[Research Paper]

에틸 알코올을 포함한 손소독제 위험성 평가 및 분류에 관한 연구

김주석

소방청 국립소방연구원 화재안전연구실 공업연구사

Hazard Assessment and Classification of Hand Sanitizers including Ethyl Alcohol

Joo-Seok Kim

Junior Research Official, Fire Safety Research Division, National Fire Research Institute of Korea

(Received October 21, 2020; Revised November 5, 2020; Accepted November 6, 2020)

요 약

코로나 바이러스 감염증(COVID-19) 증가로 개인위생과 감염병 예방을 위한 손소독제의 사용이 증가하고 있다. 대부분의 손소독제는 에틸 알코올이 다량으로 함유되어 있다. 위험물로 의심되는 손소독제 14종의 위험성을 분석해본 결과 7종의 손소독제가 에틸알코올의 함량이 60 wt% 이상 함유, 인화점이 22.0 °C 이하로 측정되었다. 위험물안전관리법은 에틸 알코올의 함량, 인화점 및 연소점으로 위험물 여부를 분류한다. 그러나 국제기준에서는 인화점, 초기 끓는점 및 연소지속성으로 위험물 여부를 분류한다. 에틸알코올 수용액을 UN GHS (화학물질에 대한 분류·표시 국제조화 시스템)과 UN RTDG (유엔 위험물운송권고안)으로 분류한 결과, 표지기준에서는 모두 인화성액체로 분류, UN RTDG (유엔 위험물운송권고안)은 연소지속성 실험결과에 따라 40 wt% 에틸 알코올수용액부터 인화성액체로 분류되었다. 60 wt% 에틸 알코올 수용액의 인화점은 22 °C, 연소점은 33 °C로 확인되었다

ABSTRACT

The use of hand sanitizers for personal hygiene and the prevention of infectious diseases is increasing due to coronavirus (COVID-19) infections. Most hand sanitizers contain a significant amount of ethyl alcohol. This study analyzed 14 types of hand sanitizers suspected of being dangerous and showed that seven of them contained more than 60 wt% of ethyl alcohol and had a flash point of 22.0 °C or less. The Hazardous Substances Safety Control Act classifies hazardous substances by the content, flashpoint, and fire point of ethyl alcohol. However, international standards classify hazardous substances by the ignition point, initial boiling point, and combustion persistence. Both the United Nation Global Harmonized System of Classification and Labelling Chemical (UN GHS) and United Nation Recommendation on the Transport Dangerous Goods (UN TRDG) classify hand sanitizers as flammable liquids. In addition, the UN RTDG classifies 40 wt% ethyl alcohol receptors as flammable liquids, according to sustained combustibility experiments. Meanwhile, the 60 wt% ethyl alcohol solution is found to have a flash point of 22 °C and a fire point of 33 °C for combustion.

Keywords : Ethyl alcohol, Flash point, Fire point, Hand sanitizer, Hazardous material

1. 서 론

최근 코로나 바이러스 감염증(COVID-19)로 인해 개인위생의 중요성과 감염예방을 위한 살균·소독의 중요성이 강조되고 있다. 이로 인한 개인 위생용품의 사용이 증가하고 있다. 현재 에틸 알코올이 함유된 손소독제의 사용량이 증

가하고 있다. 2020년 현재 식품의약품안전처에 의약외품으로 허가(신고)된 손소독제는 218건으로 전년대비 174건이 급격하게 증가되었다. 2020년 4월 29일 국제청 발표에 의하면 1분기 손소독제 제조용 에틸 알코올의 국내공급량은 14만 7810드럼으로 지난해 같은 기간보다 98배 증가하였다. 1분기 공급량은 500 ml 손소독제를 9,000만 병을 생산

할 수 있는 양으로 추정된다.

손소독제에 포함된 에틸 알코올은 인화점이 낮아 외부의 점화원에 의해서 쉽게 착화될 수 있는 물질로 위험물안전관리법에서 제4류 위험물 알코올류로 관리되고 있다. 본 연구에서는 에틸 알코올수용액의 인화 및 연소 위험성과 시중에서 시판되는 손소독제의 에틸 알코올 함량과 인화 위험성을 확인하고자 한다. 실험에 사용된 손소독제는 2020년 6월 경기도 00 소방서 소방안전특별점검단에서 소방특별조사 과정에서 적발된 제품으로 위험물안전관리법 위반여부를 확인하기 위해서 시험 의뢰된 손소독제 14종의 인화 및 연소 위험성과 에틸 알코올 함량을 분석, 위험물안전관리법상 위험물 여부와 국제 기준(UN GHS, UN RTDG)에 분류 기준에 따른 위험물 여부를 분석하였다⁽¹⁻³⁾.

2. 실험대상 및 측정방법

2.1 실험대상

실험에 사용된 손 소독제는 시판품으로 위험물 여부를 판단하기 위해서 의뢰된 시료 14종, 에틸 알코올의 함량에 따른 비교시험을 위한 Ethyl alcohol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ M = 46.07 g·mol⁻¹, CAS Number: 64-17-5, ≥ 99.7%과 Water (H_2O M = 18.02 g·mol⁻¹, CAS Number: 7732-18-5, HPLC grade)는 Sigma 사의 시판품을 사용하여 구매하여 실험을 하였다.

2.2 인화점 측정

인화점의 대표적인 측정방법은 밀폐식과 개방식으로 구분된다. 밀폐식도 여러 가지 측정방법이 있다. 일반적으로 가장 많이 사용하는 방법은 태그밀폐식 인화점측정기(KS M 2010)과 신속평형법 인화점측정기(KS M ISO 3679)이 있다. 위험물안전관리법상 동점도가 10 cSt 이상일 경우 신속평형법 인화점측정기로 인화점을 측정해한다. 그러나 UN RTDG (유엔 위험물운송권고안) Test of Criteria는 인화성액체를 분류할 때 측정방식과 상관없이 밀폐식으로 측정된 결과를 인화점으로 인정하고 있다. 따라서 에틸 알코올 수용액의 인화점을 밀폐방식에 따른 차이를 확인하고자 신속평형법 인화점측정기로 측정하였다. 에틸 알코올 수용액은 무게 기준으로 소수점 둘째 자리까지 측정되는 저울을 사용하여 수용액을 제조하여 인화점을 측정하였다⁽⁴⁻⁶⁾.

2.3 연소점 측정

국제기준에서는 인화성액체의 위험성을 밀폐방식의 인화점을 기준으로 분류하고 있다. UN RTDG (유엔 위험물운송권고안) Test of Criteria에서는 60.0 °C 이하, UN GHS (화학물질에 대한 분류·표시 국제조화 시스템)는 93.0 °C 이하의 액체를 인화성액체로 분류하고 있다. 위험물안전관리법의 알코올류는 가연연성액체량이 60 wt% 미만이고 인화점 및 연소점이 에틸알코올 60 wt% 수용액의 인화점 및 연소점을 초과하는 것은 알코올류에서 제외한다고 규정하

다. 따라서 연소점은 알코올류 여부를 판정할 때 중요한 실험 항목이다. 위험물안전관리법상 에틸 알코올 수용액의 연소점은 태그개방식 연소점시험기(ASTM D1310)로 측정해야하나 시험방법에 따른 연소점 차이를 확인을 위해 현재 가장 많이 사용되는 클리브랜드개방컵 인화점시험기(KS M ISO 2592)를 사용하여 에틸알코올 수용액의 연소점을 비교 하였다⁽⁷⁻⁹⁾.

2.4 연소지속성 측정

연소 지속성(Sustained combustibility)은 규정된 시험 조건에서 물질의 증기가 외부 점화원에 의해서 발화, 발화 후 점화원이 제거된 뒤 15 s 이상 계속 연소할 수 있도록 충분한 인화성 증기가 생성되는 물질의 거동 확인하는 액체의 지속되는 연소성시험방법(KS M ISO 9038)이다. 규격에 제시된 내용에 의하면, 인화점에 따라 “인화성”으로 분류할 수 있는 액체 제품(또는 물질)이 규정된 온도에서 연소 지속 능력을 결정하는 방법으로 합격 또는 불합격으로 판정한다. 연소가 지속되지 않는 경우 합격, 연소가 지속되는 경우 불합격으로 판정한다. 지속연소가 되지 않는 제품(또는 물질)은 안전하다(합격). 지속연소되는 제품(또는 물질)은 안전하지 않다(불합격)는 의미로 제품(또는 물질)의 위험성을 확인하는 시험이다. 위험한 물질의 운반에 관한 유엔의 권장 사항, 화학물질 분류표시 국제표준체계, 유럽 공동체 법규에는 60.5 °C와 75.0 °C가 시험에 규정되어 있다. 에틸 알코올 수용액의 인화점은 연소지속성 측정 온도보다 낮아서 규정온도(60.5 °C, 75.0 °C)에서 측정시 모두 불합격으로 측정될 것이다. 시료의 측정온도에 따른 연소지속을 확인하기 위해서 측정온도를 30 °C부터 60 °C까지 10 °C 단위로 온도를 상승시켜 연소지속성을 측정, 연소지속성을 비교하였다⁽¹⁰⁾.

3. 결과 및 고찰

3.1 손소독제의 위험성 분석

2020년 코로나 바이러스 감염증(COVID-19) 유행으로 인한 바이러스 감염예방을 위해 손소독제의 에틸 알코올 농도에 대해서 국제보건기구인 WHO는 에틸 알코올 80% (v/v) 혹은 이소프로필알코올 75%(v/v)을 권장, 미국질병관리센터 소독가이드라인에서는 에틸 알코올 70%(v/v)을 권장하고 있다. 국내의 식품의약품안전처는 손소독제를 의약외품으로 분류하여 에틸 알코올의 함량이 중량 또는 부피 퍼센트로 54.7~70%를 함유하도록 규정하고 있다. 손소독제의 형태는 액상 또는 겔의 형태로 에틸 알코올, 정제수 및 기능성 첨가제로 이루어져 있다. 대부분 손소독제의 성분에 대한 정확한 표시가 없다. 에틸 알코올 함량이 부피인지 중량인지 표기되어있지 않는 제품이 대부분이다. 일부제품의 경우에는 에틸 알코올 함량을 표기하지 않고 있다. 따라서 에틸 알코올이 함유된 손소독제의 경우 위험물 여부를

Table 1. Measurement Result of the Physical Hazard Properties of Hand Sanitizers

Sample	Form	Flash point (°C)	Fire point (°C)	Domestic hazardous material test act	Ethyl alcohol (wt%)
Hand sanitizer A	Liquid	25.5	34.0	Non-hazardous material	56.2
Hand sanitizer B	Liquid	27.5	37.0	Non-hazardous material	48.0
Hand sanitizer C	Liquid	25.0	34.0	Non-hazardous material	44.8
Hand sanitizer D	Liquid	25.0	34.0	Non-hazardous material	45.6
Hand sanitizer E	Liquid	25.0	34.0	Non-hazardous material	50.0
Hand sanitizer F	Liquid	25.0	34.5	Non-hazardous material	48.0
Hand sanitizer G	Gel	21.5	32.0	Hazardous material	68.4
Hand sanitizer H	Gel	21.5	32.0	Hazardous material	68.2
Hand sanitizer I	Gel	21.5	32.0	Hazardous material	68.2
Hand sanitizer J	Gel	21.5	32.0	Hazardous material	68.2
Hand sanitizer K	Gel	20.5	32.0	Hazardous material	68.0
Hand sanitizer L	Gel	21.5	33.5	Hazardous material	62.0
Hand sanitizer M	Gel	21.5	32.0	Hazardous material	68.4
Hand sanitizer N	Gel	24.5	36.0	Hazardous material	56.2

Table 2. Measurement Result of the Sustained Combustibility of Hand Sanitizers

Sample	Exposure temperature (30 °C)	Exposure temperature (40 °C)	Exposure temperature (50 °C)	Exposure temperature (60.5 °C)
Hand sanitizer A	Non-pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass
Hand sanitizer B	Non-pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass
Hand sanitizer C	Non-pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass
Hand sanitizer D	Non-pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass
Hand sanitizer E	Non-pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass
Hand sanitizer F	Non-pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass
Hand sanitizer G	Non-pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass
Hand sanitizer H	Non-pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass
Hand sanitizer I	Non-pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass
Hand sanitizer J	Non-pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass
Hand sanitizer K	Non-pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass
Hand sanitizer L	Non-pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass
Hand sanitizer M	Non-pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass
Hand sanitizer N	Non-pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass

분석하려면, 인화점, 연소점, 에틸 알코올 함량을 종합적으로 분석해야 한다. 가연성액체량인 에틸 알코올의 함량이 60 wt% 미만의 경우 60 wt% 에틸 알코올 수용액의 인화점과 연소점을 기준으로 분석을 해야 한다.

시판되고 있는 손제정제에 사용되는 에틸 알코올의 순도는 95%로 대한민국약전에 규정되어 있다. 시판되고 있는 62%, 70%의 손소독제의 에틸 알코올 함량을 부피로 가정, 중량 기준으로 에틸 알코올의 이론적인 함유량은 58.9%, 66.5%이다. 단순히 에틸 알코올의 함량으로 비교해보면 에틸 알코올 함량이 60 wt% 이하의 손소독제는 위험물에서 제외될 수 있으나, 일부제품의 경우 인화점과 연소점이 60 wt%의 에틸 알코올 수용액의 인화점과 연소점 보다 낮게 나올 가능성이 존재하므로 실제 에틸 알코올의 함량과 인화점과 연소점을 고려해서 위험물 여부를 판단할 것이다.

의뢰된 14종의 인화점, 연소점, 에틸 알코올의 함량을 분석해본 결과 액상과 겔상의 손소독제의 에틸 알코올이 동일함에도 인화점과 연소점은 차이가 발생하였다. 인화점은 겔타입이 낮게 나왔고, 연소점은 액상이 낮게 나왔다. 이는 형태에 따라 물질 내의 온도 상승속도가 달라지는 것으로 판단된다(Table 1).

위험물로 의심되는 손소독제 14종을 위험물안전관리법상의 시험방법에 따라 인화점, 연소점 및 알코올함량을 분석한 결과 7종은 위험물로 판정되었고 나머지 7종은 비위험물로 판정되었다. 비위험물로 판정된 액상 형태의 손소독제 5종은 의약외품의 제조기준의 에틸 알코올 함량을 만족하지 못하였다. 에틸 알코올함량이 68.2 wt% 함유된 손소독제는 외산제품으로 제품 외부에 70% 에틸 알코올이 함유되었다고 표기되어 있었다. 68.4 wt%의 에틸 알코올이 함유된 손

Table 3. Classification of Flammable Liquids According to Physical Hazard Analysis Results of Hand Sanitizer

Sample	Classification of hazardous material act in Korea	UN GHS (Flammable liquids)	UN RTDG (Flammable liquids)
Hand sanitizer A	Non-hazardous material	Catergory 3	III
Hand sanitizer B	Non-hazardous material	Catergory 3	III
Hand sanitizer C	Non-hazardous material	Catergory 3	III
Hand sanitizer D	Non-hazardous material	Catergory 3	III
Hand sanitizer E	Non-hazardous material	Catergory 3	III
Hand sanitizer F	Non-hazardous material	Catergory 3	III
Hand sanitizer G	Hazardous material	Catergory 2	II
Hand sanitizer H	Hazardous material	Catergory 2	II
Hand sanitizer I	Hazardous material	Catergory 2	II
Hand sanitizer J	Hazardous material	Catergory 2	II
Hand sanitizer K	Hazardous material	Catergory 2	II
Hand sanitizer L	Hazardous material	Catergory 2	II
Hand sanitizer M	Hazardous material	Catergory 2	II
Hand sanitizer N	Non-hazardous material	Catergory 3	III

소독제는 국산제품으로 외산제품의 대체품으로 현재 많이 사용되고 있는 제품이다. 56.2 wt%의 에틸 알코올이 함유된 손소독제는 제품 외부에 62%라고 표지된 제품이다(Table 2).

손소독제의 착화 위험성을 확인하고자 연소지속성을 측정해보았다. 30 °C에서 규정온도인 60 °C까지 10 °C 단위로 측정한 결과 모두 불합격으로 판정되어 연소 위험성이 있는 물질로 확인되었다.

손소독제의 위험성 측정 결과를 UN GHS (화학물질에 대한 분류·표시 국제조화 시스템) 및 UN RTDG (유엔 위험물운송권고안)으로 분류한 결과, 에틸 알코올 함량에 상관없이 모두 인화성액체로 분류되었다. 위험물안전관리법상 위험물로 분류된 손소독제는 표지기준에서 구분2, 운송기준 2등급, 비위험물로 분류된 손소독제는 구분3, 3등급으로 분류되었다. 따라서 국제기준인 UN GHS (화학물질에 대한 분류·표시 국제조화 시스템)와 UN RTDG (유엔 위험물운송권고안)에서 손소독제는 인화성액체 위험물로 분류되므로 안전하게 관리할 필요가 있다(Table 3).

3.2 에틸 알코올을 함유한 손소독제의 위험물법령 개선

위험물안전관리법 제20조제1항의 중요기준과 세부기준에 따른 운반용기를 사용하여 운반하거나 저장(진열 및 판매를 포함)하는 경우는 제외 규정에 따르면 「약사법에 따른 의약품(알코올류에 해당하는 것은 제외) 중 수용성인 인화성액체를 50 vol% 이하로 포함하고 있는 것」라는 규정이 있다. 의약품제조기준(식품의약품안전처 고시)에 외용소독제의 제조기준에 따르면 수용성 인화성 액체인 에틸 알코올의 최저함량이 54.7%로 규정하고 있으므로 이 조항은 삭제하거나 인화성액체의 60 wt% 이하로 포함하고 있는 것을 제외한다는 내용으로 법령을 수정해야 의약품에 사용되는 수용성인 인화성액체는 대부분 에틸 알코올로 위험물안전관리법상의 알코올류 분류기준과 부합하게 관리해

야 하므로 기존 위험물안전관리법 시행령의 인화성액체 운반저장 제외규정을 수정해야 한다.

3.3 에틸 알코올 수용액의 인화점

위험물안전관리법상 알코올류의 분류기준이 되는 에틸 알코올 수용액의 농도별 인화점을 확인하고자 99.7% 이상의 시약급의 Ethyl alcohol과 HPLC급의 Water를 이용하여 에틸 알코올 수용액을 제조하였다. 에틸 알코올수용액의 혼합제조과정에서 무게측정시 소수점 둘째 자리 맞추어 수용액을 제조하였다.

신속평형식과 태그밀폐식 인화점 측정기를 사용하여 인화점을 측정 하였다. 측정된 온도는 1기압으로 환산하여 결과값을 표시하였다. 에틸 알코올 함량 50 wt%까지의 인화점은 동일한 결과값은 확인하였고, 40% 이하의 수용액의 인화점은 차이를 보인다. 이는 수분의 증가로 인한 시료 내의 온도 상승속도의 변화로 인한 인화점 차이로 추정된다. 태그밀폐식은 비평형식으로 일정한 온도 상승과정에서 인화점을 측정하는 방식이므로 인화성 물질인 에틸 알코올의 감소에 따른 인화점 변화가 발생한 것으로 판단된다. 에틸 알코올 60 wt%의 인화점은 약 22.0 °C로 확인되었고, 에틸 알코올 함량이 60 wt%에서 멀어질수록 인화점 차이가 벌어지는 것으로 확인된다.

국제기준에 따라서 밀폐식 인화점시험기로 측정할 경우 시험방법 또는 시험장비별 온도 차인이 크게 발생하지 않으므로, 밀폐식 인화점을 측정할 때 특정 시험방식을 규정하지 않더라도 시험결과는 유사한 것으로 판단된다(Figure 1, Tables 4, 5).

위험물안전관리법령에서는 인화점 80 °C 이상의 인화점인 물질은 클리브랜드 개방식으로 인화점을 재측정하여 제4류 위험물 제3석유류 또는 제4석유류로 구분한다. 에틸 알코올수용액이 개방된 상태에서의 위험성을 확인하고자

Figure 1. A comparison of measurement results of tag closed and rapid equilibrium flash points.

Figure 2. A comparison of measurement results of tag closed and cleveland open flash points.

Table 4. Measurement Result of the Flash Points (Closed) of Ethyl Alcohol (99.7%)-Water Mixture (°C)

Ethyl alcohol (wt%)	Tag	Rapid equilibrium	Ethyl alcohol (wt%)	Tag	Rapid equilibrium
10	46.0	48.0	60	22.0	22.0
20	36.0	35.0	70	21.0	21.0
30	30.0	29.0	80	19.0	19.0
40	27.0	26.0	90	17.0	17.0
50	24.0	24.0	100	12.0	12.0

Table 5. Measurement Result of the Tag Closed and Cleveland Open Flash Points of Ethyl Alcohol-Water Mixture (°C)

Ethyl alcohol (wt%)	Tag (closed)	Cleveland (open)	Ethyl alcohol (wt%)	Tag (closed)	Cleveland (open)
10	46.0	60.0	60	22.0	30.0
20	36.0	50.0	70	21.0	28.0
30	30.0	42.0	80	19.0	25.0
40	27.0	38.0	90	17.0	23.0
50	24.0	34.0	100	12.0	20.0

클리브랜드개방식 인화점시험기로 인화점을 측정하였다. 에틸 알코올의 경우 밀폐식과 개방식의 인화점 차이가 약 8.0 °C로 확인되었다. 에틸 알코올의 함량이 감소함에 따라 밀폐식 인화점과 개방식 인화점의 차이는 증가하는 추세를 보인다. 에틸 알코올의 함량의 감소에 따른 밀폐식과 개방식 인화점 경향은 Figure 2와 같이 비슷하게 상승하였다.

3.4 에틸 알코올 수용액의 연소점

위험물안전관리법상 알코올혼합물은 에틸 알코올 60 wt% 수용액의 인화점 및 연소점을 초과하는 경우 위험물로 분류하고 있다. 따라서 알코올류를 분류할 때, 연소점은 아주 중요한 물성이라고 할 수 있다. 연소점은 외부의 점화원에 의해서 연소가 5 s 이상 지속되는 최저온도라고 정의하고 있다. 일부 문헌에서는 인화점보다 10 °C 높다 라고 정의하고 있다. 그러나 실제로 연소점은 물질의 구성성분의 증발력 또는 인화성에 따라 달라진다.

에틸 알코올 수용액의 농도별 연소점을 태그개방식과 클리브랜드개방식 인화점시험기로 측정해 하였다. 60 wt% 에틸 알코올수용액의 연소점이 33 °C, 34 °C로 가장 작은 차이를 보였다. 60 wt% 에틸 알코올 수용액 기준으로 에틸 알코올 함량이 증가하는 구간에서는 클리브랜드개방식이 인화점이 낮게 나왔고, 농도가 감소하는 구간에서는 클리브랜드 개방식이 높게 나왔다. 두 방식의 큰 차이는 시료 컵의 형태와 가열방법이다. 클리브랜드개방식의 경우 바닥면 가열, 태그개방식은 시료 컵 전체를 가열하는 방식이다. 시료 컵 형태와 가열방법에 의해 연소점의 차이가 발생하는 것으로 추정된다. 위험물안전관리법상 태그개방식으로 측정한 인화점이라고 명시하였기 때문에 태그개방식으로 측정한 연소점 33.0 °C가 기준온도가 될 것이다(Figure 3, Table 6).

3.5 에틸 알코올 수용액의 연소지속성

연소지속성은 인화점과는 달리 지속적인 연소여부를 확

인하는 시험방법으로, 불꽃이 15 s 간 노출, 제거된 후 15 s 이상 연소가 유지되어야 한다. 연소지속성 시험은 가연성 액체량을 확인하는 시험이다. 에틸 알코올 수용액의 인화점은 연소지속성 측정 규정 온도 보다 낮아서 불꽃 노출 시 착화될 가능성이 높으므로 규정온도를 30 °C부터 10 °C 단위로 온도를 상승시켜 연소지속성을 측정하였다

30 °C에서는 에틸 알코올수용액의 인화점의 영향으로 60 wt% 이상에서 연소가 지속되는 것을 확인 하였다. 40 °C 이상부터 60 °C까지에서는 에틸 알코올 함량 40 wt% 이상

Figure 3. A comparison of measurement results of tag closed and cleveland open fire points.

에서 연소가 지속되었다. 에틸 알코올수용액에 가연성액체인 에틸 알코올이 40 wt% 이상 함유해야 연소가 지속되는 것으로 확인된다. 연소지속성은 인화점과 액상이 함유하고 있는 가연성 액체량이 영향을 미치는 것으로 추정된다.

기존의 위험물안전관리법에서 제2, 3, 4 석유류의 위험물 여부를 판정할 때 함유된 가연성액체량의 기준이 40% 이상으로 규정되어 물질의 특성에 따라 휘발분법, 증류법, 성분분석법등을 활용하여 가연성액체량을 측정한다. 따라서 여러 가지 방법으로 가연성액체량을 측정하는 것보다 물질의 특성에 상관없이 연소지속성으로 위험성 평가를 해야 할 것으로 판단된다(Table 7).

3.6 에틸 알코올 수용액의 국제기준의 적용

에틸 알코올 수용액을 화학물질의 국제적인 분류를 통해서 위험성을 분류해보았다. 화학물질에 대한 표시는 UN GHS (화학물질에 대한 분류·표시 국제조화 시스템)에 따라 분류, 운송에 관련된 분류는 UN RTDG (유엔 위험물운송권고안)로 물질을 분류한다.UN GHS (화학물질에 대한 분류·표시 국제조화 시스템)에서 인화성액체는 인화점(밀폐식)과 초기 끓는점으로 분류한다. UN RTDG (유엔 위험물운송권고안)의 인화성액체는 연소지속성 항목이 추가된다. UN GHS (화학물질에 대한 분류·표시 국제조화 시스템)는 제품의 외부포장에 위험성을 표시하는 기준이고, UN RTDG (유엔 위험물운송권고안)는 위험성에 따른 포장그룹으로 분류하고 있다.

에틸 알코올수용액의 초기끓는점은 화학물질의 끓는점

Table 6. Measurement Result of the Tag Closed and Cleveland Open Fire Points of Ethyl Alcohol-Water Mixture (°C)

Ethyl alcohol (wt%)	Tag (closed)	Cleveland (open)	Ethyl alcohol (wt%)	Tag (open)	Cleveland (open)
10	74.0	76.0	60	33.0	34.0
20	52.0	60.0	70	32.0	27.0
30	44.0	54.0	80	31.0	26.0
40	37.0	42.0	90	28.0	24.0
50	34.0	36.0	100	25.0	20.0

Table 7. Measurement Result of the Sustained Combustibility of Ethyl Alcohol-Water Mixture

Ethyl alcohol (wt%)	Exposure temperature (30 °C)	Exposure temperature (40 °C)	Exposure temperature (50 °C)	Exposure temperature (60.5 °C)
10	Pass	Pass	Pass	Pass
20	Pass	Pass	Pass	Pass
30	Pass	Pass	Pass	Pass
40	Pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass
50	Pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass
60	Non-pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass
70	Non-pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass
80	Non-pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass
90	Non-pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass
100	Non-pass	Non-pass	Non-pass	Non-pass

Table 8. Measurement Result of the Initial Boiling Points of Ethyl Alcohol-Water Mixture

Ethyl alcohol (wt%)	Initial boiling point (°C)	Ethyl alcohol (wt%)	Initial boiling point (°C)
10	92.7	60	80.9
20	87.7	70	79.7
30	85.2	80	78.6
40	82.7	90	77.9
50	81.6	100	77.7

Table 9. Classification of GHS Flammable Liquids According to Physical Hazard Analysis Results of Ethyl Alcohol-Water Mixture

Ethyl alcohol (wt%)	Flammable liquids	GHS criteria
10	Category 3	Flash point ≥ 23 °C and ≤ 60 °C
20	Category 3	Flash point ≥ 23 °C and ≤ 60 °C
30	Category 3	Flash point ≥ 23 °C and ≤ 60 °C
40	Category 3	Flash point ≥ 23 °C and ≤ 60 °C
50	Category 3	Flash point ≥ 23 °C and ≤ 60 °C
60	Category 2	Flash point < 23 °C and Initial boiling point > 35 °C
70	Category 2	Flash point < 23 °C and Initial boiling point > 35 °C
80	Category 2	Flash point < 23 °C and Initial boiling point > 35 °C
90	Category 2	Flash point < 23 °C and Initial boiling point > 35 °C
100	Category 2	Flash point < 23 °C and Initial boiling point > 35 °C

Table 10. Classification of UN RTDG Flammable Liquids According to Physical Hazard Analysis Results of Ethyl Alcohol-Water Mixture

Ethyl alcohol (wt%)	Packing group	TDG criteria		
		Flash point	Initial boiling point	Sustained combustibility test
10	-	≥ 23 °C and ≤ 60 °C	-	Pass
20	-	≥ 23 °C and ≤ 60 °C	-	Pass
30	-	≥ 23 °C and ≤ 60 °C	-	Pass
40	III	≥ 23 °C and ≤ 60 °C	-	Non-pass
50	III	≥ 23 °C and ≤ 60 °C	-	Non-pass
60	II	< 23 °C	> 35 °C	Non-pass
70	II	< 23 °C	> 35 °C	Non-pass
80	II	< 23 °C	> 35 °C	Non-pass
90	II	< 23 °C	> 35 °C	Non-pass
100	II	< 23 °C	> 35 °C	Non-pass

의 측정방법에 대한 지침(KS M 1071-2)⁽¹¹⁾에 따라 측정했고, 증류식이 아닌 광학식으로 측정하였다. 에틸 알코올의 문헌상 끓는점보다 조금 낮게 측정되었다. UN GHS (화학물질에 대한 분류·표시 국제조화 시스템)의 인화성액체로 에틸 알코올수용액을 분류한 결과 50% 수용액까지 구분3 (Category 3), 60% 수용액부터는 구분2 (Category 2)로 분류된다(Tables 8, 9).

UN RTDG (유엔 위험물운송권고안)로 에틸 알코올수용액을 분류한 결과 40 wt%부터 위험물질로 구분되고 있다 (Table 10). 위험물안전관리법에서 도료류 그 밖의 물질은

가연성액체량이 40 wt% 이상일 때 위험물로 분류하고 있다. 그러나 위험물안전관리법에서는 에틸 알코올수용액의 경우 에틸 알코올의 함량이 60 wt% 미만일 경우 위험물로 분류하지 않고 있다(Table 10).

3.7 에틸 알코올 수용액 분류개선

에틸 알코올 수용액의 에틸 알코올 함량에 따라 Table 11과 같이 분류해보았다. 위험물안전관리법에서는 60 wt% 이하는 비위험물로 분류, UN GHS (화학물질에 대한 분류·표시 국제조화 시스템)은 단순히 인화점과 초기끓는점

Table 11. Classification of Ethyl Alcohol-Water Mixture Hazard Assessment by Test Method

Ethyl alcohol (wt%)	Classification of hazardous substance act in Korea	UN GHS criteria	UN TDG criteria
10	Non-hazardous substance	Category 3	-
20	Non-hazardous substance	Category 3	-
30	Non-hazardous substance	Category 3	-
40	Non-hazardous substance	Category 3	III
50	Non-hazardous substance	Category 3	III
60	Hazardous substance	Category 2	II
70	Hazardous substance	Category 2	II
80	Hazardous substance	Category 2	II
90	Hazardous substance	Category 2	II
100	Hazardous substance	Category 2	II

을 기준으로 모두 인화성액체로 분류, UN RTDG (유엔 위험물운송권고안)에서는 물질이 함유하고 있는 가연성액체의 연소지속성을 확인, 40 wt%부터 인화성액체로 분류하였다. 위험물안전관리법상 60 wt% 에틸 알코올 수용액의 인화점과 연소점을 측정이 쉽지 않다. 수용액 제조 시 에틸 알코올의 순도 혼합비율의 정확성, 표준시료로써의 저장 안정성이 필요하므로 위험물을 분석하는 기관의 분석결과가 동일해야 하므로 표준화된 인화점과 연소점을 제시하기가 쉽지 않다. 인화성액체의 가연성액체량은 외부전화원에 의해서 착화되어 연소하는 가장 중요한 요인이므로 에틸 알코올을 함유한 물질의 위험물 여부를 분석할 때, 연소점보다 연소지속성을 측정하여 위험성 평가 위험물로 분류하는 것이 안전한 측면에서 타당할 것으로 판단된다(Table 11).

4. 결 론

본 연구는 에틸 알코올이 함유된 손소독제의 위험성을 알아보고자 에틸 알코올 수용액의 비율에 따른 인화점, 연소점을 분석하여, 위험물안전관리법상의 알코올류로 분류되는 에틸 알코올의 제외규정에 필요한 실험적인 수치를 확인, 손소독제의 위험물 여부를 분석하고자 하였다.

1) 위험물안전관리법상 알코올류에서 가연성액체량이 60 wt% 이하일 때, 60 wt% 에틸 알코올의 수용액의 인화점과 연소점을 초과하는 경우 알코올류에서 제외한다고 규정하고 있다. 60 wt%의 에틸 알코올수용액의 인화점은 22 °C, 연소점은 33 °C로 확인되었다. 이 결과값은 절대적인 수치가 아니라 상대적인 수치로 위험성을 분류할 때 절대적인 수치는 아니다.

2) 에틸 알코올 수용액의 제조과정에서 계기오차, 개인 오차와 같은 계통오차가 발생할 수 있으므로 기준이 되는 60 wt% 에틸 알코올의 인화점이 연소점이 달라질 수 있을 것이다. 시판되는 에틸 알코올시약은 99.7%와 95%의 에틸 알코올이 판매되고 있으므로, 에틸 알코올의 순도에 따라서 60 wt% 에틸 알코올수용액의 인화점과 연소점의 차이

가 발생할 수 있다.

3) 에틸 알코올수용액의 인화점은 시험방법에 따라 큰 차이를 보이지 않으나 연소점은 시험방법에 따라 차이가 발생할 수 있고, 불꽃의 정확한 감지가 필요하나, 현재 위험물 안전관리법에서 제시한 태그개방식은 대부분 수동식 장비로 연소점 측정에 오차가 발생하므로 연소점 대신 연소지속성여부를 적용하여 위험성 평가가 필요하다.

4) 손소독제는 의약품으로 에틸 알코올의 함량이 54.7. ~70%로 위험물안전관리법상 알코올류로 분류하려면 가연성액체량, 인화점 및 연소점을 측정하여 위험물 여부를 판단해야 한다. 연구원에 의뢰된 손소독제 14종의 에틸 알코올함량, 인화점 및 연소점을 분석해본 결과 14종 중 7종은 비위험물로 분류되었다.

5) 위험물안전관리법상의 비위험물로 분류된 손소독제의 위험성을 국제기준인 UN GH S (화학물질에 대한 분류·표시 국제조화 시스템)와 UN RTDG (유엔 위험물운송권고안)로 다시 분류해 본결과 14종 모두 인화성액체로 분류되었다. 손소독제는 에틸 알코올의 함량에 따라 국내법상 위험물 또는 비위험물로 분류된다. 손소독제의 안전한 관리를 위해서 함량 기준이 아닌 인화점, 연소지속성등 물질의 화재 위험성에 따른 위험물 분류가 필요할 것이다

기존의 법령의 의약품 또는 생활화학제품의 수용액인 인화성액체의 함유량의 수치를 기존의 알코올류 기준으로 개선할 필요가 있고, 에틸 알코올이 포함된 혼합물의 연소지속성을 평가도입, 에틸 알코올이 들어간 손소독제의 안전관리를 강화할 필요가 있다.

References

1. United Nations, "Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS)", Seventh Revised Edition (2017).
2. United Nations, "Recommendations on the TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS, Manual of Tests and Criteria",

- Sixth Revised Edition (2015).
3. Ministry of the Interior and Safety, National Fire Agency
“Act On The Safety Control Of Hazardous Substances”
(2020).
 4. I. C. Hwang and S. J. In, “Measurement of Flash Point for Binary Mixtures of Toluene, Methylcyclohexane, *n*-heptane and Ethylbenzene at 101.3 kPa”, Fire Science and Engineering, Vol. 31, No. 3, pp. 19-24 (2017).
 5. KS M 2010, “Testing Methods for Flash Point of Crude Oil and Petroleum Products - Determination of Flash Point - Tag Closed Cup Method”, Korean Agency for Technology and Standards: KSA (2018).
 6. KS M ISO 3679, “Paints, Varnishes, Petroleum and Related Products - Determination of Flash No-flash and Flash Point - Rapid Equilibrium Closed Cup Method”, Korean Agency for Technology and Standards: KSA (2018).
 7. ASTM D1310-14, “Standard Test Method for Flash Point and Fire Point of Liquids by Tag Open-Cup Apparatus”, American Society for Testing and Materials: ASTM (2014).
 8. KS M ISO 2592, “Determination of Flash and Fire Points - Cleveland Open Cup Method”, Korean Agency for Technology and Standards: KSA (2018).
 9. D. M. Ha, “The Measurement of the Combustible Properties of tert-Butylbenzene for the Improvement of MSDS (Material Safety Data Sheet)”, Fire Science and Engineering, Vol. 31, No. 3, pp. 25-30 (2017).
 10. KS M ISO 9038, “Determination of Sustained Combustibility of Liquids”, Korean Agency for Technology and Standards: KSA (2018).
 11. KS M 1071-2, “Determination of Boiling Temperature for Chemical Agents”, Korean Agency for Technology and Standards: KSA (2017).