

Manuscript Number: JKSRNT-23-0005

Manuscript Type: Reviews

Title: A review on the analysis and pattern characteristics of flavor chemicals in tobacco products

Running Title: A review on the analysis of flavor chemicals

Keywords: Flavor chemical, Tobacco product, Tobacco heating product, traditional tobacco product, Flavor capsule

Abstract:

Introduction : Tobacco products contain several types of additives for different purposes. In particular, flavor chemicals have been subject to much controversy due to the harmful and attractive effects of smoking.

Methods : Domestic and foreign research papers on the detection of additives and flavoring substances in tobacco products were reviewed, and papers were also reviewed on the toxicity or problems of detected flavoring chemicals.

Results : As a result of reviewing research papers, tobacco products contained hundreds of flavor chemicals, and the total concentration of flavor components contained in tobacco heating products with flavor capsules was 7 times that of traditional tobacco products. Among flavor components, the menthol content in menthol products reached about 80% of the total flavor chemicals, and even in non-menthol products, the menthol content accounted for 0.1~5.5%.

Conclusion : In conclusion, the use of flavor capsules in tobacco products should be quickly banned, and regulations on the use of flavor chemicals including menthol should be discussed.

담배 제품의 가향성분 분석 및 패턴 특성에 대한 고찰

신호상

공주대학교 환경교육과

A review on the analysis and pattern characteristics of flavor chemicals in tobacco products

Ho-Sang Shin

Professor: PhD; orcid 0000-0002-9827-5074

Department of Environmental Education, Kongju National University, Kongju 32588,

Republic of Korea

Corresponding author. Tel.: +82 41 850 8811; Fax: +82 41 850 8998

E-mail address: hshin@kongju.ac.kr (H.S. Shin)

초록단어 수 = 157

본문 단어 수 = 2958

담배 제품의 가향성분 분석 및 패턴 특성에 대한 고찰

신호상

공주대학교 환경교육과

A review on the analysis and pattern characteristics of flavor chemicals in tobacco products

Ho-Sang Shin

Department of Environmental Education, Kongju National University, Kongju 32588,
Republic of Korea

Corresponding author. Tel.: +82 41 850 8811; Fax: +82 41 850 8998

E-mail address: hshin@kongju.ac.kr (H.S. Shin)

Introduction

Tobacco products contain several types of additives for different purposes. In particular, flavor chemicals have been subject to much controversy due to the harmful and attractive effects of smoking.

Methods

Domestic and foreign research papers on the detection of additives and flavoring substances in tobacco products were reviewed, and papers were also reviewed on the toxicity or problems of detected flavoring chemicals.

Results

As a result of reviewing research papers, tobacco products contained hundreds of

flavor chemicals, and the total concentration of flavor components contained in heated tobacco products with flavor capsules was 7 times that of traditional tobacco products. Among flavor components, the menthol content in menthol products reached about 80% of the total flavor chemicals, and even in non-menthol products, the menthol content accounted for 0.1~5.5%.

Conclusion

In conclusion, the use of flavor capsules in tobacco products should be quickly banned, and regulations on the use of flavor chemicals including menthol should be discussed.

Keywords: Flavor chemicals; Tobacco products; Heated tobacco products; Traditional tobacco products; Flavor capsule

서론

담배 제품에는 다양한 목적을 위한 여러 종류의 첨가제가 포함되어 있다. 특히 가향성분의 첨가는 담배 유해성 및 유인 효과로 인해 많은 논란이 되어 왔다. 특히 최근 새로운 유형의 담배 제품이 개발되어 다양한 형태로 소비자를 유인하고 있다. 주요 담배 제품에는 전통적인 가연성인 궐련, 가열 담배 (heated tobacco product) 그리고 액상형 전자담배가 있다.(1,2). 또한 향 캡슐을 궐련 담배 또는 가열 담배 필터 안에 넣는 이른바 향 캡슐 담배도 인기를 끌고 있다. 흡연자가 선택한 시간에 강한 향을 발산하여 흡연자가 독특한 향을 즐길 수 있게 해주기 때문에 담배를 더욱 매력적으로 만든다.(3,4) 다양한 형태의 담배 제

품에 다양한 방법으로 가향성분을 첨가하는 행위는 국제적으로 규제가 증가하고 있는 추세이다. 본 논문에서는 담배 종류별로 어떤 가향성분이 사용되고 있는지 그리고 얼마나 사용하고 있는지를 문헌 조사를 통해 정리하고자 한다. 문헌조사는 담배 제품에서 가향성분을 분석한 모든 논문을 검색하여서 어떤 가향성분이 담배 제품 속에서 검출되는지와 정량값은 얼마인지에 초점을 맞추었고 EU 과학위원회에서 발표한 유해한 담배 첨가제 목록을 중심으로 정리하였다.

본론

1. 담배 첨가제

1994년 4월 미국의 5개 주요 담배회사는 미 보건국 (Dept. of Health and Human Services)에 오랫동안 비밀로 지켜온 599종의 담배 첨가제 목록을 최초로 공개하였다.(1) 이 목록을 토대로 담배회사가 얼마나 많은 첨가제를 사용하여 담배 소비를 늘리기 위해 노력하여 왔으며 이들 첨가제로 인해 담배의 중독성 및 담배의 유해성이 얼마나 증대 되었는지가 많은 연구를 토대로 밝혀져 왔다.

담배 첨가제는 여러 가지 목적으로 사용하지만 크게 세가지의 작용으로 구분할 수 있다. 표 1에 각종 담배 첨가제의 약리 및 화학적 작용을 요약하였다. 첫째로 체내에 니코틴의 잔류량이 높아지면 흡연자의 만족도가 높아지기 때문에 담배제조 회사는 담배 첨가

제를 사용하여 니코틴 체내 잔류량을 높이려 한다.(2-5) 담배 중독과 관련 첨가제들로 프리 니코틴 (free nicotine) 생성을 높여서 니코틴 흡수를 높이거나, 니코틴 대사를 느리게 하여 니코틴의 체내 잔류량을 높게 한다. 둘째, 담배 연기의 들이마심이 용이하게 하는 첨가제로서 상 기관지를 무디게 하여 많은 담배연기가 폐 깊숙이 도달하게 하게 하거나, 기관지 확장을 통해 담배연기의 전달을 도와주거나, 담배가 잘 연소 되도록 연소 촉진제를 넣는 방법이 이에 해당된다. 셋째, 담배가 매력적이게 하는 첨가제가 많이 있는데 이에는 페로몬 작용을 통해 성적인 유인 효과를 갖게 하거나, 담배 재의 외관을 희고 점도 있게 하여서 거부감이 없게 하거나 각종 향기와 풍미를 통해 특수한 담배 매력을 즐기도록 한다. 이런 가향성분은 담배연기의 자극을 줄여주고 독특한 향으로 매력적이고 호기심을 일으켜서 결국 흡연을 유도하며 특히 학생과 청소년의 흡연인구가 늘어나는 이유가 된다.(6-10)

담배 제조회사는 이러한 첨가제의 대부분은 식품 첨가제로 승인되었으므로 인체 건강에 안전하다고 주장할 수 있으나 이들 첨가제는 섭취 경로를 통해 체내에 들어갈 때와 다르게 연소나 열 변형으로 새로운 유해한 성분이 생성되기도 하고 첨가제 자체로도 폐에서 새로운 유해성이 발견되기도 한다. 따라서 담배 첨가제가 식품첨가물로 승인되었더라도 담배에 사용될 때에는 유해성이 입증되어야 한다.

2. 국외 담배 가향성분의 규제 현황

세계보건기구는 담배제품에 첨가되는 화학물질의 독성 및 부작용을 고려하여 담배규 제기본협약(FCTC) 제9조 및 제10조의 이행 지침을 통해 담배에 가향성분의 사용을 금지할 것을 제안하였다.(11)

유럽연합은 담배 제품 지침 (2014/40/EU)을 2014년 5월 19일에 발효하였고 2016년 5월 20일에 EU 국가들에 적용하였다. 이 지침은 담배 및 액상전자담배 등 관련 제품의 제조, 제공 및 판매를 규제하는 규칙을 규정하고 여기에는 일반 담배, 자작 담배, 파이프 담배, 시가, 시가 릴로, 무연 담배, 전자담배 및 **담배에 들어가는** 허브 제품이 포함된다. 회원국은 첨가제의 우선순위 목록을 작성하고 업데이트하는 시행법을 채택하도록 규정하고 해당 우선순위 목록에 나열된 첨가제 규제에 대한 개선에 대한 보고 의무와 담배 제조업체 및 수입 업체가 우선순위 목록에 포함된 제품에 포함된 첨가제에 대한 포괄적인 연구를 수행하도록 요구하고 있다. 우선순위 목록은 첨가제가 담배의 독성, 중독성 또는 발암성, 변이원성 또는 생식 독성에 기여할 수 있다는 것과 가향의 특징을 짓고, 흡입 또는 니코틴 섭취를 촉진할 수 있다는 데이터를 기반으로 작성하도록 하여야 하고 회원국이 연구를 수행하기 위해 제조업체 및 수입 업체에게 제공되는 시간을 제한하지 않고 연구 프로토콜을 개발할 충분한 시간을 확보하기 위해 2017년 1월 1일까지 유예하여 시행되었다. 우선순위 목록에 있는 복합 또는 단일 화학물질은 carob bean, cocoa, diacetyl, fenugreek, geraniol, glycerol, guaiacol, guar gum, liquorice, maltol, menthol, propylene glycol, sorbitol, titanium dioxide이다.(12)

미국은 2009년 가족흡연예방 및 담배규제법 제정으로 담배의 니코틴 함량과 유해성분 기준 설정, 담배제조 사전승인, 경고문 표시 및 광고 규제, 담배제품에 ‘mild, light’ 등 표시 금지, 청소년의 흡연을 유도하는 가향담배 (flavored cigarettes) 판매를 금지 등 포괄적인 담배관리 제도를 시행하고 있다. 2009년 제정한 가족금연 및 담배규제법 (Family Smoking Prevention and Tobacco Control Act)을 통해 모든 담뱃갑과 담배광고에 9개의 경고 그림을 표시하기 시작했다. 이 법은 또한 미국에서 담배 관련한 법률 중 가장 강력한 법안으로 평가받고 있는데, 미국에서는 처음으로 담배규제에 관한 포괄적인 권한을 연방식품의약청(FDA)에 부여함으로써 담배를 연방기관이 규제할 수 있게 된 것이다. 이 법률에 의해 담배제조업자 및 수입업자로 하여금 보건부 장관에게 담배 성분 및 첨가제 등에 대한 구체적인 정보를 제공하도록 하는 등 담배의 수요 억제와 담배 공급 감소 조치를 포괄적으로 규제하였다. 가족 담배규제법은 담뱃잎, 담배 필터 혹은 쉘런지에 첨가제 및 가향성분 (menthol향 제외)등의 사용을 금지하고 있다. 즉 담배 성분으로나 담배연기 성분에도 딸기, 포도, 오렌지, 정향나무, 계피, 파인애플, 바닐라, 코코넛, 감초, 코코아, 초콜릿, 체리, 커피 등을 포함하여 특징적인 향이 되는 인공 혹은 천연 향 (담배, menthol향 이외의)이나 허브 혹은 향신료를 함유할 수 없다. 또한 담뱃잎의 살충제 잔여물이 연방법에서 정한 허용치를 넘을 수 없도록 규정하고 있다.(13,14)

캐나다는 담배규제에 대한 행정적 책임 조직을 캐나다 보건부 (Health Canada)에 두고 있고, 구체적인 규제 업무 수행을 위해 ‘담배규제 프로그램 (Tobacco Control

Programme, 이하 TCP)'을 운영하고 있다. 담배규제 프로그램은 담배 규제법 (Tobacco Act, 1997)에 대한 관리 및 집행에 책임이 있으며, 연방담배규제 전략(FCTS)의 목표에 부합되는 정책과 프로그램을 개발할 책임을 가지고 있다.(15) TCP의 구체적 담당부서는 캐나다 보건국의 지국 중에서 보건환경 및 소비자 안전국 (Healthy Environments and Consumer Safety Branch)의 Controlled Substances and Tobacco Directorate(CSTD)이다. 2009년 일반 껌련과 말아 피우는 담배 (RYO) 및 리틀 시가에 menthol을 제외한 사탕, 알코올, 바닐라, 과일, 허브 등 향신료 사용을 금지하였고, 2015년 캐나다 연방 정부는 가향금지 담배제품의 범위에 담뱃잎 중량을 6g 이하로 조절 하여서 기존의 중량 기준 1.4g을 의도적으로 초과하는 가향담배의 제조·판매 업계에 강력한 규제 조치를 단행하였다. 2015년 5월 노바스코샤 주를 시작으로 알버타 주, 뉴브런즈윅 주에서 menthol을 첨가한 껌련 또는 기타 담배제품을 금지하기 시작하여 캐나다 정부는 menthol과 가향성분의 규제를 확대하고 있다. FAO/WHO 공동 식품 첨가물 전문가위원회에서 향료로 확인된 첨가제를 포함하여 향미 특성이 있거나 풍미를 향상시키는 첨가제와 FEMA (Flavour and Extract Manufacturers Association) 전문가 패널에서 "GRAS 3"에서 "GRAS 24"까지의 GRAS 물질 목록 및 GRAS 물질의 후속 목록에서 일반적으로 안전한 (GRAS) 향료 물질로 확인된 대부분 첨가제가 담배제품에 사용이 금지되었고 menthol류, 카페인, 타우린, 비타민, 미네랄 영양제도 금지되었다.

호주는 거의 모든 주(州)정부에서 가향을 규제하고 있는데, 오스트레일리아수도 주,

뉴사우스웨일스 주, 사우스오스트레일리아 주, 태즈메이니아 주는 아동과 청소년을 타깃으로 하는 업계의 가향전략을 규제하기 위해 과일향이나 사탕류의 향을 함유한 껌련의 판매를 금지하고 있다. 또한 빅토리아 주정부도 2010년부터 청소년을 겨냥하는 담배제품('youth-oriented' product)에 대한 규제 정책을 시행하고 있는데, 아동과 청소년의 흡연을 조장하는 내용의 광고 및 포장뿐 아니라 과일향 및 사탕류 향이 함유된 껌련의 판매도 이에 포함하여 금지하고 있다.(16)

3. 담배 제품 중 가향성분의 함량

담배 제품 중에 첨가하는 가향성분의 종류와 함량은 담배 제조사의 비밀로 공개되지 않고 있다. 몇몇 연구자들은 비표적 분석 (non-target analysis)을 통해 담배 제품 중에서 가향성분을 분석하여 발표하였다.(3,17-19) 표 2에는 EU 과학위원회가 유해한 담배 첨가제로 분류하고 있는 것들이 담배에서 어떤 유해한 작용을 하는지를 요약하였고 여러 문헌에서 가향성분들이 담배 제품 중에서 검출된 사례를 정리하였다.(3,12,17-19) 문헌에서 정성분석과 정량분석을 모두 수행한 경우는 O표로 정성분석만 수행한 경우는 △로 표시하였고 검출이 되지 않은 가향성분은 X로 표시하였다. EU 과학위원회가 담배에서 유해하다고 분류하고 있는 가향성분의 대부분이 현재 판매 중에 있는 담배 제품에서 검출이 되고 있다.

문헌들을 좀더 자세히 살펴보면 Stanfill et al. (17)은 각각 미국 담배 브랜드에서 15종과 12종의 가향성분 관련 화합물을 분석했다. 두 연구 모두에서 anethole, myristicin, safrole,

eugenol, methyleugenol 그리고 elemicin이 검출되었다. Stanfill et al. (17)의 연구 결과에서 두 개의 무향 bidi 브랜드 중 Azad regular에는 menthol (51.0-192 µg/cig)만 포함되었고 Gold Kishen에는 검출한계 이상의 분석 물질이 포함되지 않았다. Menthol은 비 menthol 브랜드를 포함하여 가향 비디 브랜드 10개 모두에 존재하였다.

Zhang et al. (18)은 담배 제품 중에 존재하는 23종의 가향성분에 대해 보고했으며, 그 중 대부분은 에스테르 유형의 향료이었다. Zhang Y et al. (18)은 실제 담배 시료에서 hexyl 2-methylbutyrate (0.417-2.941 mg/kg), citronellylformate (0.145-0.461 mg/kg), butyl heptanoate (0.053-0.259 mg/kg), isobornyl acetate (0.017-0.076 mg/kg), citronellyl acetate (1.034-3.261 mg/kg), geranyl acetate (0.297-0.652 mg/kg), damascenone (0.063-0.877 mg/kg), α -ionone (0.014-0.093 mg/kg), caryophyllene (0.039-0.167 mg/kg), ethyl cinnamate (0.007-0.032 mg/kg), β -ionone (0.093-0.203 mg/kg), *n*-propyl cinnamate (0.007-0.036 mg/kg), ethyl laurate (0.133-0.352 mg/kg), isoeugenyl acetate (0.054-0.079 mg/kg), trans-cinnamyl butyrate (0.207-0.580 mg/kg), α -bisabolol (0.204-0.452 mg/kg), ambroxane (0.020-0.073 mg/kg), myristic acid-isopropyl ester (0.076-0.186 mg/kg), salicylic acid-benzyl ester (0.014-0.072 mg/kg), ethyl palmitate (1.264-4.518 mg/kg), methyl linolenate (7.108-20.430 mg/kg), benzyl cinnamate (0.041-1.514 mg/kg) 그리고 ethyl stearate (0.246-0.868 mg/kg)를 검출하였다.

Krüsemann et al. (19)은 가향성분 라이브러리를 개발하기 위해 담배 제품에서 186개의 가향 물질을 정성분석을 하였는데, 최종적으로 표준물질을 사용하여 확인 및 정량하지는 않았다. Krüsemann et al. (19)은 33종의 담배 제품에서 가향성분을 측정된 결과 186종의 가향성분이 표준물질 없이 정성분석을 수행하였다. 이 중 144개는 상업적으로 이용 가능한 제품에만 존재하였다. 향미 첨가제는 단일 향미 화합물 또는 여러 향미 화합물의 혼합물로 구성되며 향미 화합물의 다양한 조합으로 인해 특정 맛이나 향이 발생할 수 있다고 설명하였다.

Lim et al. (3)은 담배 제품 53종 (꺾련 10 종, 가열담배 21 종, 캡슐형 가열담배 8 종, 캡슐형 꺾련 11 종 그리고 Kentucky 대학에서 구입한 기준담배 (1R6F, CM9 그리고 3R4F)에 대해 비표적 분석을 실시하였으며, 총 283종의 화합물을 정성 확인하였으나, 이중 81종은 표준물질을 구입하기 어려워서 202종을 분석항목으로 선정하였고 추가로 향료 성분으로서 중요한 100 종을 합하여 총 302 개의 가향성분을 정량 분석하였다. 분석 결과 53종의 담배 제품에서 총 195종의 가향성분들이 검출되었으며, menthol은 가열담배 용 캡슐 8개 모두에서 1035.01~4795.36 $\mu\text{g}/\text{캡슐}$ (평균 3666.36 $\mu\text{g}/\text{캡슐}$), 꺾련 용 캡슐 11개 모두에서 2339.67~4377.78 $\mu\text{g}/\text{캡슐}$ (평균 3213.46 $\mu\text{g}/\text{캡슐}$)의 매우 높은 농도로 검출되었다. 또한 21개의 모든 가열담배에서 menthol은 4.57~3928.84 $\mu\text{g}/\text{cig}$ (평균 890.42 $\mu\text{g}/\text{cig}$)의 농도 범위와 10개의 꺾련 중 3개에서 ND~13.76 $\mu\text{g}/\text{cig}$ (평균 2.53 $\mu\text{g}/\text{cap}$)의 농도 범위에서 검출되었다. Menthol은 모든 캡슐과 대부분의 가열담배에서 매우 높은 농도로 검출되었으며

캡슐과 가열담배의 가장 중요한 성분임을 나타낸다. Limonene은 ND-2438.79 $\mu\text{g}/\text{cig}$ 범위 (평균=184.55 $\mu\text{g}/\text{cig}$; 16/53)에서 검출되었고, neophytadiene은 ND-359.52 $\mu\text{g}/\text{cig}$ 범위 (평균=108.99 $\mu\text{g}/\text{cig}$; 34/53)에서 검출되었다. Tricaprylin과 hentriacontane은 각각 ND-2020.94 $\mu\text{g}/\text{cig}$ 범위(평균=440.4 $\mu\text{g}/\text{cig}$; 19/53)와 ND~556.20 $\mu\text{g}/\text{cig}$ 범위 (평균=100.66 $\mu\text{g}/\text{cig}$; 34/53)에서 검출되었다. Limonene과 tricaprylin은 캡슐에서만 검출되었다. Propylene glycol과 vegetable glycerin은 향료를 녹여주는 매질로 활용하며 ND-1102.27 $\mu\text{g}/\text{cig}$ (평균=172.33 $\mu\text{g}/\text{cig}$; 47/50) 및 ND-351.82 $\mu\text{g}/\text{cig}$ (평균=89.07 $\mu\text{g}/\text{cig}$; 27/50) 범위에서 검출되었다. Pulegone은 담배 캡슐에서 최대 24.69 $\mu\text{g}/\text{cig}$ 의 농도에서 검출되었다 (평균 2.11 $\mu\text{g}/\text{cig}$, 53개 샘플 중 21개). 설치류에 경구투여 시 간암, 폐 변질 생성 (pulmonary metaplasia)을 일으키는 발암물질로 IARC에서는 발암 가능성이 있는 물질 (Group 2B)로 분류하였다.(20) 규정(EC) 1334/2008에 따르면 무알코올 음료에서 pulegone의 기준은 20 mg/kg이다.(20) Menthofuran은 최대 54.51 $\mu\text{g}/\text{cig}$ (53개 샘플 중 7개 샘플에서 평균 3.80 $\mu\text{g}/\text{cig}$)의 농도에서 검출되었다. Menthofuran은 pulegone과 유사하게 간독성을 나타내며 pulegone 대사 중에 형성될 수 있다.(21) Menthofuran은 알코올성 음료의 경우 200 mg/kg의 기준이 있다.(20) Pulegone과 menthofuran은 담배 제품에서 검출되는 농도 범위가 식품에 대한 EU 규정보다 낮지만, 담배 제품에서 이들의 건강 위해성은 호흡기를 통해 지속적으로 인체에 노출되기 때문에 식품에서보다는 심각하게 고려되어야 한다. Pyridine은 담배에서 낮은 농도 (53개 샘플 중 23개 샘플에서 평균 0.11 $\mu\text{g}/\text{cig}$ 및

ND-0.48 µg/cig 검출 범위)로 검출되었지만 캡슐에서는 검출되지 않았다. IARC에 의해 발암 가능성이 있는 물질 그룹 2B로 분류된다.(20) 담배 제품 중에서 검출된 양은 담배 원료에서 자연적으로 발생할 수 있는 농도이다. 측정 가능한 수준의 benzyl alcohol (<LOD-154.68 µg/cig), geraniol (<LOD-41.96 µg/cig), eugenol (<LOD-0.47 µg/cig) 및 linalool (<LOD-67.25 µg/cig)이 캡슐에서만 검출이 되었다. 이러한 방향성분은 심한 눈 자극 또는 피부 자극을 유발하며 (3), eugenol은 흡연자가 배출물의 자극을 감소시키는 진통 효과를 갖고있다.(22) γ-Octanolacton과 γ-decalactone은 ND-31.37과 ND-232.24 µg/cig의 농도 범위로 검출되었으며 흡연자의 니코틴 대사를 늦추어 혈중 니코틴 농도를 높이는 역할을 한다.(23) Ethyl vanillin(<LOD-168.62 µg/cig)과 vanillin (<LOD-310.42 µg/cig)은 니코틴과 상호작용하여 니코틴 효과를 높이는 역할을 하며, benzaldehyde와 linalyl acetate는 기관지에서 진통 효과가 있다[28]. 담배 배출물의 자극을 무디게 함으로써 흡입하는 배출물의 양이 늘어난다. 이러한 화학물질이 고농도로 인체에 노출되면 피부나 호흡기를 자극하고 폐를 손상시키는 것으로 여겨진다.(24) 기준담배를 제외한 모든 담배와 캡슐에는 매우 낮은 농도의 menthyl acetata와 diacetyl을 함유하고 있다. 이들 성분은 천연 원료이거나 제조 과정에서 생산될 수 있다. EU의 우선 순위 규제 목록 중에 diacetyl, geraniol, glycerol, guaiacol, menthol과 propylene glycol이 이 연구에서 검출된 항목들이다.(25)

4. 담배 제품별 방향성분의 비교

Lim et al. (3)은 담배 제품 53종 (꺠련 10 종, 가열담배 21 종, 캡슐형 가열담배 8 종, 캡슐형 꺠련 11 종 그리고 기준담배 3종)에 대해 가향성분의 양을 비교하였다. 전통 꺠련과 가열담배에서 검출된 가향성분의 양은 기준담배 (첨가제를 최소로 넣은 담배)에서 검출된 것보다 각각 2.0배와 3.9배 더 높았다. 따라서 가열담배는 전통 꺠련에 사용되는 가향성분의 약 2배 정도 더 많이 사용하는 것으로 보인다. 한편, 전통 꺠련에 사용하는 가향 캡슐과 가열담배 용 가향 캡슐의 가향성분은 기준담배에 비해 각각 8.6배 및 10.3배 높다. 가열담배 용 캡슐에 사용한 가향성분은 일반 꺠련 용 가향 캡슐 보다 약 1.2배 높았다. 따라서 캡슐이 포함된 가열담배는 기준담배의 약 14배 첨가하는 것으로 드러났다.

Lim et al. (3)에 따르면 menthol 향 담배 제품에서 menthol 그룹의 화합물은 총 가향성분의 22.7-79.1%를 차지하며 비 menthol 제품이더라도 menthol의 함량은 0.1~5.5%를 차지하였다. 이러한 결과는 Stanfill et al. (17)의 연구 결과에서도 무향 bidi 브랜드 중 Azad regular에서 menthol (51.0-192 $\mu\text{g}/\text{cig}$)이 검출되어서 무향 담배제품이라도 menthol은 함유하고 있는 것으로 판단된다.

Lim et al. (3)의 연구 결과에 따르면 모든 제품의 평균 menthol 함량은 총 가향성분의 함량의 43%에 달했고, 그 다음으로 단맛과 과일향이 10%, 기타 가향성분이 9%였습니다. Menthol은 전체 담배 가향성분의 약 반을 차지하며, 특히 menthol 향 담배 제품의 menthol 함량은 전체 가향성분의 약 80%에 이른다.

결론

선행 연구 결과를 종합하여 검토한 결과 담배 제품에는 수 백 개의 가향성분을 첨가하는 것으로 밝혀졌고 특히 전통 껌련을 피울 때 발생하는 유해성분을 1/10로 감소시켰다고 주장하는 가열담배에는 더 많은 가향성분을 첨가하는 것으로 드러났다. 특히 향 캡슐에는 가향성분이 더 많이 농축되어 흡연자의 호흡기로 밀어 넣고 있어 인체 유해성 및 니코틴 중독성이 가장 심각할 것으로 판단이 된다.

담배제품에서 가향성분을 분석한 결과 가향 담배 제품에서 menthol 함량이 전체 가향성분의 약 80%에 이르고 비 menthol 제품이라도 menthol의 함량은 0.1~5.5%를 차지하여서 가향성분 중 가장 중요한 성분임을 알 수 있었다. 그밖에 유해한 성분들이 고의든 천연함유이든 상당한 농도로 검출이 되어서 유해성 논란이 될 것으로 보인다.

결론적으로 담배제품에는 특히 신종 담배일수록 더 많은 가향성분이 첨가되고 있으며 향 캡슐에는 극히 우려할 수 있는 농도로 농축되어 있어서 향 캡슐의 사용은 신속히 금지하여야 하고 menthol을 포함한 가향성분의 사용에 대해 규제를 적극적으로 검토하여야 한다.

감사의 글

본 연구는 2020년도 식품의약품안전처의 연구개발비 (19182MFDS462)로

수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

1. Cigarette additive list [no longer available at following URL; the 1994 list can be found at http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_additives_in_cigarettes]. (Accessed 04 August 2023)
2. Smith MR, Clark B, Lüdicke F, Schaller JP, Vanscheeuwijck P, Hoeng J, Peitsch MC. Evaluation of the tobacco heating system 2.2. Part 1: description of the system and the scientific assessment program. *Regul Toxicol Pharmacol* 2016; 81: S17-S26.
3. Lim HH, Choi KY, Shin HS. Qualitative and quantitative comparison of flavor chemicals in tobacco heating products, traditional tobacco products and flavoring capsules. *J Pharma Biomed Anal* 2021; 207: 114397
4. Klausner K. Menthol cigarettes and smoking initiation: a tobacco industry perspective. *Tob Control* 2011; 20 (S2): ii12-ii19.
5. Anderson SJ. Marketing of menthol cigarettes and consumer perceptions: a review of tobacco industry documents. *Tob Control* 2011; 20 (S2): ii20-ii28.
6. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Tobacco Additives Information for Professionals, 2012 https://www.rivm.nl/sites/default/files/2018-11/004254%20Tabaksadditieven%20profs%20Brochure_v3.2.pdf. (Accessed 20 July 2023).

7. European Union (EU), Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR), Additives used in tobacco products, 2016
https://ec.europa.eu/health/sites/default/files/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_o_051.pdf. (Accessed 20 July 2023).
8. World Health Organization (WHO), Fact sheet on ingredients in tobacco products, The MPOWER package, 2014
http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/152661/WHO_NMH_PND_15.2_eng.pdf. (Accessed 20 July 2023).
9. Rabinoff M, Caskey N, Rissling A, Park C. Pharmacological and chemical effects of cigarette additives. *Am J Public Health* 2007; 97(11): 1981-1991.
10. Lim HH, Choi KY, Shin HS. Flavor components in tobacco capsules identified through non-targeted quantitative analysis. *J Mass Spectrom* 2022; 57: e4811.
11. WHO/FCTC, Partial guidelines for implementation of Articles 9 and 10, Regulation of the contents of tobacco products and regulation of tobacco product disclosures, 2012
https://www.who.int/fctc/treaty_instruments/guidelines_articles_9_10_2017_english.pdf/. (Accessed 20 July 2023).
12. European Parliament, Question for written answer E-003332-18, Tobacco products directive and the planned ban on menthol cigarettes, Last updated 5 July 2018
http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-8-2018-003332_EN.html. (Accessed 20 July 2023).

13. FDA, Section 907 of the Federal Food, Drug, and Cosmetic Act - Tobacco Product Standards, <https://www.fda.gov/tobacco-products/rules-regulations-and-guidance/section-907-federal-food-drug-and-cosmetic-act-tobacco-product-standards>. (Accessed 20 July 2023).
14. FDA, FDA Commits to Evidence-Based Actions Aimed at Saving Lives and Preventing Future Generations of Smokers, 2021 <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-commits-evidence-based-actions-aimed-saving-lives-and-preventing-future-generations-smokers>. (Accessed 20 July 2023).
15. Government of Canada, Tobacco and Vaping Products Act, <https://laws.justice.gc.ca/PDF/T-11.5.pdf>. (Accessed 20 July 2023).
16. Australia, Legislation by country, Tobacco control laws, <https://www.tobaccocontrollaws.org/legislation/country/australia/summary>. (Accessed 20 July 2023).
17. Stanfill SB, Brown CR, Yan X, Watson CH, Ashley DL. Quantification of flavor-related compounds in the unburned contents of bidi and clove cigarettes. *J Agric Food Chem* 2006; 54(22): 8580-8588.
18. Zhang Y, Wang X, Li L, Li W, Zhang F, Du T, Chu X. Simultaneous determination of 23 flavor additives in tobacco products using gas chromatography-triple quadrupole mass spectrometry. *J Chromatogr A* 2013; 1306: 72- 79.
19. Krüsemann EJZ, Visser WF, Cremers JWJM, Pennings JLA, Talhout R. Identification of flavour additives in tobacco products to develop a flavor library. *Tob Control* 2018; 27: 105-111.

20. International Agency for Research on Cancer (IARC), Agents Classified by the IARC Monographs, Last updated 2 Nov 2018 <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/09/ClassificationsAlphaOrder.pdf>. (Accessed 20 July 2023).
21. European Commission, Health & Consumer protection directorate-general, Opinion of the Scientific Committee on Food on pulegone and menthofuran, 2002.
22. World Health Organization (WHO), Fact sheet on ingredients in tobacco products, The MPOWER package, 2014 http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/152661/WHO_NMH_PND_15.2_eng.pdf. (Accessed 20 July 2023).
23. Rabinoff M, Caskey N, Rissling A, Park C. Pharmacological and chemical effects of cigarette additives. *Am J Public Health* 2007; 97 (11): 1981-1991.
24. Kaur G, Muthumalage T, Rahman I. Mechanisms of toxicity and biomarkers of flavoring and flavor enhancing chemicals in emerging tobacco and non-tobacco products. *Toxicol Lett* 2018; 288: 143-155.
25. Official Journal of the European Union, Regulation (EC) No 1334/2008 of the European Parliament and of the Council, 2008 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A32008R1334>. (Accessed 20 July 2023).

Table 1. Possible pharmacological and chemical effects of tobacco additives.

Group	Tobacco additive	Pharmacological and chemical effects	
Addictiveness	Ammonium bicarbonate	Additives that increase the addictiveness of nicotine by increasing the production of free nicotine	
	Ammonium carbonate		
	Ammonium chloride		
	Ammonium hydroxide		
	Ammonium sulfide		
	Diammonium phosphate		
	Urea		
	gamma-Heptalactone		An additive that increases the addictiveness of nicotine by increasing the nicotine concentration in the body by lowering the nicotine metabolism rate
	gamma-Valerolactone		
	gamma-Decalactone		
	delta-Decalactone		
	gamma-Dodecalactone		
	delta-Undecalactone		
	gamma-Hexalactone		
Menthol	Additives that blunt the upper respiratory tract or give an analgesic effect so that a lot of tobacco exhaust easily reaches the lungs		
Levulinic acid			
Methyl salicylate			
Salicy-acetaldehyde			
Benzaldehyde			
Benzoic acid			
Benzyl alcohol			
Cinnamaldehyde			
Guaiacol			
Linalyl acetate			
Facilitating inhalation		Theobromine in Cocoa	Additives that allow most of the tobacco exhaust to reach the lungs by dilating the bronchi
		Caffeine	
		Calcium Carbonate	
		Magnesium Carbonate	
	Sodium Acetate		
	Sodium Carbonate	Additives that act as combustion accelerators to improve the ignition propensity and make it easier to smoke	
	Sodium Bicarbonate		
	Sodium Chloride		
	Sodium Citrate		
	Ammonium Bicarbonate		
Ammonium Phosphate Dibasic			
Isovaleric acid	Additives that act as pheromones and induce smoking to make it attractive		
Sodium carbonate	Additives that improve ash appearance by whitening and increasing viscosity, and enhance smokers' addiction by improving smoke delivery		
Sodium bicarbonate			
Sodium Chloride			
Sodium Citrate			
Attractiveness	Most flavoring ingredients including menthol	Additives that make certain cigarettes attractive by masking the unpleasant smell of cigarette smoke and imparting a pleasant aroma and taste Most of them are carcinogenic, mutagenic and have various toxicities.	

Table 2. List of fragrance ingredients classified as harmful substances for smoking by the EU Scientific Committee and detection results in literatures.

Compound	CAS number	Human health effects	Detection result*				
			Lim et al. (2)	Lim et al. (9)	Stanfill et al. (16)	Zhang et al. (17)	Krüseemann et al. (18)
Acetanisole	100-06-1	Moderate skin irritant,	X	X	X	X	X
Aliphatic lactons in general		Very low acute oral toxicity	O	O	X	X	Δ
γ-Valerolactone	108-29-2	May increase the addictive effect of nicotine	X	X	X	X	X
γ-Hexalactone	695-06-7	May increase the addictive effect of nicotine	X	X	X	X	X
γ-Heptalactone	105-21-5	May increase the addictive effect of nicotine	X	X	X	X	X
γ-Octalactone	104-50-7	May increase the addictive effect of nicotine	O	X	X	X	Δ
γ-Nonalactone	104-61-0	May increase the addictive effect of nicotine	O	O	X	X	X
γ-Decalactone	706-14-9	May increase the addictive effect of nicotine	O	O	X	X	Δ
γ-Undecalactone	104-67-6	May increase the addictive effect of nicotine	O	O	X	X	Δ
γ-Dodecalactone	2305-05-7	May increase the addictive effect of nicotine	O	O	X	X	X
Benzaldehyde	100-52-7	Irritant to skin, eyes and airways, may cause contact dermatitis. CNS depression in low doses, feeble local anaesthetic, classified as a hazardous substance by the U.S. EPA	X	O	X	X	Δ
Benzoic acid and sodium benzoate	65-85-0 532-32-1	Mild skin irritant, mild irritant to the eyes and mucus membranes	O	X	X	X	Δ
Benzyl alcohol	100-51-6	Local anaesthetic, irritant to eyes, nose and throat, skin sensitiser, may cause drowsiness, dizziness, fragrance allergen, considered harmful by inhalation	O	O	X	X	X
β-Damascone	23726-92-3 35044-68-9 23726-91-2	Carbon monoxide and unidentified organic compounds may be products formed during combustion	O	O	X	O	X
Diacetyl	431-03-8	Diacetyl exposure may lead to lung disease after inhalation	O	X	X	X	X
2-Furfural	98-01-1	2-furfural showed a cocarcinogenic effect with benzo[a]pyrene, present in cigarette smoke.	X	X	X	X	Δ
Geraniol	106-24-1	Irritant, geranial and geraniol oxidation products (i.e. geranial, epoxygeraniol, epoxy-geranial) are sensitisers	O	O	X	X	X
Glycerol	56-81-5	Acrolein is a toxic pyrolysis product of glycerol, which is highly reactive and causes irritation in the respiratory tract.	O	O	X	X	Δ
Guaiacol	90-05-1	Severe eye irritant, as skin irritant and it is also reported to be a respiratory tract irritant The only genotoxicity test on mammalian cells gave positive	O	X	X	X	Δ

Linalool	78-70-6	results Classified as skin sensitiser Local anaesthetic can favour the smoke inhalation	O	O	X	X	Δ
Maltol	118-71-8	Possible effect on the CNS has to be clarified Genotoxicity concern could not be ruled out	X	X	X	X	X
Menthol	2216-51-5 15356-70-4 89-78-1 1490-04-6	Local anaesthetic, facilitates inhalation, enhance nicotine bioavailability, possibly affects addictiveness due to higher nicotine uptake	O	O	O	X	Δ
Phenylacetic acid	103-82-2	A potential respiratory irritant, Irritant, sensitiser, possible CNS effect	O	X	X	X	X
Piperonal	120-57-0	Might elevate mood and wellbeing, some studies indicating that piperonal has psycho-active effects	O	O	X	X	Δ
Propylene glycol	57-55-6	Humectant, reduces the harshness of cigarette smoke, facilitates inhalation	O	O	X	X	Δ
Sorbitol	50-70-4	Humectant, reduces the harshness of cigarette smoke, facilitates inhalation	X	X	X	X	X
Vanillin	121-33-5	Thermal decomposition or burning may release carbon monoxide or other hazardous gases, acrid smoke and irritating fumes	O	O	X	X	Δ
Sorbic acid	110-44-1	May pyrolyze to form aromatic ring materials including benzene, toluene, substituted benzenes, naphthalene, and substituted naphthalene	X	X	X	X	X
Citric acid	77-92-9	Causes mild irritation to respiratory tract, skin and eyes	O	X	X	X	X
Acetic acid	64-19-7	Causes mild irritation to respiratory tract, skin and eyes	O	O	X	X	X
4-Butyric acid	107-92-6	Causes mild irritation to respiratory tract, skin and eyes	O	O	X	X	Δ
Lactic acid	50-21-5 79-33-4	Causes mild irritation to respiratory tract, skin and eyes	X	X	X	X	Δ
2-Methyl butyric acid	598-82-3 116-53-0	Causes mild irritation to respiratory tract, skin and eyes	X	X	X	X	Δ

O= Qualitative and quantitative analysis performed; Δ= Qualitative analysis performed by library searching; X=Not detected