 항문을 통해 노폐물을 대변의 형태로 내보낸다. 대장의 점막은 분산된 림프구와 림프절을 갖고 있어서 병원균에 대한 신속한 면역작용을 할 수 있도록 되어 있다.

소장에서는 세균들이 자라기에는 음식물의 이동 속도가 빠르며 구강, 위와 소장에서는 항균물질이 분비되지만 대장에서는 분비되지 않는다. 완전하게 파괴되지 않은 세균들은 다량의 비타민 K와 엽산을 생산한다. 사람의 대장은 세균에게 풍부한 영양소와 호기성 조건을 제공하며, 세균은 혐기성 호흡을 통해 소화가 되지 않는 분자들을 발효시키며 병원성 미생물들을 파괴시키는 항균물질을 분비하고 장운동성을 증가시켜 공생관계를 유지한다. 또한, 분해되지 않는 셀룰로오스를 이용하여 대사와 생장을 한다[10].

대장은 소화효소를 분비하지 않으며 분비물의 대부분은 알칼리성 점액질로 구성되어 있어서 대장점막을 보호하고 대변의 용이한 통과를 제공하며, 중탄산염은 세균이 발효하며 만들어내는 산을 중화시키는 완충 역할을 한다.

2.5 간, 쓸개, 이자의 분비

1) 간과 쓸개의 구조와 분비

간은 횡경막 아래에 위치하며 장내에서 흡수된 영양분들과 약물들은 모세혈관을 통해 혈액을 타고 순환계로 직접 들어가는 대신에 우선 간으로 전달된다. 간(liver)은 간세포(hepatocyte)로 구성되고 간세포사이에는 굴모양의 혈관(동양혈관, sinusoid)을 구성하고 있다.

간은 특정물질을 혈액에서 제거하거나 공급하여 화학적 조성을 조절하는 대사기관의 역할을 한다. 담즙(쓸개즙, bile)은 간세포에 의해 생산되고 십이지장으로

로 방출되기 전에 간 아래에 있는 담낭(쓸개, gallbladder)속에 저장되고 농축되어 있다가 담관을 통해 소장의 내장으로 들어간다[2].

담즙은 비효소(non-enzyme)용액으로 담즙염(bile salt), 빌리루빈(bilirubin), 담즙색소(bile pigment), 담즙산(쓸개즙산, bile acid), 인지질(레시틴), 무기이온 등으로 구성되어 있는 황록색의 액체이다. 담즙염은 지방을 용해하여 세정작용을 통해 소화한다. 비수용성인 지방이 수용성인 미셀(bile salt micelle)을 형성하게 하여 지방의 흡수를 쉽게 한다. (그림 2) 빌리루빈은 혈액의 헤모글로빈의 분해 산물로 물에 잘 녹지 않지만 간에서는 글루쿠론산(glucuronic acid)와 결합시켜 물에 잘 녹고 담즙으로 분비될 수 있다. 담즙산은 극성기(polar group)를 갖고 있는 콜레스테롤 유도체로 주로 콜산(cholic acid)과 케노디옥시콜산(chenodeoxycholic acid)으로 구성되어 있으며, 글리신(glycine)이나 타우린(taurine)과 결합하여 담즙염(bile salt)을 형성하여 지방 소화에 사용된다.

2) 이자

이자(췌장, pancreas)는 십이지장을 사이에 두고 담낭의 맞은편에 위치해 있는 긴 분비기관이다. 인슐린(insulin)과 글루카곤(glucagon)을 분비하여 혈중 포도당 농도를 조절하는 내분비 기능을 가지고 있다. 또한, 이자액을 이자관을 통해 십이지장으로 분비하는 외분비 기능도 한다[11].

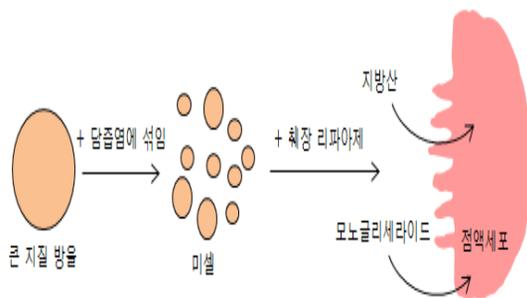


그림 2. 소장에서 지방의 흡수
Fig 2. Absorption of lipid by small intestine

이자액(췌장액, pancreatic juice)은 물과 결합된 중탄산나트륨(NaHCO_3)이 풍부한 알칼리성 용액과 다양한 소화효소를 포함한다. 단백질 분해효소는 트립시노겐, 키모트립신 그리고 프로카르복시펩티다아제는 불활성화 상태로 십이지장으로 분비되어 활성화 형태로 된다. 침의 아밀라아제와 같이 이자액의 아밀라아제는 활성화 형태로 분비되어 탄수화물의 다당류를 단당류로 분해한다. 이자의 리파아제는 지방의 트리글리세리드를 소화하기 위해 소화기에서 유일하게 활성화형으로 분비되어 지방을 모노글리세리드나 지방산으로 가수분해 한다[12].

III. 설계된 소화분비계 네트워크의 해석

사람이 사용할 수 있는 음식물의 에너지는 탄수화물, 지방 및 단백질의 효율적인 소화와 흡수에 의해 결정된다. 대사산물과 의약품의 효과적인 소화와 흡수를 결정하는 요인들을 분석하는 방법은 식품과 의약품의 전달을 용이하게 하는 배경이 될 수 있다. 입, 식도, 위, 소장, 대장으로 이어지는 소화시스템의 일률적인 네트워크 분석은 정확한 인체내 실험이 불가능하기 때문에 실험실에서 가능한 네트워크를 구성하고 분석해야 한다.

다음은 각 소화기관에서 만들어진 분비액의 조성을 요약하였다.

- (1) 침 : 전해질들 (Na, K, Ca, Chloride, Mg, HCO_3^- , 인산염)과 단백질, 알파-아밀라아제, 리소자임, 극소량의 알부민, 면역글로불린, 항균 물질들, 점막 당단백질들
- (2) 식도 : 당단백질(뮤신, mucin)
- (3) 위 : 펩시노겐, 염산, 히스타민, 하이드록시트립타민, 세로토닌, 가스트린, 소마토스타틴, 리파아제, 중탄산염을 포함하는 점액
- (4) 소장 : 이자액(아밀라제, 트립신, 키모트립신, 카

르복시펩티다아제, 엘라스타아제, 리파아제), 중탄산염을 포함하는 점액, 미세용모에 부착된 효소(말타아제, 수크라아제, 락타아제, 아미노펩티다아제, 포스파타아제), 담즙(담즙염, 빌리루빈, 담즙색소, 담즙산(콜산, 케노디옥시콜산), 글리신, 타우린, 인지질, 무기이온 실험실에서 모든 분비액에 대한 조성을 만들기 위하여 분비된 효소가 활동하기 위한 적정 pH를 조성하여야 한다. (표 1)

표 1. 주요 소화효소의 특성
Table 1. Characteristics of digestive enzymes

효소	적정 pH	생성물
펩신	2	폴리펩티드
아밀라아제	7.0	맥아당, 과당류
트립신, 엘라스타아제	8.0	아미노산, 펩티드
리파아제	8.0	지방산, 모노글리세리드
말타아제	5.0~7.0	포도당
수크라아제	5.0~7.0	포도당, 과당
아미노펩티다아제	8.0	아미노산, 디펩티드, 트리펩티드

실험실에서 모든 분비액에 대한 조성을 만들기 위하여 분비된 효소가 활동하기 위해서는 적정 pH를 조성하여야 한다. (표 1) 그리고 직접적으로 소화와 관련되지 않은 조성물은 제외해야 한다. 시중에 판매되는 펩신은 대부분 적정 pH가 6~7 이므로 염산과 동시에 처리하지 않아야 한다. 완충용액은 중탄산염을 포함하고 있는 인산완충식염수(Phosphate buffered saline, PBS) 용액(pH 6~8)을 사용한다. 점액질은 대부분 완충작용과 소화물의 원활한 이동을 위한 윤활유 역할을 하므로 제외시켰다. 다음은 실험실에서 사용할 수 있는 분비액과 효소 처리에 대한 방법이다.

(1) 멸균된 50 mL 튜브에 분해하고자 하는 음식을 적정량을 넣고 인산완충식염수용액(pH 7)에 녹인 알파-아밀라아제, 리소자임을 각 0.1 mg/mL의 농도로 처리하여 37°C 온도에서 1시간 처리

(2) 0.1 M 염산(pH 2)를 실내온도에서 40분 처리

(3) 인산완충식염수용액에 녹인 트립신, 리파아제, 수크라아제, 락타아제, 아미노펩티다아제를 각 0.1 mg/mL의 농도로 처리하여 37°C 온도에서 1시간 처리

IV. 결 론

실제로 실험실에서 소화기관계를 모두 구현하는 방법은 아주 어렵다. 체내에 존재하는 정확한 이산화탄소 농도, 미량의 전해질 농도가 각 소화기관계를 통과하며 어떻게 변화하는지 연구하는 방법도 의미가 있다. 또한, 분비액을 포함하는 단백질들은 실제로 실험실에서 불안정하고 잘 분해되어 기능을 수행할 수 없으며, 상업적으로 판매되지 않거나 가격이 비싸서 원하는 실험을 수행할 수 없다. 미세용모에 부착된 효소는 정확한 활성을 가지기 위해 기존의 3차원 구조를 가져야 하기 때문에, 안정되고 정확한 구조를 가지기 위해 실험실에서 사용하는 완충용액의 선택이 중요하다. 또한, 이자액과 염산은 효소의 활성을 파괴하기 때문에 각 실험 단계에 대한 분획이 필요하다. 대부분 소화과정은 한가지 종류의 음식물만 소화되는 것이 아니고 여러 종류의 음식물과 영양분이 동시에 소화되기 때문에 모든 소화기관계의 네트워크를 총괄하고 평균화 할 수 있는 지표가 필요하다.

소화기관계에 대한 전반적인 지식은 장내 미생물의 서식 환경과 소화과정의 구현을 통한 식품 및 의약품에 대한 대사과정을 통해 발생하는 문제점과 생성되는 체내 물질의 구현을 가능하게 한다. 소화기관계에 연결된 간, 이자, 혈액순환계, 그리고 흡수된 작은 분자들이 소화와 대사에 미치는 영향에 대한 상관관계 연구는 좋은 연구방향이 될 것이다. 이러한 연구 관점은 체내가 아닌 실험실 조건에서 새로운 형태의 의약품과 식품 첨가제를 개발하는 새로운 제안이 될 수 있다.

참고문헌

감사의 글

[1] <http://digestive.niddk.nih.gov/>, National Digestive Diseases Information Clearinghouse (NDDIC), A service of the National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases (NIDDK), National Institutes of Health (NIH)

[2] Purves *et al*, "Life: The Science of Biology, 4th Edition," by Sinauer Associates. 2007

[3] A. Fasano, "Novel approaches for oral delivery of macromolecules," *J Pharm Sci*, 87(11), pp.1351-1356, 1998.

[4] <http://arbl.cvms.colostate.edu/hbooks>

[5] HM. Said, "Intestinal absorption of water-soluble vitamins in health and disease," *Biochem J*, 437(3), pp.357-372, 2011.

[6] J. Vatier, C. Célice-Pingaud, and R. Farinotti, "Interests of the 'artificial stomach' techniques to study antacid formulations: comparison with in vivo evaluation," *Fundam Clin Pharmacol*, 12(6), pp.5735-83, 1998.

[7] MD. Levitt, and DG. Levitt, "Use of a two-compartment model to assess the pharmacokinetics of human ethanol metabolism," *Alcohol Clin Exp Res*, 22(8), pp.1680-1688, 1998.

[8] AB. Thomson, J. Hasan, M. Keelan, and G. Wild, "Small bowel review: Part I," *Can J Gastroenterol*, 12(7), pp.487-504, 1998.

[9] A. Marcobal, and JL. Sonnenburg, "Human milk oligosaccharide consumption by intestinal microbiota," *Clin Microbiol Infect*, Suppl 4:12-15, 2012.

[10] H. Ashida, M. Ogawa, M. Kim, H. Mimuro, and C. Sasakawa, "Bacteria and host interactions in the gut epithelial barrier," *Nat Chem Biol*, 8(1), pp.36-45, 2011.

[11] CC. Greenberg, MJ. Jurczak, AM. Danos, and MJ. Brady, "Glycogen branches out: new perspectives on the role of glycogen metabolism in the integration of metabolic pathways." *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 291(1), pp.E1-8, 2006.

[12] B. Delgado-Coello, MA. Briones-Orta, M. Macías-Silva, and J. Mas-Oliva, "Cholesterol: recapitulation of its active role during liver regeneration," *Liver Int*, 31(9), pp.1271-1284, 2011.

본 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No.2010-0004620).

저자소개



이준원 (Junwon Lee)

2001 연세대학교 생명공학과(공학박사)
2006 전남대학교 의과대학 연구교수

2008년~ 현재 배재대학교 바이오·의생명공학과 조교수
※ 관심분야: 생리활성대사산물, 골 질병 억제 개발