

## 담배의 유해성분 시험법(제3조 관련)

### 제 1. 총칙

#### 1. 목적

이 시험법은 판매를 목적으로 하는 담배에 대하여 검사의 대상이 되는 유해성분에 대한 시험법을 정하기 위한 것이다.

#### 2. 적용범위

「담배의 유해성 관리에 관한 법률」 제11조에 따른 담배 유해성분의 정기검사를 위한 시험법으로 한다.

#### 3. 일반원칙

여기에서 따로 규정한 것 이외에는 아래에 따른다.

##### 1) 담배 등에 대한 정의는 다음과 같다.

(1) 담배: 「담배사업법」 제2조(정의)에 따라 연초의 잎을 원료의 전부 또는 일부로 하여 피우거나, 빨거나, 증기로 흡입하거나, 씹거나, 냄새 맡기에 적합한 상태로 제조한 것을 말한다.

(가) 담배의 구분은 국민건강증진법 시행령 제27조의2(담배의 구분)를 따른다.

① 궐련(卷煙): 연초에 향료 등을 첨가하여 일정한 폭으로 썬 후 궐련 제조기를 이용하여 궐련지로 말아서 피우기 쉽게 만들어진 담배와 이와 유사한 형태의 것으로서 흡연용으로 사용될 수 있는 담배

② 전자담배: 니코틴 용액이나 연초 및 연초 고형물을 전자장치를 사용해 호흡기를 통해 체내에 흡입함으로써 흡연과 같은 효과를 낼 수 있도록 만든 담배와 이와 유사한 형태의 담배

· 액상형 전자담배: 니코틴 용액을 사용하는 전자담배

· 궐련형 전자담배: 연초 및 연초 고형물을 사용하는 전자담배

· 기타 전자담배: 기타 유형의 전자담배

(2) 전자담배 단말기: 전자담배 배출물을 흡입할 수 있도록 니코틴 용액이나 연초 고형물 등을 가열하는 전자장치

##### 2) 계량의 단위는 다음의 기호를 사용한다.

(1) 길이: m, cm, mm,  $\mu$ m, nm

(2) 용량: L, mL,  $\mu$ L

(3) 질량: kg, g, mg,  $\mu$ g, ng, pg

(4) 넓이:  $\text{cm}^2$ ,  $\text{m}^2$ ,  $\text{mm}^2$

(5) 온도:  $^{\circ}\text{C}$

##### 3) 원자량과 분자량은 최신 국제원자량표에 의하여 계산한다.

4) 질량백분율을 표시할 때에는 %의 기호를 쓰며, 용액 100 mL중의 물질 함량(g)을 표시할 때에는 w/v %로, 용액 100 mL 중의 물질함량(mL)을 표시할 때에는 v/v %의 기호를 쓴다. 질량백만분율을 표시할 때에는 mg/kg을 사용하며, mg/L도 사용할 수 있다.

5) 표준온도는  $20^{\circ}\text{C}$ , 상온은  $15\sim 25^{\circ}\text{C}$ , 실온은  $1\sim 35^{\circ}\text{C}$ , 미온은  $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ 로 한다.

6) "찬 곳(냉소)"이라 함은 따로 규정이 없는 한  $0\sim 15^{\circ}\text{C}$ 의 장소를 말한다.

7) 시험은 따로 규정이 없는 한 상온에서 실시하고 조작 후 30초 이내에 관찰한다. 다만, 온도의 영향이 있는 것에 대하여는 표준온도에서 행한다.

8) 시험에 쓰는 물은 따로 규정이 없는 한 증류수 또는 정제수로 한다.

9) 액성을 산성, 알칼리성 또는 중성으로 표시한 것은 따로 규정이 없는 한 pH미터기 또는 리트머스지를

써서 시험한다. 액성을 상세히 나타낼 때에는 pH값을 쓴다. 또한, 강산성은 pH 약 3.0 이하, 약산성은 pH 약 3.0~5.0, 미산성은 pH 약 5.0~6.5, 중성은 pH 약 6.5~7.5, 미알칼리성은 pH 약 7.5~9.0, 약알칼리성은 pH 약 9.0~11.0, 강알칼리성은 pH 약 11.0 이상을 말한다.

- 10) 혼액을 (1 : 1), (4 : 2 : 1) 등으로 나타낸 것은 액체시약의 혼합 용량비 또는 고체시약의 혼합 무게비를 말한다. 또한, 용액의 농도 (1→5), (1→10), (1→100) 등으로 나타낸 것은 고체 시약 1 g 또는 액체시약 1 mL를 용매에 녹여 전량을 각각 5 mL, 10 mL, 100 mL 등으로 하는 것을 뜻한다.
- 11) 무게를 "정밀히 단다"라 함은 달아야 할 최소단위를 고려하여 0.1 mg, 0.01 mg 또는 0.001 mg까지 다는 것을 말한다. 또 무게를 "정확히 단다"라 함은 규정된 수치의 무게를 그 자리 수까지 다는 것을 말한다.
- 12) 검체를 취하는 양에 "약"이라고 한 것은 따로 규정이 없는 한 기재량의 90~110%의 범위 내에서 취하는 것을 말한다.
- 13) 건조 혹은 강열할 때 "항량"이라고 기재한 것은 다시 계속하여 1시간 더 건조 혹은 강열할 때에 전후의 칭량차가 전회 측정된 무게의 0.1 %이하임을 말한다. 다만, 칭량차가 화학천칭을 썼을 때 0.5 mg 이하, 마이크로 화학천칭을 썼을 때 0.01 mg 이하인 경우에는 항량으로 본다.
- 14) 데시케이터의 건조제는 따로 규정이 없는 한 실리카겔로 한다.
- 15) 감압은 따로 규정이 없는 한 15 mmHg이하로 한다.
- 16) 시약, 시액, 표준용액을 보존하는 유리용기는 용해도 및 알칼리도가 매우 낮고 납 및 비소를 될 수 있는 대로 함유하지 아니하는 것을 사용한다.
- 17) 용매는 특별한 규격이 없는 한 "HPLC용"을 사용한다.
- 18) 따로 규정이 없는 한 시약, 표준품은 최순품을 사용한다.
- 19) 따로 규정이 없는 한 표준용액을 이용하여 검량선을 작성할 경우 3가지 이상의 농도로 검량선을 작성하여야 하고 시험용액 중 분석하고자 하는 농도가 검량선 내에 포함될 수 있도록 표준용액 농도를 조절하여 사용한다.
- 20) 따로 규정이 없는 한 시험용액 시험 시 반드시 공시험을 함께 한다.
- 21) 여기에서 별도로 규정이 없는 시험법에 대해서는 식품의약품안전처장이 인정한 시험방법, 국제표준화기구(International Standard Organization, ISO), 세계보건기구 담배연구네트워크(WHO TobLabNet) 등의 시험방법에 따라 시험할 수 있다. 만약, 상기 시험방법에도 없는 경우에는 다른 법령에 정해져 있는 시험방법, 국제적으로 통용되는 공인시험방법 등에 따라 시험할 수 있으며 그 시험방법을 제시하여야 한다.

## 제 2. 검체의 채취 및 취급방법

### 1. 검체채취의 의의

검체의 채취는 검사 대상(판매용으로 제조되는 담배제품)으로부터 일부의 검체를 채취하는 것을 의미하며, 검사 대상 선정, 검체채취·시험검사 등은 효율성을 확보하면서 과학적인 방법으로 수행하여야 한다. 따라서 검체를 채취하여 담배검사기관에 검사 의뢰하는 것은 중요한 의의를 가지므로 검체채취는 검체채취 및 취급방법 등에 대한 충분한 지식을 가지고 있는 자가 그 직무를 수행하여야 한다.

### 2. 용어의 정의

- 1) 검체: 검사 대상으로부터 채취된 시료를 말한다.
- 2) 검사 대상: 같은 조건에서 생산·제조·가공·포장되어 그 유형이 같은 담배제품으로 검체가 채취되는 하나의 대상을 말한다.
- 3) 공장: 제조장소 또는 해당 제품의 배송지점 또는 수입자의 창고
- 4) 판매단위: 소비자에게 판매할 수 있도록 제공되는 검체의 양  
\* 비고 : 쉐련 및 쉐련형 전자담배의 경우 일반적으로 판매되는 20개비 포장을 기준으로 사용했다.
- 5) 구입장소: 시료를 채취하는 도시, 마을 또는 지역을 말하거나 채취하려는 검체가 구입 가능한 지역의 구입지점
- 6) 검체채취 지점: 검체를 채취할 상이한 검체채취 지점(가게, 담배 전문점, 자판기, 편의점, 창고, 공장 등)을 대표하는 특정 위치
- 7) 모집단: 검체로 채취할 판매 단위의 집합체

### 3. 검체채취의 일반원칙

- 1) 검체는 검사 목적, 검사 항목 등을 참작하여 검사 대상 전체를 대표할 수 있는 최소한도의 양을 수거하여야 한다.
- 2) 검체를 채취하는 때에는 검사 대상으로부터 [표 2] 난수표를 사용하여 대표성을 가시도록 하여야 한다. 다만, 난수표를 사용할 수 없는 사유가 있을 때에는 채취자가 검사대상을 선정·채취할 수 있다.
- 3) 채취된 검체가 손상되지 않도록 주의하여야 하고, 담배제품을 포장하기 전 또는 포장된 것을 개봉하여 검체로 채취하는 경우에는 이물질의 혼입, 미생물의 오염 등이 되지 않도록 주의하여야 하며, 채취한 검체는 봉인하여야 하고 파손하지 않고는 봉인을 열 수 없도록 하여야 한다.

### 4. 검체의 채취 및 취급요령

검체채취 시에는 검사목적, 대상 담배제품의 종류와 물량, 오염 가능성, 균질 여부 등 검체의 물리·화학·생물학적 상태를 고려하여야 한다.

#### 1) 검체의 채취요령

##### (1) 포장된 검체의 채취

- (가) 상자 등에 넣어 유통되는 담배제품은 가능한 한 개봉하지 않고 그대로 채취한다.
- (나) 대형 상자에 넣은 담배제품은 검사대상 전체를 대표할 수 있는 일부를 채취할 수 있다.

##### (2) 판매지점에서의 검체채취

- (가) 채취할 판매단위 수 및 무작위로 검체채취가 되는 구매장소 수는 판매지역의 크기를 고려하여 결정할 수 있으며 쉐련의 경우 그 적절한 개수는 검체채취결정표에 따라 선정할 수 있다.

표 1. 검체채취결정표

전체 검체채취 지점 수	무작위로 검체채취되는 지점들의 수	각 검체채취 지점에서 채취할 판매단위의 수
> 20	20	2
> 10 ≤ 20	10	4
≥ 5 ≤ 10	5	8
4	4	10
3	3	14
2	2	20
1	1	40

(나) 만약 표 1에 의한 채취가 가능하지 않다면 검체채취 보고서에 그 정당한 사유를 소명하고 대체방법을 사용할 수 있다. 대체방법은 판매지역의 크기와는 상관없고 무작위로 검체채취를 하지 않으며 대표검체가 얻어진다면 만족스럽다. 대체방법을 사용할 경우 가능하면 최소 40개 이상의 판매단위가 확보되어야 한다.

※ 표 1은 800개비 쉘런검체에 적용할 수 있다. 검체당 800개비 쉘런의 선정은 검체의 균질성에 영향을 줄 수 있는 여러 가지 요소들의 조정된 결과를 얻을 수 있으며 신뢰성 있는 결과를 얻기에 충분하다. 비록 표준이 개발될 시점에 통계적인 설명은 없지만 이 정도 양의 검체는 생산 배치를 충분히 대표할 수 있고 동일 검체에 대한 다양한 분석시험을 수행하기에도 충분한 양으로 입증되었다(국제표준화기구(ISO) 8243 참고).

(다) 판매단위가 얻어질 수 있는 검체채취 지점들은 구매장소 도처에 분포되어 있어야 한다.

(라) 검체채취 지점의 선택은 가능하면 채취하는 지점에 있어서 담배제품의 소매점 분포 패턴을 반영하도록 해야 한다.

(마) 특정지점에서 2회에 걸친 검체채취 시도가 성공하지 못할 경우에만 다른 종류의 지점에서 채취해야 한다.

(3) 공장에서의 검체채취 절차

(가) 검체는 완제품으로부터 주어진 짧은 시간(일별) 이내에 채취되어야만 하며 판매를 위해 배송할 준비가 된 상태여야 한다. 모든 공장과 완제품이 보관된 저장실 및 창고는 채취 대상인 모집단에 포함되어야 한다.

(나) 모집단의 충분한 통계학적 대표성이 확보되도록 모든 공장에서 채취가 이루어지는 경우에는 담배제품이 제조되거나 수입되고 유통되는 공장들 사이에 분포하는 가능한 많은 채취 지점에서 가능한 이들 공장의 생산량에 비례하여 채취한다.

(4) 검체채취내역서의 기재

검체 채취자는 검체 채취 시 당해 검체와 함께 [표 3] 검체채취내역서를 첨부하여야 한다. 내역서는 3부를 준비하여 1부는 검체 채취자가 보관하고 다른 1부는 검체와 함께 포장하며, 나머지 1부는 업체에 제공한다.

2) 검체의 운반 요령

(1) 채취된 검체는 오염, 파손, 손상, 변형 등이 되지 않도록 주의하여 검사실로 운반하여야 한다.

(2) 검체가 장거리로 운송되거나 대중교통으로 운송되는 경우에는 손상되지 않도록 특히 주의하여 포장한다.

(3) 냉장 검체의 운반

냉장 검체는 온도를 유지하면서 운반하여야 한다. 얼음 등을 사용하여 냉장온도를 유지하는 때에는 얼음 녹은 물이 검체에 오염되지 않도록 주의하여야 하며, 드라이아이스 사용 시 검체가 냉동되지 않도록 주의하여야 한다.

5. 검체채취 기구 및 용기

1) 검체채취 기구 및 용기는 검체의 종류, 형상, 용기·포장 등이 다양하므로 검체의 수거 목적에 적절

한 기구 및 용기를 준비하여야 한다.

- 2) 「기구 및 용기·포장의 기준 및 규격」(식품의약품안전처 고시)에 적합한 것이어야 한다.
- 3) 기구 및 용기는 운반, 세척, 멸균에 편리한 것이어야 한다.
- 4) 검체와 직접 접촉하는 기구 및 용기는 검사결과에 영향을 미치지 않는 것이어야 한다.

[표 2] 난수표 및 사용방법

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	95767	26878	94971	75204	64775	52647	35672	97456	89815	16767	1
2	81934	99378	73901	46997	11173	80744	51957	50801	25785	40475	2
3	64959	10235	55441	87439	04966	96170	22582	13512	60227	81391	3
4	88488	81729	60733	84690	94315	10841	99296	47844	87998	01066	4
5	22306	61346	09026	66275	78204	11563	67457	69438	98753	23478	5
6	01436	13553	53487	19706	30740	83272	69602	99251	81599	79264	6
7	35962	90832	21604	29620	01151	81945	61894	91583	41133	83955	7
8	80319	01462	60338	69763	32812	84076	10555	88707	92309	34505	8
9	32141	01977	57874	25052	11567	35505	04797	21900	81703	11848	9
10	99197	78637	67636	35765	36871	22555	94013	15118	81620	76730	10
11	04030	88194	08580	86080	76119	62260	81248	51732	89078	21940	11
12	99835	54210	80413	82015	07459	93910	93694	41184	65698	31977	12
13	26400	63946	83204	36388	30497	24021	93962	25555	00357	93441	13
14	64363	11259	59066	92948	72291	31804	82029	15789	04683	34455	14
15	82878	87304	33618	19490	88779	38883	14481	77089	58544	22761	15
16	19485	82792	88195	31877	74902	13212	02514	47152	17292	62081	16
17	72762	47963	14380	96130	74633	21388	22096	24987	50056	26487	17
18	53747	17433	51614	97763	90426	47833	58245	14890	77303	35338	18
19	84760	29591	96142	02207	79847	89559	66803	15461	39639	23187	19
20	42365	42338	66105	03782	83727	14200	57263	85617	95577	88654	20
21	44336	05322	04540	75989	51385	52279	16661	91446	48811	25346	21
22	52930	61970	05808	22807	85460	22723	61318	23281	63426	69030	22
23	50436	54490	50650	59386	25572	23267	44039	08759	33702	34580	23
24	24980	54548	49428	91704	86913	92940	86923	22428	47877	20510	24
25	94186	95540	75071	10076	10263	27664	98534	81171	61507	74976	25

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
26	12359	46569	11050	90529	49289	94545	02258	20678	18898	50931	26
27	57132	49387	74792	50937	62339	43401	82825	03692	37836	68752	27
28	71239	49511	07466	15364	86050	31093	16730	73587	79875	43576	28
29	03935	83975	28893	66615	14015	22410	90938	35961	36373	84810	29
30	72801	73777	79101	26592	45424	00899	78462	74336	60478	13852	30
31	80252	11587	10862	11627	89857	07788	46817	55863	35713	44712	31
32	69388	92356	81282	33832	56676	35132	07119	27613	01304	70032	32
33	40225	60304	13526	47601	12751	19233	02057	28447	46676	29541	33
34	59925	62338	78784	63228	82603	31755	72733	80303	91066	52537	34
35	31172	89780	95384	51947	13841	74371	81016	39798	26690	00978	35
36	45587	42590	08443	20404	15100	74747	50642	34480	68080	23169	36
37	37819	60911	94740	05536	94042	17969	36747	92151	07501	67660	37
38	51402	74213	01105	15098	61470	23047	28521	58559	59305	08761	38
39	93873	99143	82254	53647	11010	68668	25888	36209	65412	00066	39
40	97645	51836	11835	99276	86466	67647	60834	30704	06711	11128	40
41	13123	15323	24885	74046	49145	99982	48231	26711	87670	22062	41
42	72110	70217	23475	48152	83457	01585	90915	69308	89090	77158	42
43	13751	40714	99330	05232	97056	40788	70005	36274	78649	50897	43
44	83809	98109	48292	06947	15924	08787	03919	72577	12906	80694	44
45	46264	57933	37607	58926	60772	62523	66260	95270	46469	45110	45
46	97426	78630	06115	44047	42350	88455	61426	08812	04255	87718	46
47	74715	09140	90315	03927	82118	00800	14314	06984	88951	10983	47
48	92481	55828	20144	77853	18100	13196	12279	20903	01252	00731	48
49	40176	70724	99476	34567	10214	97743	15770	78474	75691	59930	49
50	90176	19360	74015	89080	36337	40242	39621	71369	72350	73430	50

※ 난수표 사용방법

아래의 그림과 같이 제품이 든 상자가 가로, 세로, 높이 각 10개씩 1,000상자가 쌓여 있다고 할 때 난수표를 사용하여 검체를 채취할 상자를 선정하는 것을 설명하면 다음과 같다.

① 임의로 한 상자를 선택한다.

예 : 임의로 왼쪽 끝의 위에서 두 번째 상자를 선택하였다면 위 그림의 "가"에 해당된다.

② 난수표의 한 지점을 임의로 선택한다.

예 : 임의로 난수표의 한 지점을 선택한 결과 3번 칸, 25번 줄 위치에 있는 다섯 숫자(7 5 0 7 1)중에서 네 번째 숫자인 7을 선택하였다.

③ 난수표에서 선택한 숫자로부터 임의로 가로, 세로 또는 위, 아래 방향으로 세 개 숫자를 읽는다.

예 : 선택된 숫자인 7로부터 가로 방향으로 읽기로 하였다면 7, 1, 1로 읽혀진다.

④ 읽혀진 숫자에 따라 세 방향으로 상자를 세어 검체채취할 상자를 선정한다.

예 : 오른쪽, 위의, 안쪽으로 숫자를 세기로 하였다면 위 그림에서 오른쪽으로 7번째, 윗쪽으로 1번째, 안쪽으로 1번째에 있는 상자 즉, 위 그림의 "나"가 검체를 채취할 상자가 된다.

[표 3] 검체채취내역서

① 검사의뢰번호		② 제품명	
		③ 제조번호 또는 유통기한	
④ 채취일자	년 월 일 시 분	⑤ 채취량	
⑥ 채취목적	○ 정기검사 ○ 조사연구 ○ 기타( )	⑦ 담배종류	
		⑧ 검사항목	
⑨ 검체채취시 보관 및 운반상태	○ 실온 ○ 냉장 ○ 냉동 ○ 기타( )	⑩ 채취자	소속 :
			성명 ①
		⑪ 인수자	소속 :
			성명 ①
⑫ 채취장소	추가		
※ 기타 참고할 사항			

## 제 3. 담배 시험법

### 1. 시료채취 방법

- 1) 시료는 채취된 검체에서 시험에 직접 사용되는 물질을 말한다.
- 2) 시료채취는 시험의 대표성을 가질 수 있도록 균질하여 해당 시험항목에서 기재된 필요한 양을 정확히 채취한다.
  - ※ 단, 담배성분의 측정에 사용될 품목별 궐련표본은 전체 모집단을 대표할 수 있는 궐련 60개비로 하고, 복수의 포장단위가 있는 경우 최소 포장단위로부터 추출하되, 1개의 포장단위당 3개비를 초과하여 추출할 수 없다(「담배사업법 시행규칙」 제16조의4 제1항 제4호).
- 3) 시험에 사용된 시료는 담배 유형에 따라 채취 방법을 달리한다.
  - (1) 궐련은 「담배사업법 시행규칙」 제16조의4 제1항 제4호에 따라 담배성분의 측정에 사용될 품목별 궐련표본은 전체 모집단을 대표할 수 있는 궐련 60개비로 하고, 복수의 포장단위가 있는 경우 최소 포장단위로부터 추출하되, 1개의 포장단위당 3개비를 초과하여 추출할 수 없다.
  - (2) 궐련형 전자담배의 경우 (1)항을 적용할 수 있다. 다만, 궐련형 전자담배의 경우 포장단위에 있는 스틱을 개비로 본다.
  - (3) (1), (2)항을 제외한 유형의 경우 성분 측정에 사용될 시료를 충분히 균질화 시킨 후 시험의 시료로 사용한다.

### 2. 배출물 포집법

#### 1) 용어의 정의

- (1) 배출물: 담배로부터 생성되거나 방출되는 연기 또는 증기를 포함한 일체의 물질
  - \* 시험대상 배출물은 흡연 시 흡연자의 입안으로 들어오는 것을 대상으로 한다.
- (2) 시험환경: 실험과정을 통하여 시료 등이 노출되는 환경으로 일반적으로 온도 ( $22\pm 2$ ) °C, 상대습도 ( $60\pm 5$ ) %로 조절되어야 한다.
- (3) 조화: 배출물 포집에 사용되는 담배는 포집 전에 온도 ( $22\pm 1$ ) °C, 상대습도 ( $60\pm 3$ ) %로 조절되는 조화실에서 최소 48시간 이상, 최대 10일까지 개봉하여 조화한 후 사용한다. (단, 궐련형 전자담배나 기타 전자담배의 경우 밀봉 상태로 보관하고 포집 직전 개봉하여 사용하고 개봉 후 4시간까지 사용 가능함.)
- (4) 포집
  - (가) 포집 부피: 배출물을 1회 포집하는 부피
  - (나) 포집 시간: 배출물을 1회 빨아들이는 시간
  - (다) 포집 주기: 배출물을 빨아들이는 회간 간격
  - (라) 포집 프로파일: 배출물 포집 시 측정된 유속을 시간의 함수로 나타낸 그래프

#### 2) 장치

- (1) 배출물 포집장치: ISO 20778, ISO 5501-1 및 ISO 5501-2 등을 만족시킬 수 있는 담배 배출물 포집장치
- (2) 전자담배 단말기: 전자담배 배출물을 흡입할 수 있도록 니코틴 용액이나 연초 고형물 등을 가열하는 전자장치

3) 담배 분류별 포집조건

(1) 켈런(ISO 20778)

- ① 포집 부피: (55.0±0.6) mL를 유지해야 한다.
- ② 포집 시간: (2.00±0.02)초 동안 포집해야 한다.
- ③ 포집 주기: (30.0±0.5)초 마다 1회 포집해야 한다.
- ④ 포집 프로파일: 0.8초와 1.2초 사이에서 최대값을 가져야 하며, 프로파일의 증가 및 감소 부위에서 변곡점이 없는 종 모양(bell shape)을 유지해야 한다.
- ⑤ 투명 테이프 등을 이용하여 필터를 막고 포집해야 한다.

(2) 켈런형 전자담배(일반형) 포집(ISO 5501-1)

- ① 포집 부피: (55.0±0.6) mL를 유지해야 한다.
- ② 포집 시간: (2.00±0.02)초 동안 포집해야 한다.
- ③ 포집 주기: (30.0±0.5)초 마다 1회 포집해야 한다.
- ④ 포집 프로파일: 0.8초와 1.2초 사이에서 최대값을 가져야 하며, 프로파일의 증가 및 감소 부위에서 변곡점이 없는 종 모양(bell shape)을 유지해야 한다.
- ⑤ 투명 테이프 등을 이용하여 필터를 막고 포집해야 한다.  
 \* 전자담배 단말기는 배출물 포집 전 완전 충전 상태로 사용해야 하고 제품별 단말기 사용조건이나 사양에 맞추어 포집한다.

(3) 기타 켈런형 전자담배(하이브리드형) 포집 (ISO 5501-2)

- ① 포집 부피: (55.0±0.6) mL를 유지해야 한다.
- ② 포집 시간: (3.0±0.1)초 동안 포집해야 한다.
- ③ 포집 주기: (30.0±0.5)초 마다 1회 포집해야 한다.
- ④ 포집 프로파일: 직사각형 모양(rectangular shape)을 유지해야 한다.
- ⑤ 투명 테이프 등을 이용하여 필터를 막고 포집해야 한다.  
 \* 전자담배 단말기는 배출물 포집 전 완전 충전 상태로 사용해야 하고 제품별 단말기 사용조건이나 사양에 맞추어 포집한다.

구분	켈런	켈런형 전자담배	
		일반형	기타(하이브리드형)
근거	국제표준화기구(ISO) 20778	국제표준화기구(ISO) 5501-1	국제표준화기구(ISO) 5501-2
온도	(22±1) °C	(22±1) °C	(22±1) °C
습도	(60±3) %	(60±3) %	(60±3) %
조 화	48시간 ~ 10일 개봉 상태로 보관	48시간 ~ 10일 밀봉 상태로 보관 가능. 사용 직전 개봉 후 4시간까지 사용 가능.	48시간 ~ 10일 밀봉 상태로 보관 가능. 사용 직전 개봉 후 4시간까지 사용 가능.
퍼 프	부피	55 mL	55 mL
	주기	30 초	30 초
필터 차단	시간	2 초	3 초
	프로파일	종형	직사각형
비고	-	사용 전 단말기 완전 충전, 단말기 사용조건이나 사양에 맞추어 포집	사용 전 단말기 완전 충전, 단말기 사용조건이나 사양에 맞추어 포집

### 3. 켈런 및 켈런형 전자담배 배출물 중 유해성분 시험법

#### 3-1 니코틴

##### 3-1-1 니코틴(제1법)

국제표준화기구(ISO)의 측정기준 22253 또는 WHO TobLabNet SOP10을 따른다.

##### 3-1-2 니코틴(제2법)

###### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 켈런 및 켈런형 전자담배 배출물 중 니코틴(nicotine) 시험검사 수행을 위한 시험법으로 배출물 포집장치를 이용하여 배출물을 포집한 후 가스크로마토그래프/불꽃이온화검출기를 이용하여 니코틴을 분석한다.

###### 2. 장비와 재료

###### 2.1 장비

- 2.1.1 배출물 포집장치
- 2.1.2 가스크로마토그래프/불꽃이온화검출기(GC/FID)
- 2.1.3 분석용 저울(Analytical balance)
- 2.1.4 진탕기(Shaker)

###### 2.2 실험실 소모품

- 2.2.1 갈색플라스크(250 mL)
- 2.2.2 부피플라스크(50 mL, 100 mL, 2 L)
- 2.2.3 삼각플라스크(100 mL 또는 250 mL)
- 2.2.4 유리섬유필터(지름 44 mm 또는 92 mm)
- 2.2.5 PTFE 주사기 필터(Syringe filter): 0.45  $\mu\text{m}$  이하, 테프론 재질의 유기용매 전용 필터
- 2.2.6 컬럼: CP WAX-51 capillary column (0.2~0.53 mm ID, 1  $\mu\text{m}$ ) 또는 이와 동등한 것

###### 3. 표준물질 및 일반시약

###### 3.1 표준물질

- 3.1.1 표준물질: (-)-니코틴((-)-Nicotine)  
화학식:  $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2$ , 화학식량: 162.2, CAS No.: 54-11-5
- 3.1.2 내부표준물질: n-헵타데케인(n-heptadecane)  
화학식:  $\text{C}_{17}\text{H}_{36}$ , 화학식량: 240.5, CAS No.: 629-78-7

###### 3.2 일반시약

- 3.2.1 아이소프로판올(Isopropanol, IPA), 수분 함량 최대 1.0 mg/mL

###### 4. 시험과정

###### 4.1 표준용액 조제

- 4.1.1 내부표준용액(40 mg/mL): n-헵타데케인 10 g의 무게를 정확히 0.01 g까지 재어 250 mL 갈색 부피플라스크에 넣고 아이소프로판올로 눈금까지 채운다.
- 4.1.2 추출용매(0.40 mg/mL): 내부표준용액 20 mL을 2 L 부피플라스크에 넣고 아이소프로판올로 눈금까지 채운다.
- 4.1.3 표준원액(10 mg/mL): 니코틴 1000 mg의 무게를 정확히 달아 100 mL 부피플라스크에 넣고 추출용매로 눈금까지 채운다.

4.1.4 표준용액: 표준원액 일정량(5.0, 2.5, 1.0, 0.50, 0.10 mL)을 각각 50 mL 부피플라스크에 넣고 추출용매로 눈금까지 채운다.

#### 4.2 시험용액의 조제

4.2.1 유리섬유필터를 홀더에 넣고 배출물 포집장치에 연결한다.

4.2.2 조화된 담배를 사용하여 적절한 포집조건에 따라 배출물을 포집한다.

4.2.3 배출물 포집장치로부터 유리섬유필터를 플라스크에 넣고, 추출용매(44 mm 유리섬유필터는 20 mL, 92 mm 유리섬유필터는 50 mL)를 100 mL 또는 250 mL 삼각플라스크에 넣고 20분간 진탕 추출한다.

4.2.4 PTFE 실린지 필터로 여과하여 시험용액으로 한다.

### 5. 분석 및 계산

#### 5.1 니코틴 정성시험

##### 5.1.1 가스크로마토그래프/불꽃이온화검출기 분석

정성시험은 표준용액, 시험용액을 아래의 조건으로 시험한다. 별도로 같은 방법으로 공시험을 한다.

표 2. 기기분석 조건(예)

• 기	기	가스크로마토그래프/불꽃이온화검출기 (GC/FID)				
• 컬	럼	CP WAX-51 capillary column (0.2~0.53 mm ID, 1 μm) 또는 이와 동등한 것				
• 운	반	가	스	헬륨		
• 주	입	온	도	250 °C		
• 주	입	모	드	split(20:1)		
• 주	입	량		2.0 μL		
• 유	속			25 cm/s		
• 컬	럼	온	도	Rate (°C/min)	Temperature (°C)	Hold time (min)
				-	160	4.5
				30	200	1.5
• 검	출	기		250 °C		

### 5.1.2. 표준용액의 크로마토그램

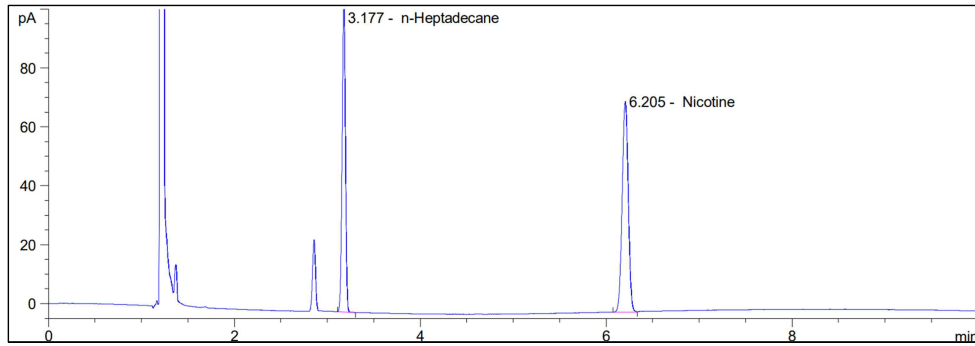


그림 1. 니코틴 표준물질 및 내부표준물질 크로마토그램

5.1.3 시험용액에서 검출된 피크(peak)가 표준물질과 같은 머무름시간(Retention time)을 갖지 않거나 정량한계(limit of quantitation, LOQ) 미만인 경우는 "불검출"로 하고, 정량한계 이상의 피크를 대상으로 5.2 정량시험을 실시한다.

### 5.2 니코틴 정량시험

5.2.1 검량선: 정성시험 5.1 에서 얻은 시험용액의 피크면적으로부터 예상되는 검출량을 포함하는 최소 3 개 이상의 농도 구간으로 표준원액을 희석하여 검량선을 작성한다.

5.2.2 시험용액: 4.2 의 시험용액을 사용한다. 필요한 경우, 시험용액을 희석하여 사용한다.

5.2.3 시험조건: 시험용액은 5.1 에 따라 분석한다.

### 5.3 계산

검량선의 수식을 이용하여 다음 계산식에 따라 시험용액 중 해당 성분의 농도를 구한다.

#### 5.3.1 검량선 수식

$$y = a x + b \quad (R^2 \geq 0.99)$$

x = 시험용액 중 내부표준물질 농도 대비 니코틴 농도비

y = 시험용액 중 내부표준물질 피크 면적 대비 니코틴 면적비

#### 5.3.2 계산식

	$\frac{\text{시험용액 중 니코틴 농도(mg/mL)}}{\text{내부표준물질 농도(mg/mL)}} \times \text{추출용매 부피 (mL)}$
니코틴 함량 (mg/cig)	$= \frac{\text{시험용액 중 니코틴 농도(mg/mL)}}{\text{내부표준물질 농도(mg/mL)}} \times \text{추출용매 부피 (mL)} \times \text{담배 개비 수(cig)}$

## 3-2 타르(NFDPM)

### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 껀련 및 껀련형 전자담배 배출물 중 타르(NFDPM, Nicotine-free dry particulate matter) 시험검사 수행을 위한 시험법으로 배출물 포집장치를 이용하여 배출물을 포집한 후 가스 크로마토그래프/열전도도검출기를 이용하여 분석한 수분과 니코틴 함량을 이용해 타르 함량을 구한다.

### 2. 장비와 재료

#### 2.1 장비

- 2.1.1 배출물 포집장치
- 2.1.2 가스 크로마토그래프/열전도도검출기(GC/TCD)
- 2.1.3 분석용 저울(Analytical balance)
- 2.1.4 초음파 처리기(Sonicator)
- 2.1.5 건조오븐(Dry oven)
- 2.1.6 진탕기(Shaker)

#### 2.2 실험실 소모품

- 2.2.1 데시케이터(desiccator)
- 2.2.2 부피플라스크(10 mL, 1 L)
- 2.2.3 삼각플라스크(100 mL 또는 250 mL)
- 2.2.4 유리섬유필터(지름 44 mm 또는 92 mm)
- 2.2.5 PTFE 실린지 필터(Syringe filter): 0.45  $\mu\text{m}$  이하, 테프론 재질의 유기용매 전용 필터
- 2.2.6 컬럼: Poraplot Q(10 m  $\times$  0.53 mm ID, 20  $\mu\text{m}$ ) 또는 이와 동등한 것

### 3. 표준물질 및 일반시약

#### 3.1 표준물질

- 3.1.1 표준물질: 초순수  
화학식:  $\text{H}_2\text{O}$ , 화학식량: 18.0, CAS No.: 7732-18-5
- 3.1.2 내부표준물질: 에탄올(Ethanol) 99 % 이상  
화학식:  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , 화학식량: 46.1, CAS No.: 64-17-5

#### 3.2 일반시약

- 3.2.1 아이소프로판올(Isopropanol, IPA), 수분 함량 최대 1.0 mg/mL

### 4. 시험과정

#### 4.1 표준용액의 조제

- 4.1.1 추출용매(3.156 mg/mL): 에탄올 4 mL을 1 L의 부피플라스크에 넣고 아이소프로판올로 눈금까지 채운다. 이 용액은 표준원액 및 표준용액추출용매의 준비를 위해 사용된다.
- 4.1.2 표준원액(100 mg/mL): 수분 표준물질 1 g을 10 mL 부피플라스크에 넣고 추출용매로 눈금까지 채운다.
- 4.1.3 1차 표준용액(10 mg/mL): 표준원액 1 mL를 10 mL 부피플라스크에 넣고 추출용매로 눈금까지 채운다.
- 4.1.4 표준용액: 1차 표준용액 일정량(0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 2.5 mL)을 각각 10 mL 부피플라스크에 넣고 추출용매로 눈금까지 채운다.

#### 4.2 시험용액의 조제

- 4.2.1 유리섬유필터 조화: 배출물 포집 환경에서 적어도 12시간 동안 조화한 후 사용한다.
- 4.2.2 시험에 사용된 모든 초자는 건조오븐에서 105 °C에서 1 시간 이상 건조시킨 후 데시케이터에 보관하여 수분을 제거한 후 사용한다.
- 4.2.3 포집을 시작하기 전 유리섬유필터를 홀더에 넣고 무게를 0.1 mg까지 측정된 다음 배출물 포집장치에 연결한다.
- 4.2.4 조화된 담배를 사용하여 적절한 포집조건에 따라 배출물을 포집한다.
- 4.2.5 포집이 끝난 즉시, 유리섬유필터를 포함한 홀더 무게를 0.1 mg까지 측정한다.
- 4.2.6 홀더에서 유리섬유필터를 꺼내 플라스크에 넣는다.
- 4.2.7 추출용매(44 mm 유리섬유필터는 20 mL, 92 mm인 유리섬유필터는 50 mL)를 삼각플라스크에 넣고 20 분간 진탕 추출한다.
- 4.2.8 PTFE 실린지 필터로 여과하여 시험용액으로 한다.
- 4.2.9 빈 유리섬유필터 수분 측정: 수분 측정 시 유리섬유필터가 소량의 수분을 함유하고 있기 때문에 빈 유리섬유필터의 수분을 측정해야 한다. 따라서 빈 유리섬유필터를 시료 전처리 조건에 따라 동일하게 추출한 뒤 측정한다.

## 5. 분석 및 계산

### 5.1 수분 정성시험

#### 5.1.1 기체크로마토그래프/열전도도검출기 분석

정성시험은 표준용액, 시험용액을 아래의 조건으로 시험한다. 별도로 같은 방법으로 공시험을 한다.

표 2. 기기분석 조건(예)

• 기 기 명	가스크로마토그래프/열전도도검출기 (GC/TCD)
• 컬 럼	Poraplot Q(10 m × 0.53 mm ID, 20 μm) 또는 이와 동등한 것
• 운 반 가 스	헬륨
• 주 입 온 도	250 °C
• 주 입 모 드	split (20:1)
• 주 입 량	1.0 μL
• 유 속	5 mL/min
• 컬 럼 온 도	160 °C (isothermal)
• 검 출 기	250 °C

#### 5.1.2 표준용액의 크로마토그램

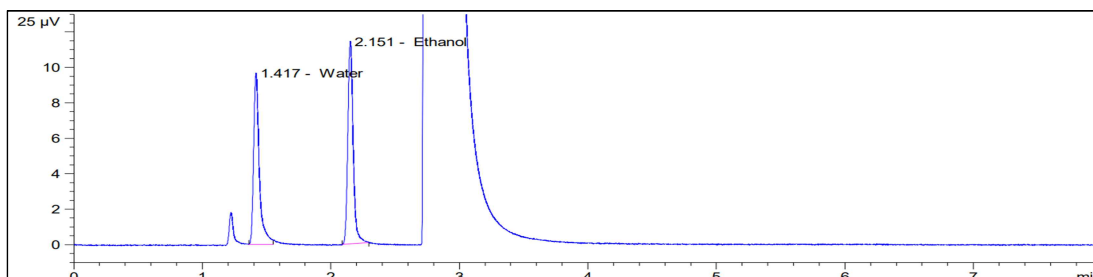


그림 1. 수분 표준물질 및 내부표준물질 크로마토그램

5.1.3 시험용액에서 검출된 피크(peak)가 표준물질과 같은 머무름시간(Retention time)을 갖지 않거나 정량한계(limit of quantitation, LOQ) 미만인 경우 "불검출"로 하고, 정량한계 이상의 피크를 대상으로 5.2 정량시험을 실시한다.

### 5.2 수분 정량시험

- 5.2.1 검량선: 정성시험 5.1 에서 얻은 시험용액의 피크면적으로부터 예상되는 검출량을 포함하는 최소 3 개 이상의 농도 구간으로 표준원액을 희석하여 검량선을 작성한다.
- 5.2.2 시험용액: 4.2 의 시험용액을 사용한다. 필요한 경우, 시험용액을 희석하여 사용한다.
- 5.2.3 시험조건: 시험용액은 5.1 에 따라 분석한다.

5.3 계산

검량선의 수식을 이용하여 다음 계산식에 따라 시험용액 중 해당 성분의 농도를 구한다.

5.3.1 검량선 수식

$$y = a x + b \quad (R^2 \geq 0.99)$$

x = 시험용액 중 내부표준물질 농도 대비 수분 농도비

y = 시험용액 중 내부표준물질 피크 면적 대비 수분 면적비

5.3.2 계산식

타르(NFDPM)의 함량은 총입자상물질에서 니코틴과 수분 함량을 빼서 구한다.

수분 함량 (mg/cig)	=	$\frac{\left( \begin{array}{c} \text{시험용액 중} \\ \text{수분 농도} \\ \text{(mg/mL)} \end{array} - \begin{array}{c} \text{빈 유리섬유필터} \\ \text{수분 농도} \\ \text{(mg/mL)} \end{array} \right) \times \text{추출용매 부피(mL)}}{\text{담배 개비 수(cig)}}$	
-------------------	---	--	--

총입자상물질* (mg/cig)	=	$\frac{\text{포집 후 배출물 질량(mg)} - \text{포집 전 배출물 질량(mg)}}{\text{담배 개비 수(cig)}}$
---------------------	---	---

\* TPM(total particulate matter)은 국제표준화기구(ISO)의 측정기준 20779 참고

타르 (mg/cig)	=	$\text{총입자상물질 (mg/cig)}$	-	$\text{니코틴 함량 (mg/cig)}$	-	$\text{수분 함량 (mg/cig)}$
----------------	---	--------------------------	---	--------------------------	---	-------------------------

### 3-3 일산화탄소

#### 3-3-1 일산화탄소(제1법)

국제표준화기구(ISO)의 측정기준 22947 또는 WHO TobLabNet SOP10을 따른다.

#### 3-3-2 일산화탄소(제2법)

##### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 껴련 및 껴련형 전자담배 배출물 중 일산화탄소의 시험검사 수행을 위한 시험법으로 배출물 포집장치를 이용하여 배출물을 포집한 후 일산화탄소의 함량을 구한다.

##### 2. 장비와 재료

###### 2.1 장비

###### 2.1.1 배출물 포집장치

##### 3. 표준물질 및 일반시약

###### 3.1 표준물질

###### 3.1.1 표준물질: 표준 CO 가스

화학식: CO, 화학식량: 28.0, CAS No.: 630-08-0

##### 4. 시험과정

###### 4.1 NDIR 분석기와 교정

4.1.1 NDIR 분석기와 교정제조회사의 지시서에 따라 기기를 가동시키고 유지시킨 다음 공기를 이용하여 기기를 깨끗하게 하고 눈금을 영으로 맞춘다.

4.1.2 미리 비워둔 증기상 포집 용기에 5 % 일산화탄소 표준 혼합 가스를 채웠다가 비운 다음 동일한 가스로 다시 채운다. 용기에 채워진 가스의 온도와 압력은 주위의 온도 및 압력과 같아야 한다. 시스템의 시료 채취 펌프를 사용하여 포집 용기의 가스를 측정셀 안으로 주입하되 분석기의 압력이 평형을 이루도록 5~10 초 간 유지시킨다. 일정한 값이 얻어질 때 분석기 농도 측정기에서 읽은 값을 기록한다. 필요하다면 기기의 눈금을 맞추어 표준 가스의 인증값에 일치시킨다.

4.1.3 적어도 두 개 이상의 다른 표준 혼합 가스에 대해서 5.3.2 에 명시된 절차를 반복한다. 만약 관찰값과 기대값 사이의 일산화탄소 농도 차이가 0.2 %보다 클 경우 기기의 직선성을 다시 체크해야 한다.

4.1.4 표준 가스를 이용하여 적어도 일주일에 한 번은 기기를 재교정해야 한다. 검량선은 제조된 표준물의 범위 안에서 직선성을 나타내어야 한다.

4.2 조화된 담배를 사용하여 적절한 포집조건에 따라 배출물을 포집한다.

4.3 각 채널로부터 얻어진 총 흡입 횟수(즉 포집 횟수와 공포집 횟수의 합)를 기록한다.

##### 5. 분석 및 계산

###### 5.1 일산화탄소 분석

###### 5.1.1 비분산형 적외선 분석기(NDIR)

분석기의 검량선을 다시 체크한다. 주위의 압력 조건과 동일한 조건하에서 그리고 교정하는 동안 사용된 것과 동일한 가스 유속으로 증기상을 분석기의 측정셀에 주입한다. 분석기에서 표시되는 일산화탄소의 농도(C)를 읽는다.

5.1.2 만약 대기압이 10 kPa 이상 변화되었고, 일산화탄소 분석기가 내부 보정 기능을 갖고 있지 않다면 재검정이 필요하다.

## 5.2 계산

CO 함량은 일반적으로 다음 식에 따라 계산된다.

### 5.2.1 계산식

$$V_{as} = \frac{C \times V \times N \times p \times T_0}{S \times 100 \times p_0 \times (t + T_0)}$$

- $V_{as}$  : 담배 개비 당 일산화탄소의 평균 부피(mL)  
 $C$  : 측정된 일산화탄소의 부피 기준 백분율(4.1.1 측정 값)  
 $V$  : 포집 부피(mL)  
 $N$  : 측정한 시료의 포집 횟수(공포집 포함)  
 $p$  : 주위 압력(kPa)  
 $p_0$  : 표준 대기 압력(kPa)  
 $S$  : 포집한 컬런의 수  
 $T_0$  : 물의 삼중점 온도(K)  
 $t$  : 주위 온도(°C)

$V = 35$  mL 또는  $55$  mL, 반올림한  $P_0$  (101.3 kPa)와  $T_0$  (273 K)의 값을 계산에 사용한다.

### 5.2.2 담배 개비 당 일산화탄소의 평균 질량 계산

$$m_{cig} = V_{as} \times \frac{M_{CO}}{V_m}$$

- $m_{cig}$  : 담배 개비 당 일산화탄소의 평균 질량(mg)  
 $M_{CO}$  : 일산화탄소의 몰 질량(g/mol)  
 $V_m$  : 이상 기체의 몰 부피(L/mol)

반올림한  $M_{CO}$ (28 g/mol)와  $V_m$ (22.4 L/mol)이 위의 계산에 사용된다.

### 3-4 휘발성 유기화합물류(1,3-부타디엔 등 5개)

#### 3-4-1 휘발성 유기화합물류(제1법)

국제표준화기구(ISO)의 측정기준 23923을 따른다.

#### 3-4-2 휘발성 유기화합물류(제2법)

##### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 께련 및 께련형 전자담배 배출물 중 휘발성 유기화합물류의 시험검사 수행을 위한 시험법으로 배출물 포집장치를 이용하여 배출물을 포집한 후 가스크로마토그래프/질량분석기를 이용하여 휘발성 유기화합물류의 함량을 구한다.

##### 2. 장비와 재료

###### 2.1 장비

- 2.1.1 배출물 포집장치
- 2.1.2 가스크로마토그래프/질량분석기(GC/MS)
- 2.1.3 분석용 저울(Analytical balance)

###### 2.2 실험실 소모품

- 2.2.1 드라이아이스(Dry ice)
- 2.2.2 부피플라스크(10 mL, 25 mL, 100 mL)
- 2.2.3 PTFE 실린지 필터(Syringe filter): 0.45  $\mu\text{m}$  이하, 테프론 재질의 유기용매 전용 필터
- 2.2.4 70 mL 유리 임핀저(Impinger)
- 2.2.5 임핀저 연결 튜브(Tubing)
- 2.2.6 온도계(Thermometer)
- 2.2.7 컬럼: DB-624 capillary column(60 m  $\times$  0.2~0.32 mm ID, 1.4  $\mu\text{m}$ ) 또는 이와 동등한 것

##### 3. 표준물질 및 일반시약

###### 3.1 표준물질

- 3.1.1 표준물질: 1,3-부타디엔(1,3-Butadiene)  
화학식:  $\text{C}_4\text{H}_6$ , 화학식량: 54.1, CAS No.: 106-99-0
- 3.1.2 표준물질: 이소프렌(Isoprene)  
화학식:  $\text{C}_5\text{H}_8$ , 화학식량: 68.1, CAS No.: 78-79-5
- 3.1.3 표준물질: 아크릴로나이트릴(Acrylonitrile)  
화학식:  $\text{C}_3\text{H}_3\text{N}$ , 화학식량: 53.1, CAS No.: 107-13-1
- 3.1.4 표준물질: 벤젠(Benzene)  
화학식:  $\text{C}_6\text{H}_6$ , 화학식량: 78.1, CAS No.: 71-43-2
- 3.1.5 표준물질: 톨루엔(Toluene)  
화학식:  $\text{C}_7\text{H}_8$ , 화학식량: 92.1, CAS No.: 108-88-3
- 3.1.6 내부표준물질: 벤젠- $\text{D}_6$  (Benzene- $\text{D}_6$ )  
화학식:  $\text{C}_6\text{D}_6$ , 화학식량: 84.2, CAS No.: 1076-43-3

###### 3.2 일반시약

- 3.2.1 아이소프로판올(Isopropanol, IPA)
- 3.2.2 메탄올(Methanol)

##### 4. 시험과정

#### 4.1 표준용액의 조제

- 4.1.1 내부표준원액(100 mg/mL): 10 mL 부피플라스크에 벤젠-D<sub>6</sub> 1 g을 넣고 메탄올로 눈금까지 채운다.
- 4.1.2 내부표준용액(4 mg/mL): 100 mL 부피플라스크에 내부표준원액 4 mL를 넣고 메탄올로 눈금까지 채운다.
- 4.1.3 표준원액(10 mg/mL): 10 mL 부피플라스크에 1,3-부타디엔, 이소프렌, 아크릴로나이트릴, 벤젠, 톨루엔 약 0.1 g을 각각 넣고 메탄올로 눈금까지 채운다.
- 4.1.4 1차 표준용액: 25 mL 부피플라스크에 각 표준원액 일정량을 각각 넣고 메탄올로 눈금까지 채운다.
- 4.1.5 표준용액: 10 mL 부피플라스크에 1차 표준용액을 일정량 넣고, 내부표준용액(4.1.2) 100 µL를 각각 첨가한 후 메탄올로 눈금까지 채운다.

#### 4.2 시험용액의 조제

- 4.2.1 임핀저에 메탄올 20 mL을 첨가한 후 드라이아이스/아이소프로판올 배치에 임핀저를 담근다 (영하 70 °C 이하).
- 4.2.2 배출물 포집장치의 유리섬유필터 홀더에 두개의 임핀저를 차례로 연결한다.
- 4.2.3 조화된 담배를 사용하여 적절한 포집조건에 따라 배출물을 포집한다.
- 4.2.4 포집이 끝난 후, 내부표준용액(4.1.2) 100 µL을 각각의 임핀저에 주입하고 대략 10 초 동안 섞은 후 PTFE 실린지 필터로 여과하여 시험용액으로 한다.

### 5. 분석 및 계산

#### 5.1 휘발성 유기화합물류 정성시험

##### 5.1.1 기체크로마토그래프/질량분석기 분석

정성시험은 표준용액, 시험용액을 아래의 조건으로 시험한다. 별도로 같은 방법으로 공시험을 한다.

표 1. 기기분석 조건(예)

• 기 기 명	기체크로마토그래프/질량분석기 (GC/MS)		
• 컬 럼	DB-624 capillary column (60 m × 0.2~0.32 mm ID, 1.4 µm) 또는 이와 동등한 것		
• 운 반 가 스	헬륨		
• 주 입 온 도	150 °C		
• 주 입 모 드	split(30:1)		
• 주 입 량	3.0 µL		
• 유 속	1.5 mL/min		
• 컬 럼 온 도	Rate (°C/min)	Temperature (°C)	Hold time (min)
		40	6
	20 °C	225	6
• 이 동 라 인	240 °C		
• 소 스 온 도	240 °C		

표 2. 이온값(예)

성분명	정량이온	정성이온
1,3-부타디엔	54	53
이소프렌	67	68
아크릴로나이트릴	52	53
벤젠	78	77
톨루엔	91	92
벤젠-D <sub>6</sub>	84	83

5.1.2 표준용액의 크로마토그램

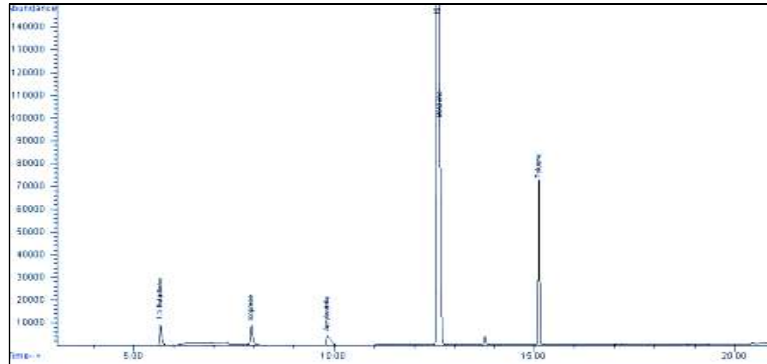


그림 1. 휘발성 유기화합물류 표준물질 크로마토그램

5.1.3 시험용액에서 검출된 피크(peak)가 표준물질과 같은 머무름시간(Retention time), 정량이온 대비 정성이온 피크 면적비를 갖는 경우, 정량한계(limit of quantitation, LOQ) 미만인 경우 "불검출"로 하고, 정량한계 이상의 피크를 대상으로 5.2 정량시험을 실시한다.

5.2 휘발성 유기화합물류 정량시험

5.2.1 검량선: 정성시험 5.1 에서 얻은 시험용액의 피크면적으로부터 예상되는 검출량을 포함하는 최소 3 개 이상의 농도 구간으로 표준원액을 희석하여 검량선을 작성한다.

5.2.2 시험용액: 4.2 의 시험용액을 사용한다. 필요한 경우, 시험용액을 희석하여 사용한다.

5.2.3 시험조건: 시험용액은 5.1 에 따라 분석한다.

5.3 계산

검량선의 수식을 이용하여 다음 계산식에 따라 시험용액 중 해당 성분의 농도를 구한다.

5.3.1 검량선 수식

$$y = a x + b \quad (R^2 \geq 0.99)$$

x = 시험용액 중 각 내부표준물질 농도 대비 해당 휘발성 유기화합물 농도비

y = 시험용액 중 각 내부표준물질 피크 면적 대비 해당 휘발성 유기화합물 면적비

5.3.2 계산식

해당 휘발성 유기화합물함량 ( $\mu\text{g}/\text{cig}$ )	=	$\frac{\text{시험용액 중 해당 휘발성 유기화합물 농도}(\mu\text{g}/\text{mL})}{\text{담배 개비 수}(\text{cig})} \times \text{추출용매 부피}(\text{mL})$
---	---	--

### 3-5 중간 휘발성 유기화합물류(피리딘, 퀴놀린, 스티렌)

#### 3-5-1 중간 휘발성 유기화합물류(제1법)

캐나다 보건부(Health Canada)의 측정기준 T-112를 따른다.

#### 3-5-2 중간휘발성 유기화합물류(제2법)

##### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 껀련 및 껀련형 전자담배 배출물 중 중간 휘발성 유기화합물류의 시험검사 수행을 위한 시험법으로 배출물 포집장치를 이용하여 배출물을 포집한 후 가스크로마토그래프/질량분석기를 이용하여 중간 휘발성 유기화합물류의 함량을 구한다.

##### 2. 장비와 재료

###### 2.1 장비

- 2.1.1 배출물 포집장치
- 2.1.2 가스크로마토그래프/질량분석기(GC/MS)
- 2.1.3 분석용 저울(Analytical balance)
- 2.1.4 진탕기(Shaker)

###### 2.2 실험실 소모품

- 2.2.1 드라이아이스(Dry ice)
- 2.2.2 부피플라스크(10 mL, 25 mL, 50 mL, 100 mL)
- 2.2.3 삼각플라스크(125 mL, 스크류 캡 또는 이와 유사한 것 포함)
- 2.2.4 듀어플라스크(Dewar flask) 또는 이와 동등한 성능을 가진 것
- 2.2.5 유리섬유필터(지름 44 mm 또는 92 mm)
- 2.2.6 PTFE 실린지 필터(Syringe filter): 0.45  $\mu\text{m}$  이하
- 2.2.7 70 mL 유리 임핀저(Impinger)
- 2.2.8 임핀저 연결 튜브(Tubing=Tygon tube)
- 2.2.9 온도계(Thermometer)
- 2.2.10 컬럼: DB-624 capillary column (60 m  $\times$  0.2~0.32 mm ID, 1.4  $\mu\text{m}$ ) 또는 이와 동등한 것

##### 3. 표준물질 및 일반시약

###### 3.1 표준물질

- 3.1.1 표준물질: 피리딘(Pyridine)  
화학식:  $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ , 화학식량: 79.1, CAS No.: 110-86-1
- 3.1.2 표준물질: 퀴놀린(Quinoline)  
화학식:  $\text{C}_9\text{H}_7\text{N}$ , 화학식량: 129.2, CAS No.: 91-22-5
- 3.1.3 표준물질: 스티렌(Styrene)  
화학식:  $\text{C}_8\text{H}_8$ , 화학식량: 104.2, CAS No.: 100-42-5
- 3.1.4 내부표준물질:  $\text{D}_5$ -피리딘( $\text{D}_5$ -Pyridine)  
화학식:  $\text{C}_5\text{D}_5\text{N}$ , 화학식량: 84.1, CAS No.: 7291-22-7
- 3.1.5 내부표준물질:  $\text{D}_7$ -퀴놀린( $\text{D}_7$ -Quinoline)  
화학식:  $\text{C}_9\text{D}_7\text{N}$ , 화학식량: 136.2, CAS No.: 34071-94-8

###### 3.2 일반시약

- 3.2.1 아이소프로판올(Isopropanol, IPA)
- 3.2.2 메탄올(Methanol)

#### 4. 시험과정

##### 4.1 표준용액의 조제

##### 4.1 표준용액의 조제

- 4.1.1 피리딘 표준원액(10 mg/mL): 10 mL 부피플라스크에 피리딘 약 100 mg을 정확히 무게를 재어 넣고 메탄올로 눈금까지 채운 후 잘 혼합한다.
- 4.1.2 퀴놀린 표준원액(1 mg/mL): 100 mL 부피플라스크에 퀴놀린 약 100 mg을 정확히 무게를 재어 넣고 메탄올로 눈금까지 채운다.
- 4.1.3 스티렌 표준원액(10 mg/mL): 10 mL 부피플라스크에 스티렌 약 100 mg을 정확히 무게를 재어 넣고 메탄올로 눈금까지 채운다.
- 4.1.4 1차 표준용액: 50 mL 부피플라스크에 각 표준원액을 100  $\mu$ L씩 넣고 메탄올로 눈금까지 채운다. (피리딘: 20  $\mu$ g/mL, 퀴놀린: 2  $\mu$ g/mL, 스티렌: 20  $\mu$ g/mL)
- 4.1.5 D<sub>5</sub>-피리딘 내부표준원액(10 mg/mL): 10 mL 부피플라스크에 D<sub>5</sub>-피리딘 약 100 mg을 정확히 무게를 재어 넣고 메탄올로 눈금까지 채운다.
- 4.1.6 D<sub>7</sub>-퀴놀린 내부표준원액(1 mg/mL): 25 mL 부피플라스크에 D<sub>7</sub>-퀴놀린 25 mg을 정확히 무게를 재어 넣고 메탄올로 눈금까지 채운다.
- 4.1.7 내부표준용액: 100 mL 부피플라스크에 각 내부표준원액을 2 mL씩 넣고 메탄올로 눈금까지 채운다. 내부표준용액의 일부를 테프론 재질 캡을 가진 25 mL 바이알에 넣고 영하 20 °C에 저장한다. (D<sub>5</sub>-피리딘: 200  $\mu$ g/mL, D<sub>7</sub>-퀴놀린: 20  $\mu$ g/mL)
- 4.1.8 표준용액: 1차 표준용액 적당량(2, 1, 0.5, 0.25, 0.1 mL)을 각각 10 mL 부피플라스크에 넣고 내부표준용액 100  $\mu$ L를 각각 첨가한 후 메탄올로 눈금까지 채운다.
- 4.1.9 이 용액을 라벨하여 GC용 바이알에 옮겨 사용할 때까지 영하 20 °C에 저장하고 테플론 재질의 뚜껑으로 잘 막아둔다.

##### 4.2 시험용액의 조제

- 4.2.1 임핀저에 메탄올 20 mL 을 첨가한 후 드라이아이스/아이소프로판올 배치에 임핀저를 담근다(영하 70 °C 이하).
- 4.2.2 배출물 포집장치의 유리섬유필터 홀더에 두개의 임핀저를 차례로 연결한다.
- 4.2.3 조화된 담배를 사용하여 적절한 포집조건에 따라 배출물을 포집한다.
- 4.2.4 배출물 포집장치를 가동하여 배출물을 포집한 유리섬유필터를 삼각플라스크로 옮긴다. 내부 표준용액 400  $\mu$ L를 플라스크에 주입한다.
- 4.2.5 삼각플라스크로 첫 번째 임핀저의 내용물을 옮긴 후, 두 번째 임핀저의 내용물로 첫 번째 임핀저를 헹구고 다시 삼각플라스크로 옮긴다.
- 4.2.6 플라스크를 막고 30 분 동안 진탕기로 플라스크를 진탕 추출한 후 4 mL를 실린지 필터로 여과하여 시험용액으로 한다.

#### 5. 분석 및 계산

##### 5.1 중간 휘발성 유기화합물류 정성시험

##### 5.1.1 기체크로마토그래프/질량분석기 분석

정성시험은 표준용액, 시험용액을 아래의 조건으로 시험한다. 같은 방법으로 공시험을 한다.

표 3. 기기분석 조건(예)

• 기 기 명	기체크로마토그래프/질량분석기 (GC/MS)		
• 컬 럼	DB-624 capillary column (0.2~0.32 mm I.d. × 60 m) 또는 이와 동등한 것		
• 운 반 가 스	헬륨		
• 주 입 온 도	220 °C		
• 주 입 모 드	split(5:1)		
• 주 입 량	1.0 µL		
• 유 속	1.0 mL/min		
	Rate (°C/min)	Temperature (°C)	Hold time (min)
• 컬 럼 온 도	-	40	2
	20	240	4
• 이 동 라 인	250 °C		
• 소 스 온 도	250 °C		

표 4. 이온 값(예)

성분명	정량이온
D <sub>5</sub> -피리딘	84
D <sub>7</sub> -퀴놀린	136
피리딘	79
퀴놀린	129
스티렌	104

### 5.1.2 표준용액의 크로마토그램

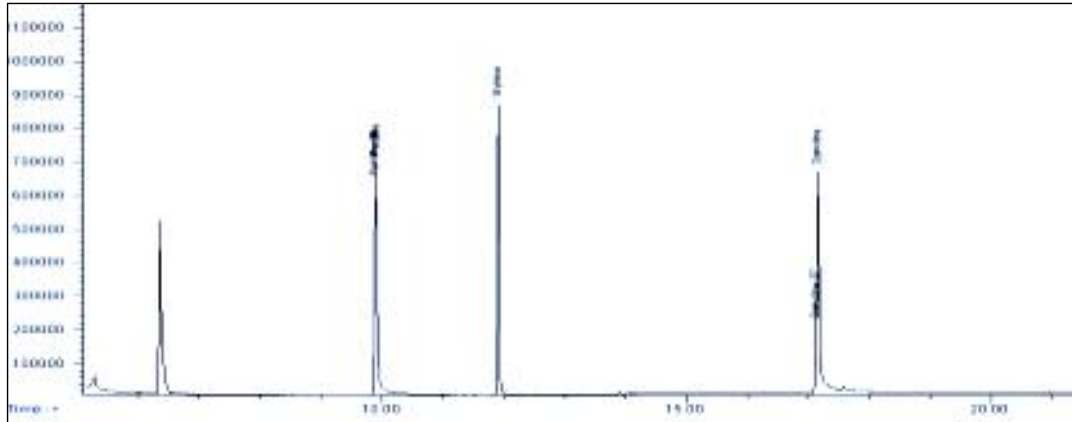


그림 1. 중간 휘발성 유기화합물류 표준물질 크로마토그램

5.1.3 시험용액에서 검출된 피크(peak)가 표준물질과 같은 머무름시간(Retention time), 정량이온 대비 정성이온 피크 면적비를 갖지 않거나, 정량한계(limit of quantitation, LOQ) 미만인 경우 "불검출"로 하고, 정량한계 이상의 피크를 대상으로 5.2 정량시험을 실시한다.

### 5.2 중간 휘발성 유기화합물류 정량시험

5.2.1 검량선: 정성시험 5.1 에서 얻은 시험용액의 피크면적으로부터 예상되는 검출량을 포함하는 최소 3 개 이상의 농도 구간으로 표준원액을 희석하여 검량선을 작성한다.

5.2.2 시험용액: 4.2 의 시험용액을 사용한다. 필요한 경우, 시험용액을 희석하여 사용한다.

5.2.3 시험조건: 시험용액은 5.1 에 따라 분석한다.

### 5.3 계산

검량선의 수식을 이용하여 다음 계산식에 따라 시험용액 중 해당 성분의 농도를 구한다.

#### 5.3.1 검량선 수식

$$y = a x + b \quad (R^2 \geq 0.99)$$

x = 시험용액 중 각 내부표준물질 농도 대비 피리딘, 퀴놀린, 스티렌의 농도비

y = 시험용액 중 각 내부표준물질 피크 면적 대비 피리딘, 퀴놀린, 스티렌의 면적비

#### 5.3.2 계산식

중간 휘발성 유기화합물 함량 ( $\mu\text{g}/\text{cig}$ )	=	$\frac{\text{시험용액 중 중간 휘발성 유기화합물 농도 } (\mu\text{g}/\text{mL}) \times \text{추출용매 부피(mL)}}{\text{담배 개비 수(cig)}}$
--	---	--

### 3-6 중금속류(니켈, 납, 카드뮴, 크롬, 비소, 셀레늄)

#### 3-6-1 중금속류(제1법)

캐나다 보건부(Health Canada)의 측정기준 T-109를 따른다.

#### 3-6-2 중금속류(제2법)

##### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 껍질 및 껍질형 전자담배 배출물 중 중금속류의 시험검사 수행을 위한 시험법으로 배출물 포집장치를 이용하여 배출물을 포집한 후 유도결합플라즈마/질량분석기를 이용하여 중금속류의 함량을 구한다.

\* 본 시험법에 수은을 추가하여 시험할 수 있다.

##### 2. 장비와 재료

###### 2.1 장비

- 2.1.1 배출물 포집장치
- 2.1.2 유도결합플라즈마/질량분석기(ICP/MS)
- 2.1.3 분석용 저울(Analytical balance)
- 2.1.4 마이크로웨이브 시스템(Microwave digestion system)

###### 2.2 실험실 소모품

- 2.2.1 마이크로웨이브 분해용기(vessel, 이하 베셀)
- 2.2.2 부피플라스크(10 mL, 100 mL, 1 L)
- 2.2.3 70 mL 유리 임핀저(Impinger)
- 2.2.4 1/4인치 에스테르 등급 타이곤 튜브(Tygon tube) 또는 이와 동등한 것
- 2.2.5 1/4인치 넬진(Nalgene) 커넥터 또는 이와 동등한 것
- 2.2.6 테프론 마개와 유리 매니폴드
- 2.2.7 125 mL의 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 저장용기
- 2.2.8 전압 발생기(High voltage generator)
- 2.2.9 텅스텐 전극이 연결된 정전기포집관(Electrostatic precipitation tube, EP tube)

##### 3. 표준물질 및 일반시약

###### 3.1 표준물질

- 3.1.1 표준물질: 니켈(Nickel)  
화학식: Ni, 원자량: 58.7, CAS No.: 7440-02-0
- 3.1.2 표준물질: 납(Lead)  
화학식: Pb, 원자량: 207.2, CAS No.: 7439-92-1
- 3.1.3 표준물질: 카드뮴(Cadmium)  
화학식: Cd, 원자량: 112.4, CAS No.: 7440-43-9
- 3.1.4 표준물질: 크롬(Chromium)  
화학식: Cr, 원자량: 52.0, CAS No.: 7440-47-3
- 3.1.5 표준물질: 비소(Arsenic)  
화학식: As, 원자량: 74.9, CAS No.: 7440-38-2
- 3.1.6 표준물질: 셀레늄(Selenium)  
화학식: Se, 원자량: 79.0, CAS No.: 7782-49-2
- 3.1.7 표준물질: 수은(Mercury)  
화학식: Hg, 원자량: 200.6, CAS No.: 7439-97-6

## 3.2 일반시약

- 3.2.1 진한 염산(HCl)
- 3.2.2 진한 질산(HNO<sub>3</sub>)
- 3.2.3 초순수(Ultrapure water)
- 3.2.4 메탄올(Methanol)
- 3.2.4 농축용 질소

## 4. 시험과정

4.1 실험기구 세척: 모든 유리 기구와 베셀은 결과에 영향을 미치지 않게 하기 위해 사용 직전에 10% 질산으로 세척한 후 초순수로 헹구어야 한다.

### 4.2 표준용액의 조제

- 4.2.1 바탕용액(10 % 질산(v/v)): 1 L 부피플라스크에 초순수 약 500 mL를 넣은 후 진한 질산 100 mL를 넣고 초순수로 눈금까지 채운다. 금의 농도가 200 ng/mL가 되도록 금 표준물질(1000 µg/mL) 을 200 µL 추가하여 잘 섞어준다.
- 4.2.2 표준원액(비소, 셀레늄 100 µg/mL): 10 mL 부피플라스크에 비소와 셀레늄 표준물질 1 mL를 넣고 바탕용액으로 눈금까지 채운다.
- 4.2.3 표준용액: 100 mL 부피플라스크에 납, 니켈, 카드뮴, 수은 표준물질 100 µL, 크롬 표준물질 25 µL, 표준원액 100 µL를 넣은 후 바탕용액으로 눈금까지 채운다.  
(납, 니켈, 카드뮴, 수은 = 1 µg/mL, 크롬 = 0.25 µg/mL, 비소, 셀레늄 = 0.1 µg/mL)

### 4.3 시험용액의 조제

#### 4.3.1 배출물 포집

- 4.3.1.1 두 개의 임핀저에 바탕용액 20 mL를 첨가하여 준비한다.
- 4.3.1.2 배출물 포집 전 정전기포집관의 무게를 재고 기록한다.
- 4.3.1.3 배출물 포집장치에 텅스텐 전극과 정전기포집관을 연결한다.
- 4.3.1.4 정전기포집관 유닛 내에 전압을 17.5 kV로 설정하고, 0.2 mA로 전류를 조정한다.
- 4.3.1.5 타이콘 튜브를 사용하여 정전기포집관 홀더와 백업 패드 홀더 사이에 바탕용액 20 mL가 담긴 임핀저를 연결한다.
- 4.3.1.6 정전기포집관과 임핀저가 연결된 상태에서 퍼프 볼륨을 조정한다.
- 4.3.1.7 정전기포집관은 정전기포집관 유닛에 삽입하고 정전기포집관의 앞은 포집 기계의 헤드 블록에 연결한다.
- 4.3.1.8 10 % 질산 20 mL가 담긴 새로운 임핀저를 정전기포집관 홀더 및 백업 패드 카세트 사이에 연결한다. 정전기포집관 홀더와 백업 패드 카세트 사이에 연결된 임핀저를 새로운 10 % 질산 20 mL가 담긴 임핀저로 교체한다.
- 4.3.1.9 백업 필터 패드를 교체한다.
- 4.3.1.10 장치 내에 공기 누출을 확인한다.
- 4.3.1.11 조화된 담배를 사용하여 적절한 포집조건에 따라 배출물을 포집하고 정전기포집관을 장치로부터 제거한 후 유리 마개로 양 끝을 막는다.
- 4.3.1.12 정전기포집관의 무게를 재고 기록한다.

#### 4.3.2 배출물 중 중금속류 추출

- 4.3.2.1 메탄올 25 mL를 정전기포집관에 첨가하고 흔들어 추출한다.
- 4.3.2.2 추출물을 베셀에 옮긴다.
- 4.3.2.3 추출물을 질소로 증발농축시키고, 핫플레이트나 분해기에서 약하게 가열한다.
- 4.3.2.4 잔류물은 마이크로웨이브 오븐을 사용하여 산분해시킨다.

#### 4.3.3 마이크로웨이브 오븐 산분해

- 4.3.3.1 진한 염산 6 mL을 베셀에 첨가한다.
- 4.3.3.2 2 mL의 진한 질산을 첨가하고 섞은 후 더 이상 갈색이나 오렌지색 배출물이 발생(NOx 생성)하지 않을 때까지 정치한다.
- 4.3.3.3 과도한 기포가 발생하지 않도록 과산화수소 8 mL를 주의깊게 첨가한다.
- 4.3.3.4 거품이 가라앉을 때까지 약 10 분 정도 놓아둔다.
- 4.3.3.5 임핀저액을 베셀에 첨가한다.
- 4.3.3.6 임핀저를 과산화수소 5 mL로 2회 세척하고 그 용액을 베셀에 첨가한다.
- 4.3.3.7 거품이 가라앉을 때까지 약 10 분 정도 놓아둔다.
- 4.3.3.8 베셀의 뚜껑을 닫고 마이크로웨이브 오븐에 고정한다.
- 4.3.3.9 가장 큰 TPM(가장 반응 있는 샘플)의 샘플은 온도를 감지하기 위한 기준으로 선택하고 분해 조절 압력과 온도를 감지하는 참고 용으로 선택한다.
- 4.3.3.10 마이크로웨이브 오븐을 이용하여 분해한다.

표 2. 마이크로웨이브 분해 프로그램(예)

Stage:	1	2	3	4	5
Power(%):	70	70	70	0	100
Pressure (psi):	45	125	175	20	150
Run Time (min):	20	10	30	20	20
Time at Parameter:	8	8	25	20	10
Temperature(°C):	95	135	190	25	190
Fan Speed:	50%	50%	50%	50%	80%

- 4.3.3.11 분해용액을 확인한다. 만약 분해가 불완전하게 나타난다면 분해용액을 한 번 더 분해시킨다.
- 4.3.3.12 분해가 완료되면 분해용액을 100 mL 부피플라스크에 옮기고 베셀을 헝군 초순수로 눈금까지 채운다. 금의 농도가 200 ng/mL가 되도록 금 표준물질(1000 µg/mL)을 20 µL 추가하여 잘 섞어준다.
- 4.3.3.13 부피플라스크의 내용물을 125 mL의 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 저장용기로 옮긴 후 시험용액으로 한다.

### 5. 분석 및 계산

#### 5.1 중금속류 정성시험

##### 5.1.1 유도결합플라즈마/질량분석기 분석

정성시험은 표준용액, 시험용액을 아래의 조건으로 시험한다. 같은 방법으로 공시험을 한다.

표 3. 기기분석 조건(예)

• 기 기 명	유도결합플라즈마/질량분석기 (ICP/MS)
• 플라즈마 유속(plasma flow)	16.5 L/min
• 플라즈마 전력(plasma forward power)	1.35 kW
• 보조기체 유속(auxiliary flow)	0.6 L/min
• 분사유속(nebulizer flow)	0.78 L/min
• 용액 흡수유속(solution uptake rate)	0.6 mL/min
• 분사방 온도(spray chamber temperature)	15 °C
• 검출기 모드(detector mode)	Pulse
• 반복적 분수(replicate integrations)	5
• 질량 범위(mass range)	8 amu - 240 amu
• 체류시간(dwel time)	320 μs
• 스캔 수(number of scan sweeps)	85

표 4. 이온 값(예)

성분명(원소)	정량이온(m/z)
니켈	58, 60
납	206, 207, 208
카드뮴	111, 114
수은	202
크롬	53, 52
비소	75
셀레늄	82

5.1.2 시험용액에서 검출된 특정 원소에 대한 기기반응값이 정량한계(limit of quantitation, LOQ) 미만일 경우 "불검출"로 하고, 정량한계 이상일 경우를 대상으로 5.2 정량시험을 실시한다.

## 5.2 중금속류 정량시험

5.2.1 검량선: 정성시험 5.1 에서 얻은 시험용액의 기기반응값으로부터 예상되는 검출량을 포함하는 최소 3 개 이상의 농도 구간으로 표준원액을 희석하여 검량선을 작성한다.

5.2.2 시험용액: 4.3 의 시험용액을 사용한다. 필요한 경우, 시험용액을 희석하여 사용한다.

5.2.3 시험조건: 시험용액은 5.1 에 따라 분석한다.

## 5.3 계산

검량선의 수식을 이용하여 다음 계산식에 따라 시험용액 중 해당 성분의 농도를 구한다.

### 5.3.1 검량선 수식

$$y = a x + b \quad (R^2 \geq 0.99)$$

x = 시험용액 중 각 해당 성분 농도

y = 시험용액 중 각 해당 성분 원소의 기기반응값

### 5.3.2 계산식

$$\begin{array}{l} \text{중금속류 함량} \\ \text{(ng/cig)} \end{array} = \frac{\begin{array}{l} \text{시험용액 중} \\ \text{( 중금속류 농도} \\ \text{(ng/mL)} \end{array} - \begin{array}{l} \text{빈 유리섬유필터} \\ \text{중금속류 농도} \\ \text{(ng/mL)} \end{array}) \times \text{추출용매 부피(mL)}{\text{담배 개비 수(cig)}}$$

## 3-7 수은

### 3-7-1 수은(제1법)

캐나다 보건부(Health Canada)의 측정기준 T-108을 따른다.

### 3-7-2 수은(제2법)

#### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 껀련 및 껀련형 전자담배 배출물 중 수은의 시험검사 수행을 위한 시험법으로 배출물 포집 장치를 이용하여 배출물을 포집한 후 냉증기 원자흡광분광광도계를 이용하여 수은의 함량을 구한다.

#### 2. 장비와 재료

##### 2.1 장비

- 2.1.1 배출물 포집장치
- 2.1.2 냉증기 원자흡광분광광도계(CVAAS)
- 2.1.3 분석용 저울(Analytical balance)
- 2.1.4 마이크로웨이브 시스템(Microwave digestion system)

##### 2.2 실험실 소모품

- 2.2.1 마이크로웨이브 분해용기(vessel, 이하 베셀)
- 2.2.2 부피플라스크(100 mL, 500 mL, 1 L)
- 2.2.3 70 mL 유리 임핀저(Impinger)
- 2.2.4 1/4인치 에스테르 등급 타이곤 튜브(Tygon tube) 또는 이와 동등한 것
- 2.2.5 1/4인치 넬진(Nalgene) 커넥터 또는 이와 동등한 것
- 2.2.6 44 mm 유리섬유필터
- 2.2.7 20 mm × 150 mm 일회용 붕규산 시험관
- 2.2.8 125 mL의 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 저장용기
- 2.2.9 냉증기 생성 장치(Cold Vapour Generation Assembly) 또는 이와 동등한 것

#### 3. 표준물질 및 일반시약

##### 3.1 표준물질

- 3.1.1 표준물질: 수은(Mercury)  
화학식: Hg, 원자량: 200.6, CAS No.: 7439-97-6

##### 3.2 일반시약

- 3.2.1 진한 염산(HCl)
- 3.2.2 진한 황산(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
- 3.2.3 진한 질산(HNO<sub>3</sub>)
- 3.2.4 초순수(Ultrapure water)
- 3.2.5 과망간산칼륨(Potassium permanganate)
- 3.2.6 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 30~32 %)
- 3.2.7 염화제일주석(Stannous chloride)
- 3.2.8 염산하이드록실아민(Hydroxylamine hydrochloride)

#### 4. 시험과정

- 4.1 실험기구 세척: 모든 유리 기구와 베셀은 결과에 영향을 미치지 않게 하기 위해 사용 직전에 50% 염산으로 세척한 후 초순수로 헹구어야 한다.

#### 4.2 표준용액의 조제

- 4.2.1 바탕용액(12 % 황산 (v/v)): 모든 표준용액을 분석 직전에 희석하는데 사용한다. 바탕용액은 최대 이틀까지만 사용 가능하다.
- 4.2.2 표준원액(1 µg/mL): 100 mL 부피플라스크에 표준물질 100 µL를 넣고 10 % (v/v)질산으로 눈금까지 채운다.
- 4.2.3 표준용액: 100 mL 부피플라스크에 표준원액을 일정량을 넣고 12 % (v/v) 황산 용액으로 눈금까지 채운다.

#### 4.3 시험용액의 조제

- 4.3.1 초순수에 진한 황산과 과망간산칼륨을 녹여 20 % 황산 (v/v)과 4 % 과망간산칼륨 (w/v)으로 이루어진 임핀저 용액 1 L를 만든다.
- 4.3.2 염산하이드록실아민을 초순수에 녹여 10 % 염산하이드록실아민 용액(w/v) 100 mL를 만든다.
- 4.3.3 초순수에 진한 염산을 섞어 20 % 염산용액(v/v) 500 mL를 만든다.
- 4.3.4 500 mL 부피플라스크에 염화주석 125 g을 취한 후 100 mL의 진한 염산으로 녹이고 냉각시킨 후 초순수로 채워 25 % 염화주석 용액(w/v) 500 mL를 만든다.
- 4.3.5 배출물 포집장치와 30 mL의 임핀저 용액을 포함하는 70 mL의 임핀저 두 개를 직접 연결한다.
- 4.3.6 조화된 담배를 사용하여 적절한 포집조건에 따라 배출물을 포집한다.
- 4.3.7 정압을 이용하여 임핀저 용액을 역류시켜서 임핀저 각각의 튜브를 세척한다.
- 4.3.8 첫 번째로 임핀저 #1 용액을 베셀로 옮긴다. 그리고 나서 임핀저 #2 용액을 임핀저 #1로 옮긴다. 그 후에 과산화수소 5 mL로 한 번 세척 후 초순수 5 mL로 한 번 더 세척해 임핀저 #2의 나머지 산을 세척한다. 베셀에 임핀저 #1의 내용물을 옮긴 후에 임핀저 #2의 세척액을 사용하여 임핀저 #1의 세척과정을 반복한다.
- 4.3.9 조심스럽게 같은 베셀에 임핀저 세척액을 첨가한다.
- 4.3.10 분해를 조절하기 위한 모니터링 압력과 온도에서 기준 용기에 가장 반응성이 강한 샘플을 선택한다.
- 4.3.11 마이크로웨이브 오븐을 이용해 아래와 같은 조건으로 산분해 처리를 진행한다.

※ 참조. 마이크로웨이브 분해 프로그램

Stage	1	2	3	4	5
Power(%)	70	70	70	0	0
Pressure (psi)	50	125	175	20	150
Run time (min)	20	15	20	20	20
Time at parameter	8	8	15	20	10
Temperature	95	125	165	20	190
Fan speed	50	50	50	80	

- 4.3.12 분해 완료 후 베셀을 실온으로 냉각시킨 후 연다.
- 4.3.13 샘플에서 과량의 과망간산염용액과의 반응을 위해 각 베셀에 염산하이드록실아민 용액 5 mL 를 한방울씩 첨가한다.
- 4.3.14 100 mL 부피플라스크에 분해용액을 넣고 베셀을 행군 초순수로 희석하여 시험용액으로 한다.

### 5. 분석 및 계산

#### 5.1 수은 정성시험

##### 5.1.1 냉증기 원자흡광분광광도계 분석

정성시험은 표준용액, 시험용액을 아래의 조건으로 시험한다. 같은 방법으로 공시험을 한다.

표 1. 기기분석 조건(예)

성분명(원소)	측정파장(nm)	불꽃기체	운반기체
수은	253.7	-	Ar

5.1.2 시험용액에서 검출된 특정 원소에 대한 기기반응값이 정량한계(limit of quantitation, LOQ) 미만일 경우 "불검출"로 하고, 정량한계 이상일 경우를 대상으로 5.2 정량시험을 실시한다.

### 5.2 수은 정량시험

5.2.1 검량선: 정성시험 5.1 에서 얻은 시험용액의 기기반응값으로부터 예상되는 검출량을 포함하는 최소 3 개 이상의 농도 구간으로 표준원액을 희석하여 검량선을 작성한다.

5.2.2 시험용액: 4.2 의 시험용액을 사용한다. 필요한 경우, 시험용액을 희석하여 사용한다.

5.2.3 시험조건: 시험용액은 5.1 에 따라 분석한다.

### 5.3 계산

검량선의 수식을 이용하여 다음 계산식에 따라 시험용액 중 수은의 농도를 구한다.

#### 5.3.1 검량선 수식

$$y = a x + b \quad (R^2 \geq 0.99)$$

x = 시험용액 중 수은 농도

y = 시험용액 중 각 수은의 기기반응값

#### 5.3.2 계산식

수은 함량 (ng/cig)	=	$\frac{\text{시험용액 중 수은 농도 (ng/mL)}}{\text{담배 개비 수 (cig)}} \times \text{추출용매 부피 (mL)}$	×	추출용매 부피 (mL)
-------------------	---	---	---	-----------------

## 3-8 시안화수소

### 3-8-1 시안화수소(제1법)

캐나다 보건부(Health Canada)의 측정기준 T-107를 따른다.

### 3-8-2 시안화수소(제2법)

#### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 껴련 및 껴련형 전자담배 배출물 중 시안화수소의 시험검사 수행을 위한 시험법으로 배출물 포집장치를 이용하여 배출물을 포집한 후 연속흐름분석기를 이용하여 시안화수소의 함량을 구한다.

#### 2. 장비와 재료

##### 2.1 장비

- 2.1.1 배출물 포집장치
- 2.1.2 연속흐름분석기
- 2.1.3 분석용 저울(Analytical balance)
- 2.1.4 진탕기(Shaker)

##### 2.2 실험실 소모품

- 2.2.1 유리필터 깔때기(Glass filter funnel)
- 2.2.2 부피플라스크(50 mL)
- 2.2.3 삼각플라스크(125 mL, 스크류 캡 또는 이와 유사한 것 포함)
- 2.2.4 70 mL 유리 임핀저(Impinger)
- 2.2.5 임핀저 연결 튜브
- 2.2.6 PTFE 실린지 필터(Syringe filter): 0.45  $\mu\text{m}$  이하
- 2.2.7 유리섬유필터(지름 44 mm 또는 92 mm)
- 2.2.8 자동분석기 시료컵(Sample cups for auto analyzer)

#### 3. 표준물질 및 일반시약

##### 3.1 표준물질

- 3.1.1 표준물질: 시안화칼륨(Potassium cyanide)  
화학식: KCN, 화학식량: 65.1, CAS No.: 151-50-8

##### 3.2 일반시약

- 3.2.1 클로라민-T(Chloramine T)
- 3.2.2 파이리딘(Pyridine)
- 3.2.3 수산화나트륨(Sodium Hydroxide, NaOH)
- 3.2.4 3-메틸-1-페닐-2-피라졸린-5-온(3-methyl-1-phenyl-2-pyrazolin-5-one)
- 3.2.5 비스피라졸론(Bispyrazolone)
- 3.2.6 인산이수소칼륨(Potassium dihydrogen phosphate)
- 3.2.7 인산수소이나트륨(Disodium hydrogen phosphate)
- 3.2.8 Brij-35 용액 30 % (Brij-35 solution) 또는 이와 동등한 것
- 3.2.9 초순수(Ultrapure water)

#### 4. 시험과정

##### 4.1 표준용액의 조제

- 4.1.1 바탕용액(0.1 N 수산화나트륨): 2 L의 1차 초순수에 8 g의 수산화나트륨을 넣고 완전히 용해시킨다.

4.1.2 표준원액(500 ppm): 50 mL 부피플라스크에 시안화칼륨 60.2 mg을 넣고 바탕용액으로 눈금까지 채운다.

4.1.3 50 mL 부피플라스크에 표준원액 일정량을 넣고 바탕용액으로 눈금까지 채운다. 표준용액은 매주 새로 제조한다.

#### 4.2 시험용액의 조제

4.2.1 클로라민-T 용액: 초순수 500 mL에 클로라민 2 g을 넣고 잘 혼합한다. 이 용액은 매주 새로 제조한다.

4.2.2 포화 피라졸론 용액: 2 L의 초순수에 5 g의 3-메틸-1-페닐-2-피라졸린-5-온을 넣고 10 시간 이상 75 °C에서 마그네틱 교반기를 사용하여 교반한다.

4.2.3 파이리딘-피라졸론 용액: 갈색 메디아 병에 80 mL의 파이리딘으로 비스피라졸론 0.08 g을 녹이고 30 분 동안 마그네틱 교반기로 섞는다. 용액을 얻은 후에 400 mL의 필터된 포화 피라졸론 용액을 첨가하고 섞는다. 용액은 사용 시마다 준비한다.

4.2.4 버퍼 용액: 1 L 초순수에 13.6 g의 인산이수소칼륨과 0.28 g 인산수소이나트륨을 녹인 후 0.5 mL Brij-35를 넣고 혼합한다.

4.2.5 임핀저에 배출물의 시안화수소 분석을 위한 바탕용액을 30 mL 넣는다.

4.2.6 배출물 포집장치의 뒤쪽 부분에 임핀저를 놓아둔다. 임핀저 뚜껑의 위쪽 관이 유리섬유필터 쪽으로 연결되고 임핀저 뚜껑의 옆쪽 관은 배출물 포집장치의 실린저 쪽으로 연결한다.

4.2.7 조화된 담배를 사용하여 적절한 포집조건에 따라 배출물을 포집하고 125 mL 삼각플라스크에 유리섬유필터를 넣는다.

4.2.8 삼각플라스크에 바탕용액 40 mL을 첨가한 후 30분 동안 진탕한다.

4.2.9 진탕이 끝나면 유리섬유필터를 제거하고 주사기 필터를 사용하여 유리섬유필터 추출물을 자동분석기 시료 컵에 바로 여과하여 시험용액으로 한다.

4.2.10 배출물 중 시안화수소를 포집한 임핀저 추출용액으로 연결된 튜브와 임핀저 벽면을 세척한 후 분석을 위해 새로운 자동분석기 시료 컵으로 옮기고 시험용액으로 한다.

### 5. 분석 및 계산

#### 5.1 시안화수소 정성시험

##### 5.1.1 연속흐름분석기 분석

정성시험은 표준용액, 시험용액을 아래의 조건으로 시험한다. 분석은 하루 안에 완료되어야 하며, 같은 방법으로 공시험을 한다.

표 1. 기기분석 조건(예)

• 반응온도	40 °C
• 검출파장	필터 600 nm
• 셀 길이	30 mm
• 파이리딘-피라졸론 용액	0.42 mL/min
• 클로라민-T 용액	0.42 mL/min
• 버퍼 용액	0.60 mL/min
• 분석 용액	0.23 mL/min

##### 5.1.2 표준용액의 비색계 결과 그래프

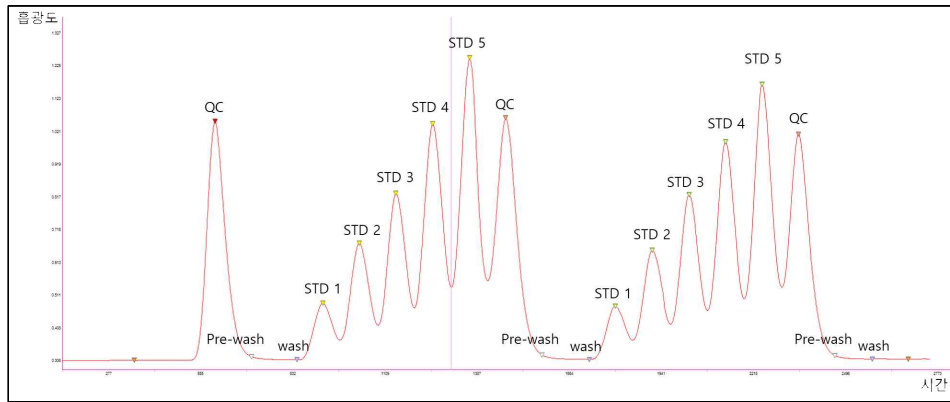


그림 1. 시안화수소 표준용액 크로마토그램

5.1.3 시험용액에서 검출된 특정 원소에 대한 기기반응값이 정량한계(limit of quantitation, LOQ) 미만일 경우 "불검출"로 하고, 정량한계 이상일 경우를 대상으로 5.2 정량시험을 실시한다.

### 5.2 시안화수소 정량시험

5.2.1 검량선: 정성시험 5.1 에서 얻은 시험용액의 기기반응값으로부터 예상되는 검출량을 포함하는 최소 3 개 이상의 농도 구간으로 표준원액을 희석하여 검량선을 작성한다.

5.2.2 시험용액: 4.2 의 시험용액을 사용한다. 필요한 경우, 시험용액을 희석하여 사용한다.

5.2.3 시험조건: 시험용액은 5.1 에 따라 분석한다.

### 5.3 계산

검량선의 수식을 이용하여 다음 계산식에 따라 시험용액 중 해당 성분의 농도를 구한다.

#### 5.3.1 검량선 수식

$$y = a x + b \quad (R^2 \geq 0.99)$$

x = 시험용액 중 시안화수소의 농도

y = 시험용액 중 각 시안화수소의 기기반응값

#### 5.3.2 계산식

시안화수소 함량 ( $\mu\text{g}/\text{cig}$ )	=	$\frac{\text{임핀저 추출용액 중 시안화수소 농도 } (\mu\text{g}/\text{mL}) \times \text{추출용매 부피 (mL)}}{\text{담배 개비 수 (cig)}}$	+	$\frac{\text{유리섬유필터 추출용액 중 시안화수소 분석농도 } (\mu\text{g}/\text{mL}) \times \text{추출용매 부피 (mL)}}{\text{담배 개비 수 (cig)}}$
---	---	---	---	--

## 3-9 카르보닐류(포름알데히드 등 8개)

### 3-9-1 카르보닐류(제1법)

국제표준화기구(ISO)의 측정기준 23922를 따른다.

### 3-9-2 카르보닐류(제2법)

#### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 껌련 및 껌련형 전자담배 배출물 중 카르보닐류의 시험검사 수행을 위한 시험법으로 배출물 포집장치를 이용하여 배출물을 포집한 후 액체크로마토그래프/자외선검출기를 이용하여 카르보닐류의 함량을 구한다.

#### 2. 장비와 재료

##### 2.1 장비

- 2.1.1 배출물 포집장치
- 2.1.2 액체크로마토그래프/다이오드 어레이 검출기(LC/DAD)
- 2.1.3 분석용 저울(Analytical balance)
- 2.1.4 핫플레이트/교반기(Hot plate/stirrer)

## 2.2 실험실 소모품

- 2.1.1 갈색병(1 L, 4 L)
- 2.1.2 갈색부피플라스크(10 mL, 25 mL, 200 mL, 1 L, 2 L)
- 2.1.3 PVDF 주사기 필터(Syringe filter): 0.45  $\mu$ m 이하 또는 여과용 멤브레인 필터
- 2.1.4 유리 임핀저를 장착한 12 개 유리 Drechsel 형태의 트랩 (용량 250 mL)
- 2.1.5 날진(Nalgene) 튜브 1/4"ID×3/8"OD
- 2.1.3 컬럼: C18 column (250 mm × 4.6 mm ID, 5  $\mu$ m) 또는 이와 동등한 것

## 3. 표준물질 및 일반시약

### 3.1 표준물질

- 3.1.1 표준물질: 포름알데히드-DNPH(Formaldehyde-Dinitrophenylhydrazine)  
화학식:  $C_7H_6N_4O_4$ , 화학식량: 210.2, CAS No.: 1081-15-8
- 3.1.2 표준물질: 아세트알데히드-DNPH(Acetaldehyde-Dinitrophenylhydrazine)  
화학식:  $C_8H_8N_4O_4$ , 화학식량: 224.2, CAS No.: 1019-57-4
- 3.1.3 표준물질: 아크롤레인-DNPH(Acrolein-Dinitrophenylhydrazine)  
화학식:  $C_9H_8N_4O_4$ , 화학식량: 236.2, CAS No.: 888-54-0
- 3.1.4 표준물질: 아세톤-DNPH(Acetone-Dinitrophenylhydrazine)  
화학식:  $C_9H_{10}N_4O_4$ , 화학식량: 238.2, CAS No.: 1567-89-1
- 3.1.5 표준물질: 프로피온알데히드-DNPH(Propionaldehyde-Dinitrophenylhydrazine)  
화학식:  $C_9H_{10}N_4O_4$ , 화학식량: 238.2, CAS No.: 725-00-8
- 3.1.6 표준물질: 크로톤알데히드-DNPH(Crotonaldehyde-Dinitrophenylhydrazine)  
화학식:  $C_{10}H_{10}N_4O_4$ , 화학식량: 250.2, CAS No.: 1527-96-4
- 3.1.7 표준물질: 부틸알데히드-DNPH(Butyraldehyde-Dinitrophenylhydrazine)  
화학식:  $C_{10}H_{12}N_4O_4$ , 화학식량: 252.2, CAS No.: 1527-98-6
- 3.1.8 표준물질: 메틸에틸케톤-DNPH(Methyl Ethyl Ketone-Dinitrophenylhydrazine),  
화학식:  $C_{10}H_{12}N_4O_4$ , 화학식량 : 252.2, CAS No.: 958-60-1

### 3.2 일반시약

- 3.2.1 아이소프로판올(Isopropanol), 수분 함량 최대 1.0 mg/mL
- 3.2.2 아세토나이트릴(Acetonitrile)
- 3.2.3 에틸 아세테이트(Ethyl acetate)
- 3.2.4 테트라하이드로퓨란(Tetrahydrofuran, THF)
- 3.2.5 에탄올(Ethanol) - HPLC 등급
- 3.2.6 인산(Phosphoric acid)-순도 85%
- 3.2.7 트리즈마 염(Trizma Base)
- 3.2.8 2,4-디니트로페닐하이드라진(2,4-dinitrophenylhydrazine, 2,4-DNPH, 이하 DNPH),
- 3.2.9 초순수(Ultrapure water)

## 4. 시험과정

### 4.1 표준용액의 조제

- 4.1.1 표준원액: 25 mL의 부피플라스크에 일정량의 정제된 하이드라존의 무게를 각각 재어 넣고 아세토나이트릴로 눈금까지 채운다.

4.1.2 1차 표준용액: 25 mL 부피플라스크에 각각의 표준원액을 넣고 아세트나이트릴로 눈금까지 채운다.

4.1.3 표준용액: 10 mL 부피플라스크에 1차 표준용액의 일정량을 넣고 아세트나이트릴로 눈금까지 채운다.

#### 4.2 시험용액의 조제

##### 4.2.1 DNPH 용액의 제조

4.2.1.1 인산용액: 200 mL의 부피플라스크에 약 150 mL의 증류수와 85 % 인산 28 mL를 넣고 잘 섞은 후 초순수로 눈금까지 채운다.

4.2.1.2 2 L 갈색 부피플라스크에 아세트나이트릴 1 L을 넣고 DNPH 6.792 g (24 mmol에 해당)의 무게를 측정해 넣은 후 핫플레이트/교반기로 약한 교반과 동시에 부피플라스크를 따뜻하게 만들어 DNPH를 용해시킨다. 결정이 남아있지 않아야 한다.

4.2.1.3 DNPH를 용해시킨 후 인산용액 58 mL를 넣고 약하게 교반한다. 용액은 이 시점에서 노란색으로 변한다.

4.2.1.4 초순수로 눈금까지 채운다. 이 용액은 초순수 첨가 후 밝은 오렌지색으로 변한다.

4.2.1.5 DNPH 침전을 줄이기 위해서 실온의 어두운 곳에서 4 L 갈색병에 넣고 밀봉하여 보관한다.

4.2.2 트리즈마 염(Trizma base) 용액: 1 L의 부피플라스크에 초순수 200 mL을 넣고 트리즈마 염(Trizma Base) 2.00 g을 넣은 후 아세트나이트릴로 눈금까지 채운다. 실온의 어두운 곳에서 1 L 갈색병에 보관할 수 있다.

4.2.3 각 임핀저에 DNPH 용액(4.2.1)을 35 mL 넣고 조화된 담배를 사용하여 적절한 포집조건에 따라 배출물을 포집한다.

4.2.4 포집한 DNPH 용액을 주사기 필터로 여과한 후 4 mL를 취해 트리즈마 염 용액이 5 mL 들어있는 10 mL 부피플라스크에 넣고 잘 섞은 후 트리즈마 염 용액으로 눈금까지 채워 시험용액으로 한다.

#### 5. 분석 및 계산

##### 5.1 카르보닐 정성시험

5.1.1 액체크로마토그래프/다이오드 어레이 검출기(LC/DAD) 분석

정성시험은 표준용액, 시험용액을 아래의 조건으로 시험한다. 별도로 같은 방법으로 공시험을 한다.

표 1. 기기분석 조건(예)

• 기 기 명	액체크로마토그래프/다이오드 어레이 검출기(LC/DAD) 분석			
• 컬 럼	C18 column (250 mm × 4.6 mm ID, 5 μm) 또는 이와 동등한 것			
• 시료주입량	10 ~ 20 μL			
• 오븐온도	30 °C			
• 유 속	0.8 mL/min			
• 파 장	365 nm			
• 이 동 상	A: 30 % Acetonitrile, 10 % THF, 1 % IPA			
	B: 65 % Acetonitrile, 1 % THF, 1 % IPA			
	C: Acetonitrile			
• 이 동 상 조 건	Time	A	B	C
	0.0	100	0	0
	8.00	70	30	0
	20.00	47	53	0
	27.00	0	100	0
	30.00	0	0	100
	32.00	0	0	100
	34.00	95	5	0
	Method end	-	-	-
	10분동안 동일	100	0	0

### 5.1.2 표준용액의 크로마토그램

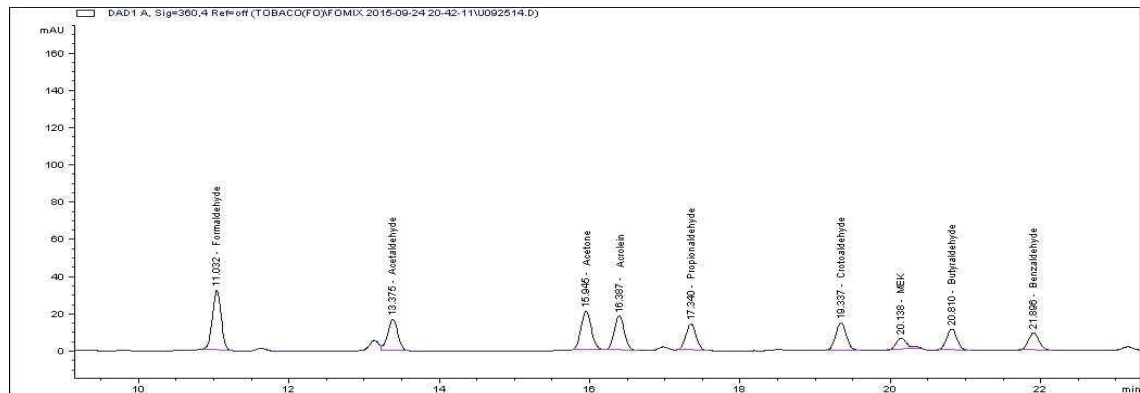


그림 1. 카르보닐류 표준용액 크로마토그램

5.1.3 시험용액에서 검출된 피크(peak)가 표준물질과 같은 머무름시간(Retention time)과 스펙트럼을 갖지 않거나, 정량한계(limit of quantitation, LOQ) 미만인 경우는 "불검출"로 하고, 정량한계 이상의 피크를 대상으로 5.2 정량시험을 실시한다.

### 5.2 카르보닐 정량시험

- 5.2.1 검량선: 정성시험 5.1 에서 얻은 시험용액의 피크면적으로부터 예상되는 검출량을 포함하는 최소 3 개 이상의 농도 구간으로 표준용액을 희석하여 검량선을 작성한다.
- 5.2.2 시험용액: 4.2 의 시험용액을 사용한다. 필요한 경우, 시험용액을 희석하여 사용한다.
- 5.2.3 시험조건: 시험용액은 5.1 에 따라 분석한다.

### 5.3 계산

검량선의 수식을 이용하여 다음 계산식에 따라 시험용액 중 해당 성분의 농도를 구한다.

#### 5.3.1 검량선 수식

$$y = a x + b \quad (R^2 \geq 0.99)$$

x = 시험용액 중 각 카르보닐류 농도

y = 시험용액 중 각 카르보닐류 면적  
5.3.2 계산식

카르보닐류 함량 ( $\mu\text{g}/\text{cig}$ )	=	$\frac{(\text{시험용액 중 카르보닐 농도} - \text{공시료 중 카르보닐 농도}) \times \text{추출용매 부피}}{\text{담배 개비 수}(\text{cig})}$
---	---	---

### 3-10 담배특이니트로사민류(NNN, NNK, NAT, NAB)

#### 3-10-1 담배특이니트로사민류(제1법)

국제표준화기구(ISO)의 측정기준 23921 또는 WHO TobLabNet SOP03을 따른다.

#### 3-10-2 담배특이니트로사민류(제2법)

##### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 껌련 및 껌련형 전자담배 배출물 중 담배특이니트로사민류의 시험검사 수행을 위한 시험법으로 배출물 포집장치를 이용하여 배출물을 포집한 후 액체크로마토그래프/질량분석기를 이용해 담배특이니트로사민류의 함량을 구한다.

##### 2. 장비와 재료

###### 2.1 장비

- 2.1.1 배출물 포집장치
- 2.1.2 액체크로마토그래프/질량분석기 (LC/MS/MS)
- 2.1.3 분석용 저울(Analytical balance)
- 2.1.4 진탕기(Shaker)

###### 2.2 실험실 소모품

- 2.2.1 부피플라스크(10, 100, 200, 500, 1000, 2000 mL)
- 2.2.2 삼각플라스크(100 mL 또는 250 mL)
- 2.2.3 유리섬유필터(지름 44 mm 또는 92 mm)
- 2.2.4 여과용 멤브레인 필터 및 디스크형 멤브레인 필터
- 2.2.5 용매용 일회용 주사기
- 2.2.6 가스상 샘플 투입용 주사기(gas-tight syringe), 250  $\mu$ L 부피를 가진 것
- 2.2.7 컬럼: XTerra MS C18 컬럼 (50 mm  $\times$  2.1 mm ID, 2.5  $\mu$ m) 또는 이와 동등한 것

##### 3. 표준물질 및 일반시약

###### 3.1 표준물질

- 3.1.1 표준물질: N-니트로소노르니코틴(N-Nitrosornnicotine, 이하 NNN)  
화학식:  $C_9H_{11}N_3O$ , 화학식량: 177.2, CAS No.: 16543-55-8
- 3.1.2 표준물질: 4-(N-Nitrosomethylamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone, 이하 NNK)  
화학식:  $C_{10}H_{13}N_3O_2$ , 화학식량: 207.2, CAS No.: 64091-91-4
- 3.1.3 표준물질: N-니트로소아나타빈(N-Nitrosoanatabine, 이하 NAT)  
화학식:  $C_{10}H_{13}N_3O$ , 화학식량 :189.2, CAS No.: 887407-16-1
- 3.1.4 표준물질: N-니트로소아나바신(N-Nitrosoanabasine, 이하 NAB)  
화학식:  $C_{10}H_{13}N_3O$ , 화학식량: 191.2, CAS No.: 1133-64-8
- 3.1.5 내부표준물질: N-니트로소노르니코틴(N-Nitrosornnicotine-2,4,5,6-D<sub>4</sub>, 이하 NNN-D<sub>4</sub>)  
화학식:  $C_9H_7D_4N_3O$ , 화학식량: 177.2, CAS No.: 66148-19-4
- 3.1.6 내부표준물질: 4-(N-Nitrosomethylamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone-2,4,5,6-D<sub>4</sub> (이하 NNK-D<sub>4</sub>)  
화학식:  $C_{10}H_7D_4N_3O_2$ , 화학식량: 211.2, CAS No.: 764661-24-7
- 3.1.7 내부표준물질: N-Nitrosoanatabine-D<sub>4</sub> (이하 NAT-D<sub>4</sub>)  
화학식:  $C_{10}H_7D_4N_3O$ , 화학식량 :193.2, CAS No. : 1426174-82-4
- 3.1.8 내부표준물질: N-Nitrosoanabasine-D<sub>4</sub>, (이하 NAB-D<sub>4</sub>)  
화학식:  $C_{10}H_9D_4N_3O$ , 화학식량: 195.2, CAS No.: 1020719-68-9

### 3.2 일반시약

- 3.2.1 아세트산 암모늄(Ammonium acetate),  $w \geq 97\%$
- 3.2.2 아세토나이트릴(Acetonitrile)
- 3.2.3 메탄올(Methanol)
- 3.2.4 아세트산(Acetic acid),  $w \geq 99.77\%$
- 3.2.5 초순수(Ultrapure water)

## 4. 시험과정

### 4.1 표준용액의 조제

- 4.1.1 1차 내부표준원액(1000  $\mu\text{g/mL}$ ): 10 mL 부피플라스크에 10 mg의 NNN-D<sub>4</sub>, NNK-D<sub>4</sub>, NAT-D<sub>4</sub>, NAB-D<sub>4</sub>을 각각 넣고 아세토나이트릴로 눈금까지 채운다.
- 4.1.2 2차 내부표준원액: 100 mL 부피플라스크에 NNN-D<sub>4</sub>, NNK-D<sub>4</sub>, NAT-D<sub>4</sub> 1차 내부표준원액 5 mL와 NAB-D<sub>4</sub> 1차 내부표준원액 1 mL를 넣고 아세토나이트릴로 눈금까지 채운다.
- 4.1.3 내부표준용액: 500 mL 부피플라스크에 혼합된 2차 내부표준원액 50 mL를 넣고 아세토나이트릴로 눈금까지 채운다.
- 4.1.4 표준원액(1000  $\mu\text{g/mL}$ ): 10 mL 부피플라스크에 10 mg의 NNN, NNK, NAT, NAB를 각각 넣고 아세토나이트릴로 눈금까지 채운다.
- 4.1.5 1차 표준용액: 100 mL 부피플라스크에 NNN, NNK, NAT의 표준원액 4 mL, NAB의 1차 표준원액 1 mL를 넣고 아세토나이트릴로 눈금까지 채운다.
- 4.1.6 2차 표준용액: 200 mL 부피플라스크에 1차 표준용액 2 mL를 넣고 아세토나이트릴과 초순수 혼합 용액(아세토나이트릴:초순수=30 : 70, v/v)으로 눈금까지 채운다.
- 4.1.7 100 mM 아세트산 암모늄 용액: 2 L 부피플라스크에 아세트산 암모늄 15.4 g을 넣고 초순수로 눈금까지 채운다.
- 4.1.8 표준용액: 관심 있는 농도 범위에서 7 개의 표준용액을 준비한다.

### 4.2 시험용액의 조제

- 4.2.1 유리섬유필터를 홀더에 넣고 배출물 포집장치에 연결한다.
- 4.2.2 조화된 담배를 사용하여 적절한 포집조건에 따라 배출물을 포집한다.
- 4.2.3 유리섬유필터를 분리하여 삼각플라스크에 넣고 진탕한다.
  - 4.2.3.1 선형 포집 장치 유리섬유필터의 추출 (44 mm): 유리섬유필터가 포함된 삼각플라스크에 내부표준용액 200  $\mu\text{L}$ 와 100 mM 아세트산암모늄 용액 20 mL를 넣은 후 진탕한다.
  - 4.2.3.2 회전형 포집 장치 유리섬유필터의 추출 (92 mm): 유리섬유필터가 포함된 삼각플라스크에 내부표준용액 400  $\mu\text{L}$ 와 100 mM 아세트산암모늄 용액 40 mL를 넣은 후 진탕한다.
- 4.2.4 60 분 간 분당 210 rpm의 속도로 진탕추출한다. 유리섬유필터 추출물을 주사기 필터(0.45  $\mu\text{m}$  PTFE)로 여과하여 시험용액으로 한다.

## 5. 분석 및 계산

### 5.1 담배특이니트로사민 정성시험

- 5.1.1 액체크로마토그래프/질량분석기(LC/MS/MS) 분석  
정성시험은 표준용액, 시험용액을 아래의 조건으로 시험한다. 같은 방법으로 공시험을 한다.

표 1. 기기분석 조건(예)

• 기 기 명	액체크로마토그래프/질량분석기 (LC/MS/MS)		
• 컬 럼	XTerra MS C18 (50 mm × 2.1 mm ID, 2.5 μm) 또는 이와 동등한 것		
• 시 료 주 입 량	5 μL		
• 컬 럼 온 도	65 °C		
• 유 속	250 μL/min		
• 이 동 상	A: 0.1 % 아세트산 수용액		
	B: 0.1 % 아세트산 메탄올 용액		
• 이 동 상 조 건	Time	A	B
	0.0	98	2
	4.0	2	98
	7.0	2	98
	8.0	98	2
	20	98	2
• 이 온 화	ESI, Positive		
• Capillary voltage	4.5 kV, Positive		
• 분무 gas	N <sub>2</sub> (질소 또는 비활성 기체) 345 kPa		
• 건조/증발 gas	N <sub>2</sub> 415 kPa		
• 건조증발 온도	700 °C		
• Curtain gas	N <sub>2</sub> 275 kPa		
• Collision activated dissociation	N <sub>2</sub> 20 kPa		

표 2. 이온 값(예)

성분	전구이온 (m/z)	정량이온 (m/z)	정성이온 (m/z)
NNN	178	148	120
NNK	208	122	79
NAT	190	160	106
NAB	192	162	133
NNN-D <sub>4</sub>	182	152	124
NNK-D <sub>4</sub>	212	126	83
NAT-D <sub>4</sub>	194	164	110
NAB-D <sub>4</sub>	196	166	137

### 5.1.2 표준용액의 크로마토그램

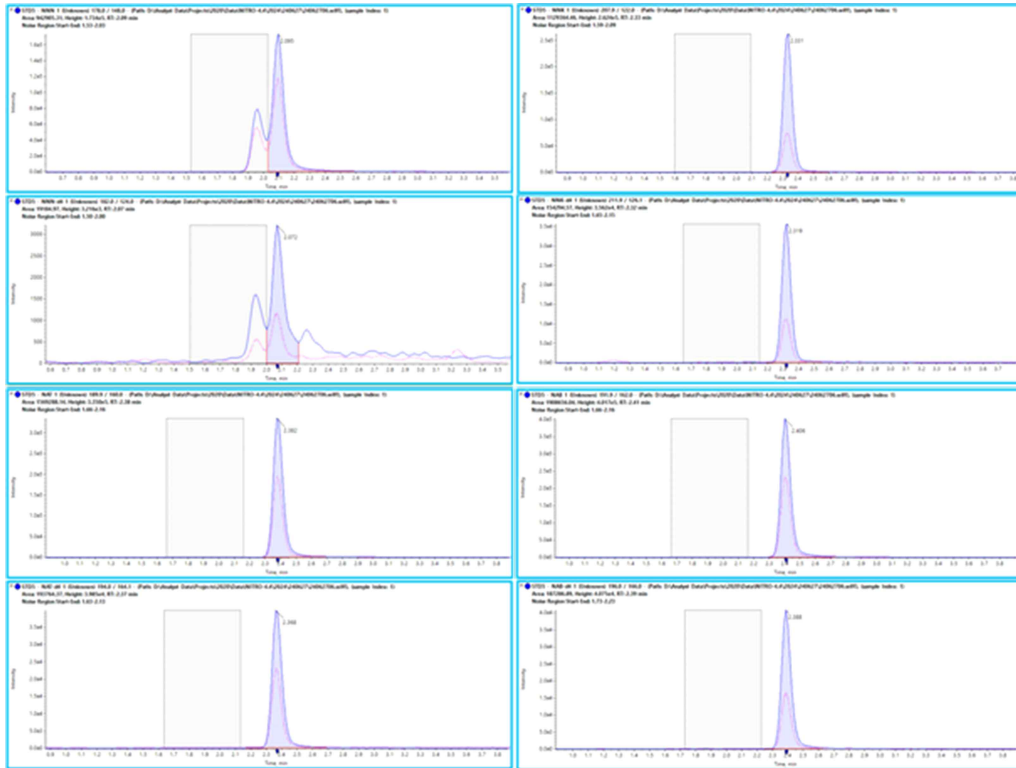


그림 1. 담배특이니트로사민류 크로마토그램

5.1.3 시험용액에서 검출된 피크(peak)가 표준물질과 같은 머무름시간(Retention time), 정량이온 대비 정성이온 피크 면적비를 갖지 않거나 정량한계(limit of quantitation, LOQ) 미만인 경우 "불검출"로 하고, 정량한계 이상의 피크를 대상으로 5.2 정량시험을 실시한다.

### 5.2 담배특이니트로사민 정량시험

- 5.2.1 검량선: 정성시험 5.1 에서 얻은 시험용액의 피크면적으로부터 예상되는 검출량을 포함하는 최소 3 개 이상의 농도 구간으로 표준원액을 희석하여 검량선을 작성한다.
- 5.2.2 시험용액: 4.2 의 시험용액을 사용한다. 필요한 경우, 시험용액을 희석하여 사용한다.
- 5.2.3 시험조건: 시험용액은 5.1 에 따라 분석한다.

### 5.3 계산

검량선의 수식을 이용하여 다음 계산식에 따라 시험용액 중 해당 성분의 농도를 구한다.

#### 5.3.1 검량선 수식

$$y = ax + b \quad (R^2 \geq 0.99)$$

x = 시험용액 중 각 내부표준물질 농도 대비 해당 담배특이니트로사민류 농도비

y = 시험용액 중 각 내부표준물질 피크 면적 대비 해당 담배특이니트로사민류 면적비

#### 5.3.2 계산식

해당 담배특이니트로사민류 함량 (ng/cig)	$=$	$\frac{\text{시험용액 중 해당 담배특이니트로사민류 농도 (ng/mL)}}{\text{담배 개비 수 (cig)}} \times \text{추출용매 부피 (mL)}$
------------------------------------	-----	--

## 3-11 암모니아

### 3-11-1 암모니아(제1법)

국제표준화기구(ISO)의 측정기준 23920을 따른다.

### 3-11-2 암모니아(제2법)

#### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 껀련 및 껀련형 전자담배 배출물 중 암모니아의 시험검사 수행을 위한 시험법으로 배출물 포집장치를 이용하여 배출물을 포집한 후 이온크로마토그래프/전도도 검출기를 이용하여 암모니아의 함량을 구한다.

#### 2. 장비와 재료

##### 2.1 장비

- 2.1.1 배출물 포집장치
- 2.1.2 이온크로마토그래프/전도도 검출기 (IC/CD)
- 2.1.3 분석용 저울(Analytical balance)
- 2.1.4 진탕기(Shaker)

##### 2.2 실험실 소모품

- 2.1.1 폴리메틸펜텐(PMP) 삼각플라스크(125 mL, 마개 포함)
- 2.1.2 부피플라스크(25 mL, 1,000 mL)
- 2.1.3 70 mL 유리 임핀저(Impinger)
- 2.1.4 임핀저 연결 튜브(Tubing=Tygon tube)
- 2.1.5 유리섬유필터(지름 44 mm 또는 92 mm)
- 2.1.6 여과용 멤브레인 필터 및 디스크형 멤브레인 필터
- 2.1.7 용매용 일회용 주사기
- 2.1.8 Dionex™ IonPac CS16 IC 양이온 교환 분석 컬럼(250 mm × 4 mm) 또는 이와 동등한 것
- 2.1.9 Dionex™ IonPac CS16 IC 양이온 교환 감시 컬럼 (50 mm × 4 mm) 또는 이와 동등한 것

#### 3. 표준물질 및 일반시약

##### 3.1 표준물질

- 3.1.1 표준물질: 황산암모늄  
화학식:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , 화학식량: 132.1, CAS No.: 7783-20-2

##### 3.2 일반시약

- 3.2.1 황산 (Sulfuric acid)-순도 96 % 이상
- 3.2.2 메탄술포닉산(Methanesulfonic acid, MSA)-순도 99 % 이상
- 3.2.3 에탄올(Ethanol)
- 3.2.4 초순수(Ultrapure water)

#### 4. 시험과정

##### 4.1 표준용액의 조제

- 4.1.1 바탕용액(0.01 M 황산): 1 L 부피플라스크에 초순수 500 mL를 넣고 1.022 g의 황산(96 % w/w)을 조심히 넣은 후 초순수로 눈금까지 채운다.

- 4.1.2 표준원액(암모늄이온 1000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ): 0.10 g의 황산암모늄 무게를 정확히 달아 25 mL 부피플라스크에 넣은 후 바탕용액(4.1.1)으로 눈금까지 채운다.

4.1.3 표준용액: 일정량의 표준원액(4.1.2)을 바탕용액(4.1.1)으로 적정농도 희석하여 다양한 표준 용액을 조제하여 사용한다.

#### 4.2 시험용액의 조제

- 4.2.1 각각의 임핀저에 15 mL의 바탕용액을 첨가하여 준비한다.
- 4.2.2 유리섬유필터를 홀더에 넣고 배출물 포집장치에 연결한 후, 두 개의 임핀저를 유리섬유필터 홀더와 차례로 연결한다.
- 4.2.3 조화된 담배를 사용하여 적절한 포집조건에 따라 배출물을 포집한다.
- 4.2.4 125 mL의 삼각플라스크에 유리섬유필터를 넣고 배출물이 포집된 임핀저 용액을 모두 옮긴다.
- 4.2.5 같은 부피의 초순수로 임핀저를 헹구고 삼각플라스크에 추가한다.
- 4.2.6 플라스크를 닫고, 30 분 간 교반한다.
- 4.2.7 주사기 필터를 이용하여 시험용액을 여과한 것을 시험용액으로 한다.

### 5. 분석 및 계산

#### 5.1 암모니아 정성시험

##### 5.1.1 이온크로마토그래프/전도도 검출기 (IC/CD)

정성시험은 표준용액, 시험용액을 아래의 조건으로 시험한다. 같은 방법으로 공시험을 한다.

표 1. 기기분석 조건(예)

• 기 기 명	이온크로마토그래프/전도도검출기 (IC/CD)			
• 시료 주입량	20 $\mu$ L			
• 컬럼 온도	30 $^{\circ}$ C			
• 유 속	1.5 mL/min			
• 이 동 상	A: 메탄술포닉산 0.003 M			
	B: 초순수			
	C: 황산 0.10 M			
• 이 동 상 조 건	Time	A	B	C
	0:00	100	0	0
	13:00	100	0	0
	13:10	0	80	20
	14:00	0	80	20
	14:01	0	90	10
	19:00	0	90	10
	19:01	0	99	1
	20:00	0	99	1
	25:00	99	1	0
• 기 타	전도도 억제(SRS): 100 mA, 척도: 10 $\mu$ S, 오프셋: 실물의 1 %			

##### 5.1.2 표준용액의 크로마토그램

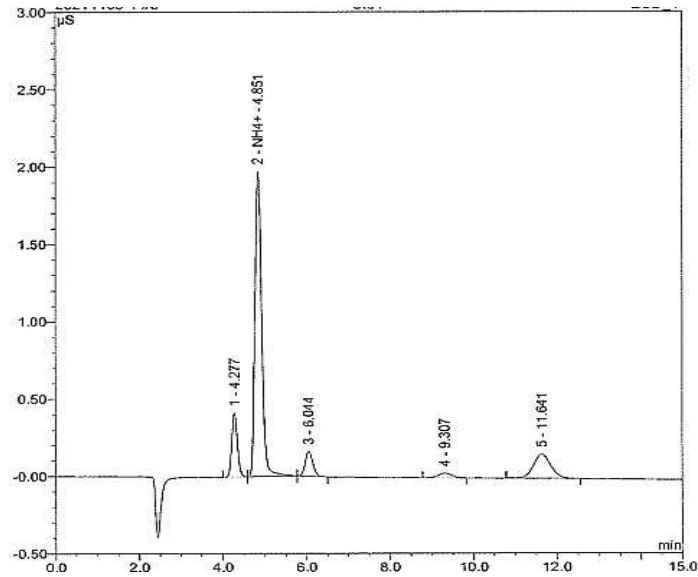


그림 1. 암모늄이온 표준용액 크로마토그램

5.1.3 시험용액에서 검출된 피크(peak)가 표준물질과 같은 머무름시간(Retention time)을 갖지 않거나, 정량한계(limit of quantitation, LOQ) 미만인 경우는 "불검출"로 하고, 정량한계 이상의 피크를 대상으로 5.2 정량시험을 실시한다.

## 5.2 암모니아 정량시험

- 5.2.1 검량선: 정성시험 5.1 에서 얻은 시험용액의 피크면적으로부터 예상되는 검출량을 포함하는 최소 3 개 이상의 농도 구간으로 표준원액을 희석하여 검량선을 작성한다.
- 5.2.2 시험용액: 4.2 의 시험용액을 사용한다. 필요한 경우, 시험용액을 희석하여 사용한다.
- 5.2.3 시험조건: 시험용액은 5.1 에 따라 분석한다.

## 5.3 계산

검량선의 수식을 이용하여 다음 계산식에 따라 시험용액 중 해당 성분의 농도를 구한다.

### 5.3.1 검량선 수식

$$y = a x + b \quad (R^2 \geq 0.99)$$

x = 시험용액 중 암모늄이온의 농도

y = 시험용액 중 암모늄이온의 피크 면적

### 5.3.2 계산식

암모니아 함량 ( $\mu\text{g}/\text{cig}$ )	=	A*	×	$\frac{\text{시험용액 중 암모늄이온 농도 } (\mu\text{g}/\text{mL}) \times \text{추출용매 부피 (mL)}}{\text{담배 개비 수 (cig)}}$
---	---	----	---	---

\* A: 화학식량에 대한 교정배수 = 17/18

### 3-12 방향족 아민류(1-아미노나프탈렌 등 4개)

#### 3-12-1 방향족 아민류(제1법)

캐나다 보건부(Health Canada)의 측정기준 T-102를 따른다.

#### 3-12-2 방향족 아민류(제2법)

##### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 껀련 및 껀련형 전자담배 배출물 중 방향족 아민류의 시험검사 수행을 위한 시험법으로 배출물 포집장치를 이용하여 배출물을 포집한 후 기체크로마토그래프/질량분석기를 이용하여 방향족 아민류의 함량을 구한다.

##### 2. 장비와 재료

###### 2.1 장비

- 2.1.1 배출물 포집장치
- 2.1.2 기체크로마토그래프/질량분석기(GC/MS)
- 2.1.3 분석용 저울(Analytical balance)
- 2.1.4 회전 농축기(Rotary evaporator)
- 2.1.5 질소 농축기
- 2.1.6 진탕기(Shaker)

###### 2.2 실험실 소모품

- 2.2.1 폴리메틸펜텐(PMP) 삼각플라스크(125 mL, 마개 포함)
- 2.2.2 부피플라스크(10, 25, 50, 100 mL, 2 L)
- 2.2.3 분액 깔때기(500 mL, 유리 마개 포함)
- 2.2.4 여과 깔때기(10 cm 내경)
- 2.2.5 둥근 바닥 플라스크(250, 500 mL)
- 2.2.6 유리섬유필터(지름 44 mm 또는 92 mm)
- 2.2.7 여과용 멤브레인 필터 및 디스크형 멤브레인 필터
- 2.2.8 용매용 일회용 주사기
- 2.2.9 파스퇴르 피펫(9 인치)
- 2.2.10 원뿔 튜브(Conical tubes) - 15 mL
- 2.2.11 Supelco SPE-시스템 또는 이와 동등한 것
- 2.2.12 컬럼: HP-5MS capillary 컬럼 (30 m × 0.25 mm ID) 또는 이와 동등한 것

##### 3. 표준물질 및 일반시약

###### 3.1 표준물질

- 3.1.1 표준물질: 1-아미노나프탈렌(1-Aminonaphthalene, 이하 1-amn)  
화학식: C<sub>10</sub>H<sub>7</sub>NH<sub>2</sub>, 화학식량: 143.2, CAS No.: 134-32-7
- 3.1.2 표준물질: 2-아미노나프탈렌(2-Aminonaphthalene, 이하 2-amn)  
화학식: C<sub>10</sub>H<sub>7</sub>NH<sub>2</sub>, 화학식량: 143.2, CAS No.: 91-59-8
- 3.1.3 표준물질: 3-아미노비페닐(4-Aminobiphenyl, 이하 3-amb)  
화학식: C<sub>12</sub>H<sub>11</sub>N, 화학식량: 169.2, CAS No.: 2243-47-2
- 3.1.4 표준물질: 4-아미노비페닐(4-Aminobiphenyl, 이하 4-amb)  
화학식: C<sub>12</sub>H<sub>11</sub>N, 화학식량: 169.2, CAS No.: 92-67-1
- 3.1.5 내부표준물질: D<sub>9</sub>-4-아미노비페닐(D<sub>9</sub>-4-aminobiphenyl, 이하 D<sub>9</sub>-4-amb)  
화학식: C<sub>12</sub>H<sub>2</sub>D<sub>9</sub>N, 화학식량: 178.3, CAS No.: 344298-96-0

### 3.2 일반시약

- 3.2.1 32 % 염산 (HCl)
- 3.2.2 헥산(Hexane)
- 3.2.3 디클로로메탄(Dichloromethane)
- 3.2.4 디에틸에테르(Diethylether)
- 3.2.5 벤젠(Benzene)
- 3.2.6 아세톤(Acetone)
- 3.2.7 50 % 수산화나트륨 용액 (NaOH)
- 3.2.8 황산나트륨(Sodium Sulphate)
- 3.2.9 플로리실 SPE 컬럼(Florisil SPE Columns) - 1 g
- 3.2.10 플로리실(Florisil) - 비활성화(60-100 mesh)
- 3.2.11 Pentafluoropropionic Acid Anhydride (이하 PFPA)
- 3.2.12 40 % 트리메틸아민 용액((Trimethylamine, 이하 TMA)
- 3.2.13 초순수(Ultrapure water)

### 4. 시험과정

#### 4.1 표준용액의 조제

- 4.1.1 표준원액(1 mg/mL): 25 mL 부피플라스크에 25 mg 3-amb, 4-amb, 1-amn, 2-amn을 각각 넣고 디에틸에테르로 눈금까지 채워 4종의 1차 표준원액을 제조한다.
- 4.1.2 1차 표준용액: 10 mL 부피플라스크에 4-amb와 3-amb의 1차 표준원액은 100  $\mu$ L, 1-amn 와 2-amn의 표준원액은 500  $\mu$ L를 넣고 헥산으로 눈금까지 채운다.
- 4.1.3 2차 표준용액: 25 mL 부피플라스크에 1차 표준용액 500  $\mu$ L를 넣고 헥산으로 눈금까지 채운다. (3-amb, 4-amb: 200 ng/mL. 1-amn, 2-amn: 1000 ng/mL)
- 4.1.4 내부표준원액(100  $\mu$ g/mL): 100 mL 부피플라스크에 D<sub>9</sub>-4-amb 10 mg을 넣고 헥산으로 눈금까지 채운다.
- 4.1.5 내부표준용액(200 ng/mL): 50 mL 부피플라스크에 내부표준원액 100  $\mu$ L를 넣고 헥산으로 눈금까지 채운다.
- 4.1.6 10 mL 부피플라스크에 2차 표준용액 일정량(0.1, 0.25, 0.5, 1, 2 mL)과 내부표준용액 1 mL를 넣고 헥산으로 눈금까지 채운다.
- 4.1.7 코니컬 튜브에 위 용액(4.1.6)을 1 mL 옮기고 50  $\mu$ L의 TMA와 50  $\mu$ L의 PFPA를 넣고 흔든 후 30 분간 방치한다. SPE(Solid Phase Extraction) 과정을 진행한 후 표준용액으로 사용한다.

#### 4.2 시험용액의 조제

- 4.2.1 5 % 염산: 2 L 부피플라스크에 초순수 1 L를 채운 후, 32 % 염산 용액 312 mL를 넣고, 초순수로 눈금까지 채운다.
- 4.2.2 TMA 용액: 코니컬 튜브에 헥산 2 mL을 넣고, 40 % TMA 2 mL를 가한다. 1 분 간 교반하고 가라앉게 둔 후 헥산층을 1.5 mL 오토 샘플러 바이알에 옮긴다. 사용하지 않을 때 마개를 닫고 4 °C에서 저장한다.
- 4.2.3 플로리실 용출 용액: 500 mL 헥산, 400 mL 벤젠, 100 mL 아세톤을 잘 섞는다.
- 4.2.4 유리섬유필터를 홀더에 넣고 배출물 포집장치에 연결한다.
- 4.2.5 조화된 담배를 사용하여 적절한 포집조건에 따라 배출물을 포집한다.
- 4.2.6 배출물 장치로부터 유리섬유필터를 삼각플라스크에 넣는다. 여기에 5 % 염산 100 mL를 넣고 뚜껑을 닫는다. 추출까지 4 °C에 둔다.
- 4.2.7 액상-액상 추출
  - 4.2.7.1 60 분 간 진탕하여 샘플을 추출한다.

- 4.2.7.2 추출액을 여과한 후 분별깔때기로 내용물을 옮긴다. 삼각플라스크를 5 % 염산으로 3 번 헹구고 분별깔때기로 헹굼액을 옮겨 담는다.
- 4.2.7.3 분별깔때기에 내부표준용액 100  $\mu$ L을 넣는다. 마개를 한 후 흔들여준다.
- 4.2.7.4 분별깔때기에 디클로로메탄 50 mL를 추가한다. 더 이상 압력이 없을 때까지 조심히 배기하면서 흔들고 방치한다.
- 4.2.7.5 디클로로메탄 층을 제거한다.
- 4.2.7.6 4.2.7.1부터 4.2.7.5의 과정을 2 번 더 반복한다(총 세 번 행군다).
- 4.2.7.7 10~15 mL의 50 % 수산화나트륨 용액을 천천히 분별깔때기 수상에 가한다. 더 이상 방출 압력을 배출하지 않도록 조심히 배기하며 약하게 섞고, pH가 12를 초과하는 것을 확인한다.
- 4.2.7.8 초과하지 않으면 50 % 수산화나트륨 용액 5 mL를 더 가한다. 만약 50 % 수산화나트륨 용액을 추가하는 데 20 mL 이상 필요하다면, 5 % 염산이 제대로 만들어졌는지 확인한다.
- 4.2.7.9 50 mL 헥산을 분별깔때기에 추가하고 매우 조심히 흔들고 흡 후드에서 배기한다. 더 이상 압력이 발생하지 않을 때까지 흔들고 방치한다(흔드는 과정에 특히 주의를 기울인다).
- 4.2.7.10 약 100 g의 황산나트륨을 포함하는 여과깔때기를 준비한다. 약 50 mL의 헥산으로 황산나트륨을 헹구면서 500 mL 둥근바닥플라스크로 흘려보낸다. 헹굼액은 버린다.
- 4.2.7.11 비커에 분별깔때기 내용물의 하단(수성)층을 모은다.
- 4.2.7.12 헥산층을 황산나트륨 여과지로 여과시켜, 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 모은다.
- 4.2.7.13 비커의 수성층(4.2.7.11)을 분별깔때기에 다시 넣고, 50 mL 헥산을 넣는다. 아주 조심히 흔들고 방치한다.
- 4.2.7.14 4.2.7.11 부터 4.2.7.13 과정을 반복한다.
- 4.2.7.15 헥산으로 3 번째 용출 후 수성 층을 버린다.
- 4.2.7.16 4.2.7.12 과정을 반복한다.
- 4.2.7.17 약 50 mL 헥산으로 황산나트륨을 헹구고 둥근 바닥 플라스크에 모은다.
- 4.2.7.18 TMA 용액 50  $\mu$ L와 PFPA 50  $\mu$ L를 추가한다. 소용돌이를 일으켜 흔들고 플라스크 안에 얼은 안개 형태를 관찰한다. 최소 30 분 이상 방치한다(또는 하룻밤).
- 4.2.8 Solid Phase Extraction(SPE) 추출
  - 4.2.8.1 거의 건조물에 가까울 때까지 회전식 농축기로 추출물을 농축시킨다.
  - 4.2.8.2 플로리실 튜브에 플로리실 1 g을 추가하여 플로리실 칼럼을 준비한다. 플로리실 상위에 소량의 황산나트륨을 추가한다.
  - 4.2.8.3 5 mL의 플로리실 용출 용액으로 플로리실 칼럼을 미리 세척한다.
  - 4.2.8.4 약 1 mL의 플로리실 용출 용액을 둥근 바닥 플라스크에 추가하고 플라스크 측면을 따라 행군다.
  - 4.2.8.5 추출액을 플로리실 컬럼에 넣고, 15 mL 코니컬튜브에 모은다.
  - 4.2.8.6 4.2.8.4와 4.2.8.5의 과정을 두 번 더 반복한다.
  - 4.2.8.7 코니컬튜브에 약 15 mL 정도가 모일 때까지 플로리실 컬럼을 행군다.
  - 4.2.8.8 약 1 mL가 남을 때까지 질소 농축기로 농축시킨다.
  - 4.2.8.9 필요 시 최종 부피가 1 mL가 되도록 헥산을 가한 후 잘 섞어 시험용액으로 한다.

## 5. 분석 및 계산

### 5.1 방향족 아민류 정성시험

#### 5.1.1 기체크로마토그래프/질량분석기(GC/MS)

정성시험은 표준용액, 시험용액을 아래의 조건으로 시험한다. 별도로 같은 방법으로 공시험을 한다.

표 1. 기기분석 조건(예)

• 기 기 명	기체크로마토그래프/질량분석기(GC/MS)		
• 컬 럼	HP-5MS capillary column (30 m × 0.25 mm ID) 또는 이와 동등한 것		
• 운 반 가 스	헬륨		
• 주 입 온 도	rate (°C/min)	temperature (°C)	hold (min)
	200	60 280	0.5 end
• 주 입 모 드	splitless		
• 주 입 량	1.0 ~ 2.0 µL		
• 유 속	1.2 mL/min		
• 컬 럼 온 도	rate (°C/min)	temperature (°C)	hold (min)
	-	80	2
	10 20	220 280	1 1
• 이 동 라 인	250 °C		
• 이 온 값	1-Aminonaphthalene	289	
	2-Aminonaphthalene	289	
	3-Aminobiphenyl	315	
	4-Aminobiphenyl	315	
	D <sub>9</sub> -4-aminobiphenyl	324	

### 5.1.2 표준용액의 크로마토그램

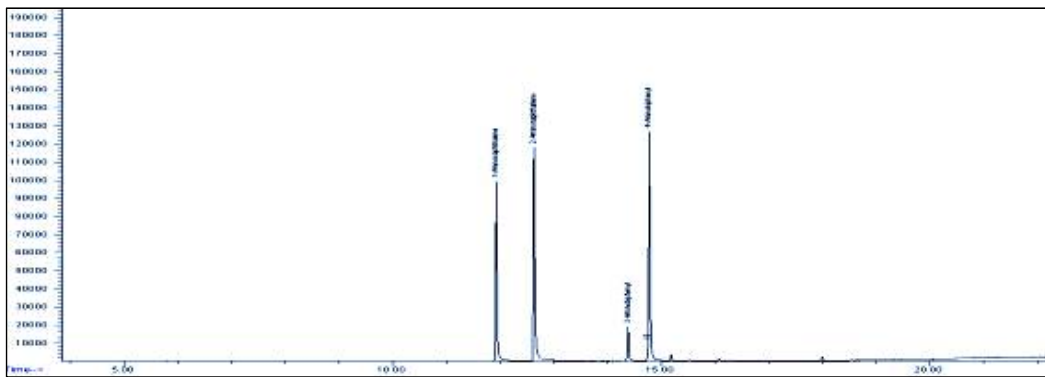


그림 1. 방향족 아민류 표준용액 크로마토그램

5.1.3 시험용액에서 검출된 피크(peak)가 표준물질과 같은 머무름시간(Retention time), 정량이온 대비 정성이온 피크 면적비를 갖지 않거나, 정량한계(limit of quantitation, LOQ) 미만인 경우 "불검출"로 하고, 정량한계 이상의 피크를 대상으로 5.2 정량시험을 실시한다.

### 5.2 방향족 아민류 정량시험

5.2.1 검량선: 정성시험 5.1 에서 얻은 시험용액의 피크면적으로부터 예상되는 검출량을 포함하는 최소 3 개 이상의 농도 구간으로 표준원액을 희석하여 검량선을 작성한다.

5.2.2 시험용액: 4.2 의 시험용액을 사용한다. 필요한 경우, 시험용액을 희석하여 사용한다.

5.2.3 시험조건: 시험용액은 5.1 에 따라 분석한다.

### 5.3 계산

검량선의 수식을 이용하여 다음 계산식에 따라 시험용액 중 해당 성분의 농도를 구한다.

#### 5.3.1 검량선 수식

$$y = a x + b \quad (R^2 \geq 0.99)$$

x = 시험용액 중 내부표준물질 농도 대비 해당 방향족 아민류의 농도비

y = 시험용액 중 내부표준물질 피크 면적 대비 해당 방향족 아민류의 면적비

### 5.3.2 계산식

해당 방향족 아민류 함량 (ng/cig)	=	$\frac{\text{시험용액 중 해당 방향족 아민류 농도 (ng/mL)} \times \text{추출용매 부피 (mL)}}{\text{담배 개비 수 (cig)}}$
------------------------------	---	---

## 3-13 벤조피렌

### 3-13-1 벤조피렌(제1법)

국제표준화기구(ISO)의 측정기준 23906 또는 WHO TobLabNet SOP05을 따른다.

### 3-13-2 벤조피렌(제2법)

#### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 께련 및 께련형 전자담배 배출물 중 벤조피렌의 시험검사 수행을 위한 시험법으로 배출물 포집장치를 이용하여 배출물을 포집한 후 기체크로마토그래프/질량분석기를 이용하여 벤조피렌의 함량을 구한다.

#### 2. 장비와 재료

##### 2.1 장비

- 2.1.1 배출물 포집장치
- 2.1.2 기체크로마토그래프/질량분석기(GC/MS)
- 2.1.3 분석용 저울(Analytical balance)
- 2.1.4 진탕기(Shaker)
- 2.1.5 회전 농축기(Rotary evaporator)

##### 2.2 실험실 소모품

- 2.2.1 폴리메틸펜텐(PMP) 삼각플라스크(125 mL, 마개 포함)
- 2.2.2 부피플라스크(25 mL, 1 L)
- 2.2.3 유리섬유필터(지름 44 mm 또는 92 mm)
- 2.2.4 여과용 멤브레인 필터 및 디스크형 멤브레인 필터
- 2.2.5 컬럼: HP-5MS capillary (30 m × 0.25 mm ID) 또는 이와 동등한 것
- 2.2.6 CH(Cyclohexyl)-SPE 또는 이와 동등한 것

#### 3. 표준물질 및 일반시약

##### 3.1 표준물질

- 3.1.1 표준물질: 벤조피렌(Benzo[a]pyrene, B[a]P)  
화학식: C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>, 화학식량: 252.3, CAS No.: 50-32-8
- 3.1.2 내부표준물질: 벤조피렌-D<sub>12</sub>(Benzo[a]pyrene-d<sub>12</sub>, B[a]P-D<sub>12</sub>)  
화학식: C<sub>20</sub>D<sub>12</sub>, 화학식량: 264.3, CAS No.: 63466-71-7

##### 3.2 일반시약

- 3.2.1 메탄올(Methanol)
- 3.2.2 사이클로헥산(Cyclohexane)
- 3.2.3 톨루엔(Toluene)
- 3.2.4 초순수(Ultrapure water) 또는 이와 동등한 것

#### 4. 시험과정

##### 4.1 표준용액의 조제

- 4.1.1 표준원액(1 mg/mL): 10 mL 부피플라스크에 대략 10 mg의 벤조피렌을 0.01 mg까지 재서 넣고 톨루엔으로 눈금까지 채운다.
- 4.1.2 1차 표준용액(10 µg/mL): 100 mL 부피플라스크에 표준원액 1 mL를 넣고 메탄올로 눈금까지 채운다.
- 4.1.3 내부표준원액(1 mg/mL): 10 mL 부피플라스크에 대략 10 mg의 벤조피렌-D<sub>12</sub>을 0.01 mg

까지 재서 넣고 톨루엔으로 눈금까지 채운다.

4.1.4 내부표준용액(1 µg/mL): 100 mL 부피플라스크에 가스상 샘플 주입용 주사기를 사용하여 내부표준원액 100 µL를 넣고 메탄올로 눈금까지 채운다.

4.1.5 표준용액: 100 mL 부피플라스크에 1차 표준용액을 10 µL에서 2000 µL의 수준으로 넣고 20 µL의 내부표준원액을 각각 넣은 후 사이클로헥산으로 눈금까지 채운다.  
(벤조피렌: 1~200 ng/mL, 벤조피렌-D<sub>12</sub>: 0.2 µg/mL)

## 4.2 시험용액의 조제

4.2.1 유리섬유필터를 홀더에 넣고 배출물 포집장치에 연결한다.

4.2.2 조화된 담배를 사용하여 적절한 포집조건에 따라 배출물을 포집한다.

4.2.3 홀더에서 유리섬유필터를 분리하고 삼각플라스크에 넣는다.

4.2.4 44 mm 유리섬유필터의 경우, 삼각플라스크에 20 mL의 메탄올을 넣은 후 적절한 주사기를 사용하여 내부표준용액 200 µL를 가한다.

92 mm 유리섬유필터의 경우, 삼각플라스크에 50 mL의 메탄올을 넣은 후 적절한 주사기를 사용하여 내부표준용액 400 µL를 가한다.

4.2.5 유리섬유필터가 풀어질 때까지 진탕한 후, 이 용액을 유리 흡입 필터(glass suction filter)나 거름종이를 사용하여 여과한다.

4.2.6 44 mm 유리섬유필터의 경우 약 15 mL의 메탄올로, 92 mm 유리섬유필터의 경우는 25 mL의 메탄올로 삼각플라스크에 남은 잔여물을 행군 후, 유리섬유필터 추출액에 가하고 메탄올로 부피를 맞춘다.

4.2.7 44 mm 유리섬유필터의 경우 ≥40 mL, 92 mm 유리섬유필터의 경우 ≥80 mL로 부피를 맞춘다.

4.2.8 4.2.6과 4.2.7 에서 얻은 용액을 분별깔때기에 옮긴다. 옮기는 용액의 부피는 이 과정을 편리하게 하기 위해 40 mL를 초과해서는 안 된다. 하지만 정제 과정 동안의 용리 시간을 보다 짧게 하기 위해 더 적은 부피의 수용액을 사용할 수 있다.

4.2.9 초순수를 분별깔때기에 가하여 초순수 60 %, 메탄올 40 %의 조성을 만든 뒤 혼합한다.

4.2.10 CH-SPE 카트리지는 사용하기 전에 10 mL의 메탄올을 통과시킨 다음, 물과 메탄올 혼합 용액 (60 : 40) 10 mL를 통과시켜 활성화시킨다.

4.2.11 감압 하에 CH-SPE 카트리지를 통과하는 용액의 유속을 대략 2 mL/min(초 당 1 방울) 정도로 유지한다. 분별깔때기를 물과 메탄올 혼합 용액(60 : 40) 10 mL로 행군 후 카트리지를 30 분 이상 공기의 흐름을 이용하여 건조시킨다.

4.2.12 15 mL의 사이클로헥산으로 카트리지를 용리한다.

4.2.13 회전 농축기를 사용하여 사이클로헥산 용액의 부피가 대략 0.5 mL가 될 때까지 농축한 후 대략 1 mL 부피를 얻기 위해 사이클로헥산을 첨가하여 시험용액으로 한다.

## 5. 분석 및 계산

### 5.1 벤조피렌 정성시험

#### 5.1.1 기체크로마토그래프/질량분석기(GC/MS)

정성시험은 표준용액, 시험용액을 아래의 조건으로 시험한다. 별도로 같은 방법으로 공시험을 한다.

표 1. 기기분석 조건(예)

• 기 기 명	기체크로마토그래프/질량분석기 (GC/MS)		
• 컬 럼	HP-5MS capillary column (30 m × 0.25 mm ID) 또는 이와 동등한 것		
• 운 반 가 스	헬륨		
• 주 입 온 도	290 °C		
• 주 입 모 드	splitless		
• 주 입 량	1.0 µL		
• 유 속	0.9 mL/min		
• 컬 럼 온 도	rate (°C/min)	temperature (°C)	hold (min)
	20	80	3
	20	290	20
• 이 동 라 인	270 °C		
• 이 온 값	벤조피렌: 252(정량), 250(정성)		
	벤조피렌-D <sub>12</sub> : 264(정량), 260(정성)		

### 5.1.2 표준용액의 크로마토그램

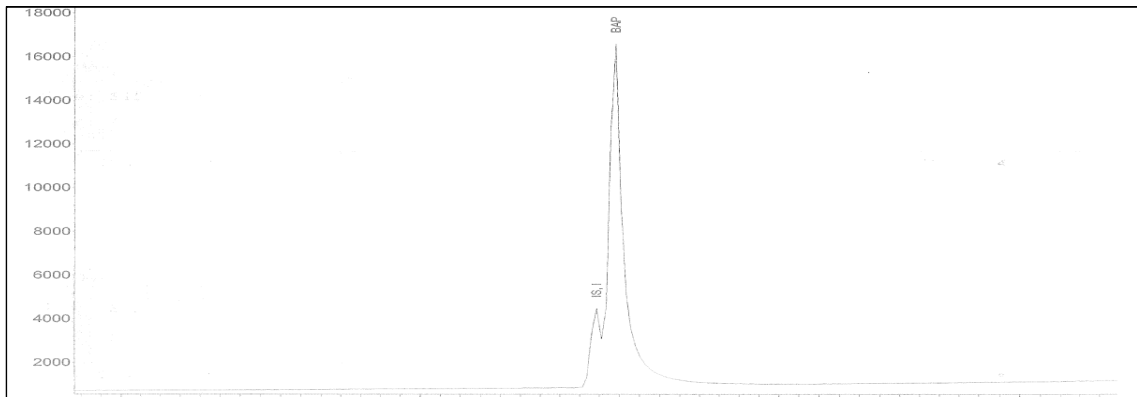


그림 1. 벤조피렌 표준물질 및 내부표준물질 크로마토그램

5.1.3 시험용액에서 검출된 피크(peak)가 표준물질과 같은 머무름시간(Retention time), 정량이온 대비 정성이온 피크 면적비를 갖는 경우 정량한계(limit of quantitation, LOQ)미만인 경우 "불검출"로 하고, 정량한계 이상의 피크를 대상으로 5.2 정량시험을 실시한다.

### 5.2 벤조피렌 정량시험

5.2.1 검량선: 정성시험 5.1 에서 얻은 시험용액의 피크면적으로부터 예상되는 검출량을 포함하는 최소 3 개 이상의 농도 구간으로 표준원액을 희석하여 검량선을 작성한다.

5.2.2 시험용액: 4.2 의 시험용액을 사용한다. 필요한 경우, 시험용액을 희석하여 사용한다.

5.2.3 시험조건: 시험용액은 5.1 에 따라 분석한다.

### 5.3 계산

검량선의 수식을 이용하여 다음 계산식에 따라 시험용액 중 벤조피렌의 농도를 구한다.

#### 5.3.1 검량선 수식

$$y = a x + b \quad (R^2 \geq 0.99)$$

x = 시험용액 중 내부표준물질 농도 대비 벤조피렌 농도비

y = 시험용액 중 내부표준물질 피크 면적 대비 벤조피렌 피크 면적비

#### 5.3.2 계산식

벤조피렌 함량 (ng/cig)	=	시험용액 중 벤조피렌 농도 (ng/mL)	×	시료 용액의 부피 (mL)	×	추출용매 부피 (mL)
		담배 개비 수 (cig)	×	정제과정에서 사용한 추출용액의 부피 (mL)		

## 3-14 질소산화물(NO<sub>x</sub>)

### 3-14-1 질소산화물(제1법)

캐나다 보건부(Health Canada)의 측정기준 T-110을 따른다.

### 3-14-2 질소산화물(제2법)

#### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 껀련 및 껀련형 전자담배 배출물 중 질소산화물(NO<sub>x</sub>)의 시험검사 수행을 위한 시험법으로 배출물 포집장치를 이용하여 배출물을 포집한 후 질소산화물(NO<sub>x</sub>)의 함량을 구한다.

#### 2. 장비와 재료

##### 2.1 장비

- 2.1.1 배출물 포집장치
- 2.1.2 질소산화물 분석기(NO<sub>x</sub> analyzer)
- 2.1.3 분석용 저울(Analytical balance)

#### 3. 표준물질 및 일반시약

##### 3.1 표준물질

- 3.1.1 표준물질: 표준 NO 가스(500 ppm)  
화학식: NO, 화학식량: 30.0, CAS No.: 10102-43-9

#### 4. 시험과정

- 4.1 장비 매뉴얼에 따라 장비의 전원을 켜 후 에어로 안정화 시키고 영점 조절한다.
- 4.2 비워진 가스백에 표준 NO 가스(500 ppm)를 채우고 배기한 후 다시 표준 가스를 채운다.
- 4.3 가스백에 있는 가스가 상온·상압에 있는지 확인한다.
- 4.4 표준가스를 샘플링 펌프를 이용하여 분석기 측정셀에 주입한다.
- 4.5 측정값이 일정할 때 값을 기록한다.
- 4.6 필요한 경우, 인증된 값과 일치하도록 기기 판독값을 조정한다.
- 4.7 포집과 가스 배출물 주입
  - 4.7.1 배출물 포집 시스템을 준비한다. 사용한 장치에 적당한 지시에 따라 진행한다. 포집장치가 적절히 연결되어 있고 포집 시작 전 세척된 것을 확인한다.  
※ 참고: 시스템 펌프가 자유롭게 배출물 압력을 포집하는지 확인한다.
  - 4.7.2 조화된 담배를 사용하여 적절한 포집조건에 따라 배출물을 포집한다.
  - 4.7.3 포집 종료 후 담배꽂이를 제거하고 5회 공퍼프를 수행한다.
  - 4.7.4 포집 퍼프와 공퍼프를 합쳐 채널별 총 퍼프 수를 기록한다.

#### 5. 분석 및 계산

##### 5.1 질소산화물 분석

- 5.1.1 질소산화물 분석기(NO<sub>x</sub> analyzer)
- 5.1.2 분석기 결과를 읽고 퍼프 바이 퍼프로 NO 농도를 측정한다.  
참고: 퍼프간 영점 판독은 일회 퍼프의 편차를 확인할 수 있다.
- 5.1.3 각각의 포집이 끝나면 가스포집 튜브는 비워야 하고 에어로 세척해야 한다. 장치는 다음번 포집 시작을 위해 준비가 된다.

##### 5.2 계산

NO 또는 NO<sub>2</sub> 함량은 일반적으로 다음 식에 따라 계산된다.

### 5.2.1 계산식

$$C = \frac{X \times V \times N \times P \times T_0 \times M}{S \times P_0 \times T \times V_0}$$

C : 담배 개비 당 NO 또는 NO<sub>2</sub> 농도의 질량 [ $\mu\text{g}/\text{cig}$ ]

X : 측정된 NO 또는 NO<sub>2</sub> 농도 [ppm]

V : 퍼프 부피(35 mL 또는 55 mL)

N : 퍼프 수

P : 기압 [kPa]

P<sub>0</sub> : 상압 101,325 [kPa]

S : 포집한 담배 개비 수

T : 포집 중 온도 [K]

T<sub>0</sub> : 삼중점 온도 273.15 [K]

M : NO (30.0061 g/mol)와 NO<sub>2</sub> (46.0055 g/mol) 화학식량

V<sub>0</sub> : 이상기체 부피 (22,414 mL/mol)

$$C_{NOx} = C_{NO} + C_{NO_2}$$

C<sub>NOx</sub> : 담배 개비 당 NOx 농도 [ $\mu\text{g}/\text{cig}$ ]

C<sub>NO</sub> : 담배 개비 당 NO 농도 [ $\mu\text{g}/\text{cig}$ ]

C<sub>NO<sub>2</sub></sub> : 담배 개비 당 NO<sub>2</sub> 농도 [ $\mu\text{g}/\text{cig}$ ]

5.2.2 측정된 질소산화물 양의 단위는 각 채널에 대해  $\mu\text{g}/\text{cig}$ 으로 나타내며, 담배 개비 당 평균 양은 최소한 1  $\mu\text{g}$  까지 표시한다.

### 3-15 페놀류(하이드로퀴논 등 7개)

#### 3-15-1 페놀류(제1법)

국제표준화기구(ISO)의 측정기준 23904를 따른다.

#### 3-15-2 페놀류(제2법)

##### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 껀련 및 껀련형 전자담배 배출물 중 페놀류의 시험검사 수행을 위한 시험법으로 배출물 포집장치를 이용하여 배출물을 포집한 후 액체크로마토그래프/형광검출기를 이용하여 페놀류의 함량을 구한다.

##### 2. 장비와 재료

###### 2.1 장비

- 2.1.1 배출물 포집장치
- 2.1.2 액체크로마토그래프/형광검출기(LC/FLD)
- 2.1.3 교반기(Shaker)
- 2.1.4 분석용 저울(Analytical balance)

###### 2.2 실험실 소모품

- 2.2.1 폴리메틸펜텐(PMP) 삼각플라스크(125 mL, 마개 포함)
- 2.2.2 부피플라스크(10, 25, 50 mL, 4 L)
- 2.2.3 유리섬유필터(지름 44 mm 또는 92 mm)
- 2.2.4 여과용 멤브레인 필터(막 여과지) 및 디스크형 멤브레인 필터
- 2.2.5 칼럼: PFP(Pentafluorophenyl) 칼럼(150 mm × 4.6 mm ID, 3 μm) 또는 이와 동등한 것

##### 3. 표준물질 및 일반시약

###### 3.1 표준물질

- 3.1.1 표준물질: 하이드로퀴논(Hydroquinone)  
화학식:  $C_6H_6O_2$ , 화학식량: 110.1, CAS No.: 123-31-9
- 3.1.2 표준물질: 레조르시놀(Resorcinol)  
화학식:  $C_6H_6O_2$ , 화학식량: 110.1, CAS No.: 108-46-3
- 3.1.3 표준물질: 카테콜(Catechol)  
화학식:  $C_6H_6O_2$ , 화학식량: 110.1, CAS No.: 120-80-9
- 3.1.4 표준물질: 페놀(Phenol)  
화학식:  $C_6H_6O$ , 화학식량: 94.1, CAS No.: 108-95-2
- 3.1.5 표준물질: *o*-크레졸(*o*-Cresol)  
화학식:  $C_7H_8O$  화학식량: 108.1, CAS No.: 95-48-7
- 3.1.6 표준물질: *m*-크레졸(*m*-Cresol)  
화학식:  $C_7H_8O$  화학식량: 108.1, CAS No.: 108-39-4
- 3.1.7 표준물질: *p*-크레졸(*p*-Cresol)  
화학식:  $C_7H_8O$  화학식량: 108.1, CAS No.: 106-44-5

###### 3.2 일반시약

- 3.2.1 메탄올(Methanol) - 증류되어 유리에 담긴 것
- 3.2.2 아세트산(Acetic acid) - HPLC 등급
- 3.2.3 헬륨 (UHP) - HPLC 이동상 퍼지시 이용
- 3.2.4 초순수(Ultrapure water)

#### 4. 시험과정

##### 4.1 표준용액의 조제

- 4.1.1 추출용매(1 % 아세트산 용액): 4 L 부피플라스크에 아세트산 40 mL를 넣고 초순수로 눈금까지 채운다.
- 4.1.2 표준원액: 25 mL 또는 50 mL 부피플라스크에 하이드로퀴논, 레조르시놀, 카테콜, 페놀, *m*-크레졸, *p*-크레졸, *o*-크레졸 25 mg을 정밀히 칭량하고 추출용매로 눈금까지 채운다. 1차 표준원액의 농도는 하이드로퀴논, 카테콜, 페놀은 1 mg/mL, 레조르시놀, *m*-크레졸, *p*-크레졸, *o*-크레졸은 0.5 mg/mL이 되게 한다.
- 4.1.3 1차 표준용액: 10 mL 부피플라스크에 각각의 표준원액들을 일정량 넣고, 추출용매로 눈금까지 채운다.
- 4.1.4 표준용액: 10 mL 부피플라스크에 1차 표준용액의 일정량을 넣고 추출용매로 눈금까지 채운다.

##### 4.2 시험용액의 조제

- 4.2.1 유리섬유필터를 홀더에 넣고 배출물 포집장치에 연결한다.
- 4.2.2 조화된 담배를 사용하여 적절한 포집조건에 따라 배출물을 포집한다.
- 4.2.3 유리섬유필터 홀더에서 필터 패드를 제거하고 125 mL 삼각플라스크에 넣는다.
- 4.2.4 유리섬유필터를 넣은 플라스크에 추출용매(4.1.1) 40 mL를 첨가하고 플라스크를 막은 후 30 분간 교반한다.
- 4.2.5 일회용 주사기에 0.45  $\mu\text{m}$  필터를 끼우고 오토샘플러 바이알에 바로 유리섬유필터 추출물을 여과한다. 첫 10 방울은 버리고 이후의 몇 방울로 바이알 내부를 헹구 버리고 상부의 공간이 최소가 되도록 채운 후 시험용액으로 한다.
- 4.2.6 분석까지 빛으로부터 보호된 4 °C 냉장고에서 바이알을 저장한다.
  - ※ 샘플은 실온에서 장시간 노출되면 분해되기 때문에 방해 없이 샘플분석이 최소한의 시간에 완료되는 것이 중요하다.

#### 5. 분석 및 계산

##### 5.1 페놀류 정성시험

###### 5.1.1 액체크로마토그래프/형광검출기 분석

정성시험은 표준용액, 시험용액을 아래의 조건으로 시험한다. 별도로 같은 방법으로 공시험을 한다.

표 1. 기기분석 조건(예)

• 기 기 명	액체크로마토그래프/형광분석기(LC/FLD)		
• 컬 럼	PFP(150 mm × 4.6 mm ID, 3 μm) 또는 이와 동등한 것		
• 시 료 주 입 량	10 ~ 20 μL		
• 컬 럼 온 도	실온		
• 유 속	0.8 mL/min		
• 이 동 상	A: 99 % 초순수, 1 % Acetic acid		
	B: 98 % 메탄올, 1 % Acetic acid		
• Gradient 조건	Time (min)	A	B
	0.0	78	22
	8	45	22
	8.5	55	45
	21	55	45
	22	0	100
• 파 장	Time (min)	Excitation(nm)	Emission(nm)
	0.0	280	310
	12.4	280	310
	12.5	274	298
	23.0	274	298
	24.0	280	310
	28.0	280	310

### 5.1.2 표준용액의 크로마토그램

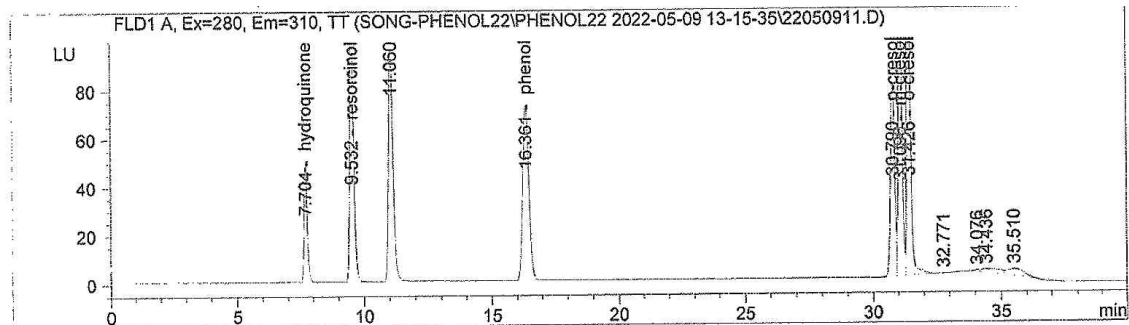


그림 1. 페놀류 표준물질 크로마토그램

5.1.3 시험용액에서 검출된 피크(peak)가 표준물질과 같은 머무름시간(Retention time)을 갖지 않거나, 정량한계(limit of quantitation, LOQ) 미만인 경우 "불검출"로 하고, 정량한계 이상의 피크를 대상으로 5.2 정량시험을 실시한다.

### 5.2 페놀류 정량시험

- 5.2.1 검량선: 정성시험 5.1 에서 얻은 시험용액의 피크면적으로부터 예상되는 검출량을 포함하는 최소 3 개 이상의 농도 구간으로 표준원액을 희석하여 검량선을 작성한다.
- 5.2.2 시험용액: 4.2 의 시험용액을 사용한다. 필요한 경우, 시험용액을 희석하여 사용한다.
- 5.2.3 시험조건: 시험용액은 5.1 에 따라 분석한다.

### 5.3 계산

검량선의 수식을 이용하여 다음 계산식에 따라 시험용액 중 해당 성분의 농도를 구한다.

### 5.3.1 검량선 수식

$$y = a x + b \quad (R^2 \geq 0.99)$$

x = 시험용액 중 해당 페놀류 성분 농도

y = 시험용액 중 해당 페놀류 성분 피크 면적

### 5.3.2 계산식

해당 페놀류 함량 ( $\mu\text{g}/\text{cig}$ )	=	시험용액 중 페놀류 농도 ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	×	추출용매 부피 (mL)
담배 개비 수(cig)				

## 4. 액상형 전자담배 제품(액상) 중 유해성분 시험법

### 4-1 니코틴

#### 4-1-1 니코틴(제1법)

국제표준화기구(ISO)의 측정기준 20714 또는 WHO TobLabNet SOP11을 따른다.

#### 4-1-2 니코틴(제2법)

##### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 액상형 전자담배 제품(액상) 중 니코틴(nicotine) 시험검사 수행을 위한 시험법으로 기체크로마토그래프/불꽃이온화검출기(GC/FID) 또는 기체크로마토그래프/질량분석기(GC/MS)를 이용하여 니코틴을 분석한다.

##### 2. 장비와 재료

###### 2.1 장비

- 2.1.1 기체크로마토그래프/불꽃이온화검출기(GC/FID) 또는 기체크로마토그래프/질량분석기(GC/MS)
- 2.1.2 분석용 저울(Analytical balance)
- 2.1.3 진탕기(Shaker)

###### 2.2 실험실 소모품

- 2.2.1 부피플라스크(10 mL, 50 mL, 1 L)
- 2.2.2 PTFE 주사기 필터(Syringe filter): 0.45  $\mu\text{m}$  이하, 테프론 재질의 유기용매 전용 필터
- 2.2.3 컬럼: DB-ALC1 capillary 칼럼 (30 m  $\times$  0.32 mm ID, 1.8  $\mu\text{m}$ ) 또는 이와 동등한 것

##### 3. 표준물질 및 일반시약

###### 3.1 표준물질

- 3.1.1 표준물질: (-)-니코틴((-)-Nicotine)  
화학식:  $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2$ , 화학식량: 162.2, CAS No.: 54-11-5
- 3.1.2 내부표준물질: n-헵타데케인(n-heptadecane)  
화학식:  $\text{C}_{17}\text{H}_{36}$ , 화학식량: 240.5, CAS No.: 629-78-7

###### 3.2 일반시약

- 3.2.1 아이소프로판올(Isopropanol, IPA), 수분 함량 최대 1.0 mg/mL

##### 4. 시험과정

###### 4.1 표준용액 조제

- 4.1.1 추출용매(0.5 g/L): 1 L 부피플라스크에 헵타데케인 0.5 g의 무게를 재어 넣고 아이소프로판올로 눈금까지 채운다.
- 4.1.2 표준원액(50 mg/mL): 10 mL 부피플라스크에 니코틴 0.5 g의 무게를 재어 넣고 추출용매로 눈금까지 채운다.
- 4.1.3 1차 표준용액(5 mg/mL): 50 mL 부피플라스크에 표준원액 5 mL를 넣고 추출용매로 눈금까지 채운다.
- 4.1.4 표준용액: 10 mL 부피플라스크에 1차 표준용액 일정량을 넣고 추출용매로 눈금까지 채운다.

###### 4.2 시험용액 조제

- 4.2.1 10 mL 부피플라스크에 시료 0.1 g(0.001 g까지)의 무게를 잰다.
- 4.2.2 추출용매로 눈금까지 채워 충분히 섞은 후 주사기 필터로 여과하여 시험용액으로 한다.

## 5. 분석 및 계산

### 5.1 니코틴 정성시험

5.1.1 표준용액, 시험용액을 아래의 조건으로 시험한다. 별도로 같은 방법으로 공시험을 한다.

표 1. 기기분석 조건(예)

• 기 기	기체크로마토그래프/불꽃이온화검출기(GC/FID) 또는 질량분석기(GC/MS)			
• 컬 럼	DB-ALC1 (30 m × 0.32 mm ID, 1.8 μm) 또는 이와 동등한 것			
• 운 반 가 스	헬륨			
• 주 입 온 도	250 °C			
• 주 입 모 드	split(50:1)			
• 주 입 량	1.0 μL			
• 유 속	1.8 mL/min			
• 컬 럼 온 도	rate (°C/min)	temperature (°C)	hold (min)	
	15	130	0	
	40	220	10	
	불꽃이온화검출기(FID)	275 °C		
	이동라인온도	275 °C		
• 검출기 질량분석기 (MS)	이온값(예)	성분명	정량이온	정성이온
		니코틴	162	133
		헵타데케인	240	85

### 5.1.2. 표준용액의 크로마토그램

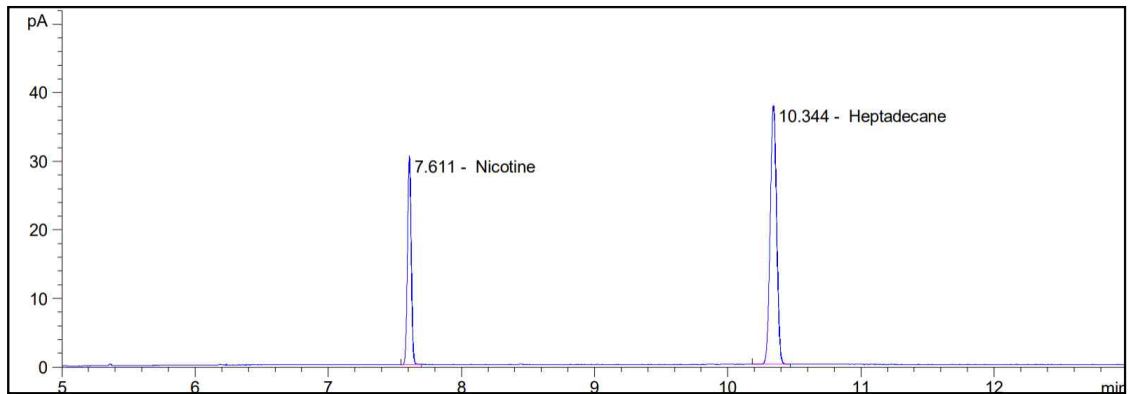


그림 1. 니코틴 표준물질 및 내부표준물질 크로마토그램

5.1.3 시험용액에서 검출된 피크(peak)가 표준물질과 같은 머무름시간(Retention time)을 갖지 않거나 정량한계(limit of quantitation, LOQ) 미만인 경우 "불검출"로 하고, 정량한계 이상의 피크를 대상으로 5.2 정량시험을 실시한다.

## 5.2 니코틴 정량시험

5.2.1 검량선: 정성시험 5.1 에서 얻은 시험용액의 피크면적으로부터 예상되는 검출량을 포함하는 최소 3 개 이상의 농도 구간으로 표준원액을 희석하여 검량선을 작성한다.

5.2.2 시험용액: 4.2 의 시험용액을 사용한다. 필요한 경우, 시험용액을 희석하여 사용한다.

5.2.3 시험조건: 시험용액은 5.1 에 따라 분석한다.

### 5.3 계산

검량선의 수식을 이용하여 다음 계산식에 따라 시험용액 중 해당 성분의 농도를 구한다.

#### 5.3.1 검량선 수식

$$y = a x + b \quad (R^2 \geq 0.99)$$

x = 시험용액 중 내부표준물질 농도 대비 니코틴 농도비

y = 시험용액 중 내부표준물질 피크 면적 대비 니코틴 면적비

#### 5.3.2 계산식

니코틴 함량 (mg/g)	=	$\frac{\text{시험용액 중 니코틴 농도 (mg/mL)}}{\text{시료 무게 (g)}} \times$	$\frac{\text{추출용매 부피 (mL)}}{\text{시료 무게 (g)}}$
------------------	---	--	--

## 4-2 용매류(프로필렌글리콜, 글리세롤)

### 4-2-1 용매류(제1법)

국제표준화기구(ISO)의 측정기준 20714 또는 WHO TobLabNet SOP11을 따른다.

### 4-2-2 용매류(제2법)

#### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 액상형 전자담배 제품(액상) 중 용매류의 시험검사 수행을 위한 시험법으로 기체크로마토그래프/불꽃이온화검출기(GC/FID) 또는 기체크로마토그래프/질량분석기(GC/MS)를 이용하여 용매류를 분석한다.

#### 2. 장비와 재료

##### 2.1 장비

- 2.1.1 기체크로마토그래프/불꽃이온화검출기(GC/FID) 또는 기체크로마토그래프/질량분석기(GC/MS)
- 2.1.2 분석용 저울(Analytical balance)
- 2.1.4 진탕기(Shaker)

##### 2.2 실험실 소모품

- 2.2.1 부피플라스크(10 mL, 1 L)
- 2.2.2 PTFE 주사기 필터(Syringe filter)
- 2.2.3 컬럼: DB-ALC1 (30 m × 0.32 mm ID, 1.8 μm) 또는 이와 동등한 것

#### 3. 표준물질 및 일반시약

##### 3.1 표준물질

- 3.1.1 표준물질: 프로필렌글리콜(Propylene glycol, 이하 PG)  
화학식:  $C_3H_8O_2$ , 화학식량: 76.09, CAS No.: 57-55-6
- 3.1.2 표준물질: 글리세롤(Glycerol, 이하 VG)  
화학식:  $C_3H_8O_3$ , 화학식량: 92.09, CAS No.: 56-81-5
- 3.1.3 내부표준물질: 1,3-부탄디올(1,3-Butanediol)  
화학식:  $C_4H_{10}O_2$ , 화학식량: 90.12, CAS No.: 107-88-0

##### 3.2 일반시약

- 3.2.1 아이소프로판올(Isopropanol, IPA)

#### 4. 시험과정

##### 4.1 표준용액의 조제

- 4.1.1 추출용매(2.0 mg/mL): 1 L 부피플라스크에 1,3-부탄디올 2.0 g의 무게를 재어 넣고 아이소프로판올로 눈금까지 채운다.
- 4.1.2 표준원액(50 mg/mL): 10 mL 부피플라스크에 PG와 VG 0.5 g의 무게를 재어 넣고 추출용매로 눈금까지 채운다.
- 4.1.3 표준용액: 10 mL 부피플라스크에 표준원액 일정량을 넣고 추출용매로 눈금까지 채운다. 채워 2, 4, 6, 8, 10 mg/mL의 농도가 되도록 조제한다.

##### 4.2 시험용액의 조제

- 4.2.1 10 mL 부피플라스크에 시료 0.1 g의 무게를 재어 넣고 추출용매로 눈금까지 채운다.
- 4.2.2 30 초간 볼텍스 믹서로 섞은 후 시험용액으로 한다.

## 5. 분석 및 계산

### 5.1 PG 및 VG 정성시험

5.1.1 정성시험은 표준용액, 시험용액을 아래의 조건으로 시험한다. 같은 방법으로 공시험을 한다.

표 1. 기기분석 조건(예)

• 기 기	기체크로마토그래프/불꽃이온화검출기(GC/FID) 또는 질량분석기(GC/MS)			
• 컬 럼	DB-ALC1 (30 m × 0.32 mm ID, 1.8 μm) 또는 이와 동등한 것			
• 운 반 가 스	헬륨			
• 주 입 온 도	250 °C			
• 주 입 모 드	split(50:1)			
• 주 입 량	1.0 μL			
• 유 속	1.8 mL/min			
• 컬 럼 온 도	rate (°C/min)	temperature (°C)	hold (min)	
	15	130	0	
	40	220	10	
• 검출기	불꽃이온화검출기(FID)	275 °C		
	이동라인온도	275 °C		
• 검출기 질량분석기 (MS)	이온값(예)	성분명	정량이온	정성이온
		프로필렌글리콜	61	45
		글리세롤	61	43
		1,3-부탄디올	72	57

### 5.1.2 표준용액의 크로마토그램

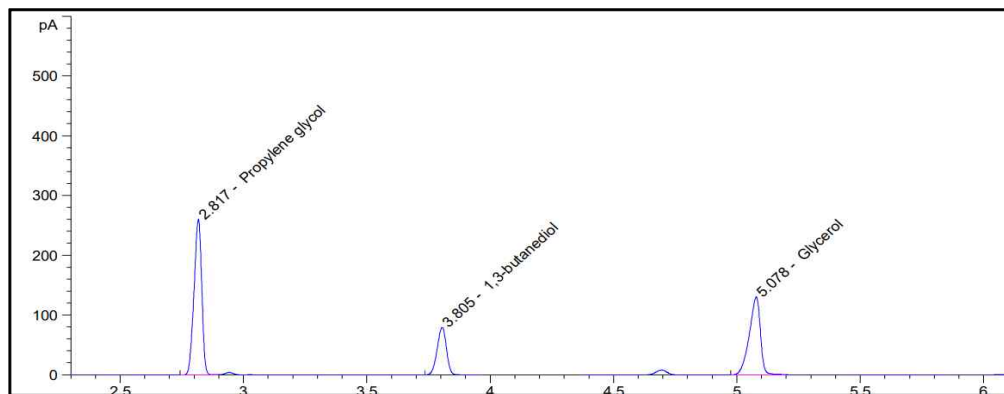


그림 1. PG, VG 표준물질 및 내부표준물질 크로마토그램

5.1.3 시험용액에서 검출된 피크(peak)가 표준물질과 같은 머무름시간(Retention time)을 갖지 않거나, 정량한계(limit of quantitation, LOQ) 미만의 피크는 "불검출"로 하고, 정량한계 이상의 피크를 대상으로 5.2 정량시험을 실시한다.

### 5.2 PG 및 VG 정량시험

5.2.1 검량선: 정성시험 5.1 에서 얻은 시험용액의 피크면적으로부터 예상되는 검출량을 포함하는 최소 3 개 이상의 농도 구간으로 표준원액을 희석하여 검량선을 작성한다.

5.2.2 시험용액: 4.2 의 시험용액을 사용한다. 필요한 경우, 시험용액을 희석하여 사용한다.

5.2.3 시험조건: 시험용액은 5.1 에 따라 분석한다.

### 5.3 계산

검량선의 수식을 이용하여 다음 계산식에 따라 시험용액 중 해당 성분의 농도를 구한다.

#### 5.3.1 검량선 수식

$$y = a x + b \quad (R^2 \geq 0.99)$$

x = 시험용액 중 내부표준물질 농도 대비 PG 및 VG 농도비

y = 시험용액 중 내부표준물질 피크 면적 대비 PG 및 VG 면적비

#### 5.3.2 계산식

PG 및 VG 함량 (mg/g)	=	$\frac{\text{시험용액 중 PG 및 VG 농도 (mg/mL)} \times \text{추출용매 부피 (mL)}}{\text{시료 무게 (g)}}$	
----------------------	---	--	--

## 4-3 카르보닐류(포름알데히드 등 6개)

### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 액상형 전자담배 제품(액상) 중 카르보닐류(carbonyls)에 속하는 포름알데히드, 아세트알데히드, 아크롤레인, 아세톤, 프로피온알데히드, 크로톤알데히드의 시험검사 수행을 위한 시험법으로 액체크로마토그래프/다이오드 어레이 검출기(LC/DAD) 분석를 이용하여 카르보닐류를 분석한다.

### 2. 장비와 재료

#### 2.1 장비

2.1.1 액체크로마토그래프/다이오드 어레이 검출기(LC/DAD) 분석

2.1.2 분석용 저울(Analytical balance)

2.1.3 진탕기(Shaker)

#### 2.2 실험실 소모품

2.2.1 갈색 병(1 L, 4 L)

2.2.2 갈색부피플라스크(10 mL, 50 mL, 100 mL, 200 mL, 2 L)

2.2.3 갈색 삼각플라스크

2.2.4 PVDF 주사기 필터(Syringe filter): 0.45  $\mu\text{m}$  이하 또는 여과용 멤브레인 필터

2.2.5 컬럼: Eclipse XDB C18 (250 mm  $\times$  4.6 mm ID, 5  $\mu\text{m}$ ) 또는 이와 동등한 것

### 3. 표준물질 및 일반시약

#### 3.1 표준물질

3.1.1 표준물질: 포름알데히드-DNPH(Formaldehyde-Dinitrophenylhydrazine)

화학식:  $\text{C}_7\text{H}_6\text{N}_4\text{O}_4$ , 화학식량: 210.2, CAS No.: 1081-15-8

3.1.2 표준물질: 아세트알데히드-DNPH(Acetaldehyde-Dinitrophenylhydrazine)

화학식:  $\text{C}_8\text{H}_8\text{N}_4\text{O}_4$ , 화학식량: 224.2, CAS No.: 1019-57-4

3.1.3 표준물질: 아크롤레인-DNPH(Acrolein-Dinitrophenylhydrazine)

화학식:  $\text{C}_9\text{H}_8\text{N}_4\text{O}_4$ , 화학식량: 236.2, CAS No.: 888-54-0

3.1.4 표준물질: 아세톤-DNPH(Acetone-Dinitrophenylhydrazine)

화학식:  $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_4$ , 화학식량: 238.2, CAS No.: 1567-89-1

3.1.5 표준물질: 프로피온알데히드-DNPH(Propionaldehyde-Dinitrophenylhydrazine)

화학식:  $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_4$ , 화학식량: 238.2, CAS No.: 725-00-8

3.1.6 표준물질: 크로톤알데히드-DNPH(Crotonaldehyde-Dinitrophenylhydrazine)

화학식:  $\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_4$ , 화학식량: 250.21, CAS No.: 1527-96-4

#### 3.2 일반시약

3.2.1 아세토나이트릴(Acetonitrile)

3.2.2 초순수(Ultrapure water)

3.2.3 2,4-디니트로트로페닐하이드라진(2,4-Dinitrophenylhydrazine, 2,4-DNPH, 이하 DNPH),

3.2.4 트리즈마 염(Trizma base)

3.2.5 85 % 인산(Phosphoric acid)

3.2.6 테트라히드로퓨란(Tetrahydrofuran)

### 4. 시험과정

#### 4.1 표준용액의 조제

4.1.1 표준원액: 10 mL 갈색 부피플라스크에 포름알데히드-DNPH, 아세트알데히드-DNPH, 아크롤레인-DNPH, 아세톤-DNPH, 프로피온알데히드-DNPH, 크로톤알데히드-DNPH를 각각 일

정량 넣은 뒤, 아세트나이트릴로 눈금까지 채운다.

- 4.1.2 1차 표준용액: 50 mL 갈색 부피 플라스크에 1차 표준원액에서 각각 일정량을 취해 아세트나이트릴로 눈금까지 채운다.
- 4.1.3 2차 표준용액: 50 mL 부피플라스크에 1차 표준용액의 일정량 넣고 아세트나이트릴로 눈금까지 채운다.
- 4.1.4 표준용액: 10 mL 부피플라스크에 2차 표준용액의 일정량을 넣고 아세트나이트릴로 눈금까지 채운다.

#### 4.2 시험용액의 조제

##### 4.2.1 DNPH 용액의 조제

- 4.2.1.1 인산용액: 200 mL의 부피플라스크에 약 150 mL의 증류수를 넣은 다음 85 % 인산 28 mL를 첨가한 후 잘 섞고 초순수로 눈금까지 채운다.
- 4.2.1.2 2 L 갈색 부피플라스크에 아세트나이트릴 1 L을 넣고 DNPH 6.792 g(24 mmol에 해당)의 무게를 측정해 넣은 후 핫플레이트/교반기로 약한 교반과 동시에 부피플라스크를 따뜻하게 하면서 DNPH를 용해시킨다(결정이 남아있지 않아야 한다).
- 4.2.1.3 DNPH를 용해시킨 후 인산용액 58 mL를 넣고 약하게 교반한다(용액은 이 시점에서 노란색으로 변한다).
- 4.2.1.4 초순수로 눈금까지 채운다(용액은 초순수 첨가 후 밝은 오렌지색으로 변한다).
- 4.2.1.5 DNPH 침전을 줄이기 위해서 실온의 어두운 곳에서 4 L 갈색병에 넣고 밀봉하여 보관한다.

- 4.2.2 트리즈마 염(Trizma base) 용액: 1 L의 부피플라스크에 초순수 200 mL을 넣고 트리즈마 염(Trizma Base) 2.00 g을 넣은 후 아세트나이트릴로 눈금까지 채운다. 실온의 어두운 곳에서 1 L 갈색병에 보관할 수 있다.

##### 4.2.3 시료 조제

- 4.2.3.1 10 mL 갈색 부피플라스크에 시료 약 1 g을 취하여 아세트나이트릴로 눈금까지 채운다.
- 4.2.3.2 갈색 삼각플라스크에 4.2.3.1의 희석용액 10 mL와 DNPH 용액을 넣고 잘 섞은 후 암조건에서 30분 방치한다.
- 4.2.3.3 10 mL의 갈색 부피플라스크에 4.2.3.2의 추출용액 4 mL를 넣고, 트리즈마 염(Trizma base) 용액으로 눈금까지 채운 뒤, 잘 섞은 후 0.45  $\mu$ m 멤브레인 필터로 여과하여 시험용액으로 한다.

#### 5. 분석 및 계산

##### 5.1 카르보닐 정성시험

###### 5.1.1 액체크로마토그래프/자외선검출기(LC/UV) 분석

정성시험은 표준용액, 시험용액을 아래의 조건으로 시험한다. 별도로 같은 방법으로 공시험을 한다.

표 1. 기기분석 조건(예)

• 기 기 명	액체크로마토그래프/다이오드 어레이 검출기(LC/DAD) 분석		
• 컬 럼	Eclipse XDB C18(250 mm × 4.6 mm ID, 5 μm)		
• 시 료 주 입 량	10 μL		
• 오 분 온 도	30 °C		
• 유 속	1.5 mL/min		
• 파 장	360 nm		
• 이 동 상	A: 20 % THF in DW B: Acetonitrile		
	Time	A	B
	0.00	80	20
• 이 동 상 조 건	10.00	75	25
	30.00	40	60
	35.00	80	20
	40.00	80	20

### 5.1.2 표준용액의 크로마토그램

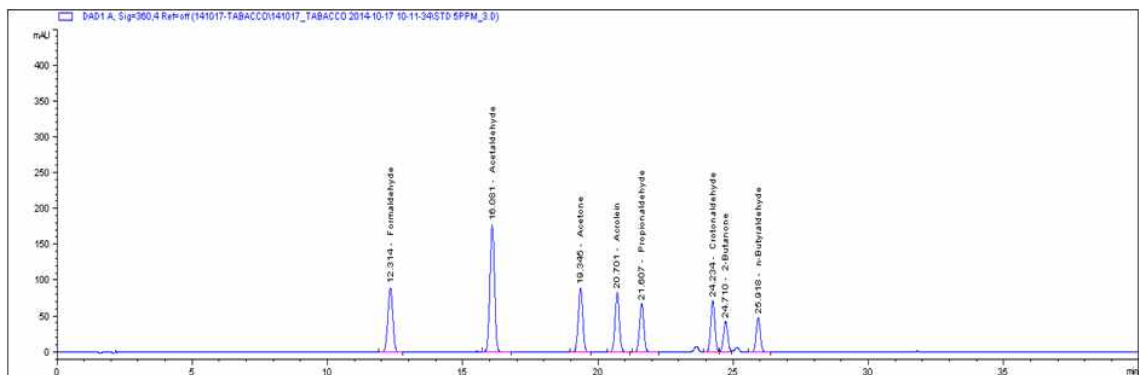


그림 1. 카르보닐류 표준물질 크로마토그램

5.1.3 시험용액에서 검출된 피크(peak)가 표준물질과 같은 머무름시간(Retention time)과 스펙트럼을 갖지 않거나, 정량한계(limit of quantitation, LOQ) 미만의 피크는 "불검출"로 하고, 정량한계 이상의 피크를 대상으로 5.2 정량시험을 실시한다.

### 5.2 카르보닐 정량시험

5.2.1 검량선: 정성시험 5.1 에서 얻은 시험용액의 피크면적으로부터 예상되는 검출량을 포함하는 최소 3 개 이상의 농도 구간으로 표준원액을 희석하여 검량선을 작성한다.

5.2.2 시험용액: 4.2 의 시험용액을 사용한다. 필요한 경우, 시험용액을 희석하여 사용한다.

5.2.3 시험조건: 시험용액은 5.1 에 따라 분석한다.

### 5.3 계산

검량선의 수식을 이용하여 다음 계산식에 따라 시험용액 중 해당 성분의 농도를 구한다.

#### 5.3.1 검량선 수식

$$y = a x + b \quad (R^2 \geq 0.99)$$

x = 시험용액 중 각 카르보닐류 농도

y = 시험용액 중 각 카르보닐류 면적

#### 5.3.2 계산식

$$\begin{array}{l} \text{카르보닐류} \\ \text{함량} \\ (\mu\text{g/g}) \end{array} = \frac{(\text{시험용액 중 카르보닐 농도} - \text{공시료 중 카르보닐 농도}) \times \text{추출용매 부피}}{\text{시료 무게}} \begin{array}{l} (\mu\text{g/mL}) \\ (\text{mL}) \\ (\text{g}) \end{array}$$

## 4-4 중금속류(니켈 등 7개)

### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 액상형 전자담배 제품(액상) 중 중금속류에 속하는 니켈, 납, 카드뮴, 크롬, 수은, 비소, 셀레늄의 시험검사 수행을 위한 시험법으로 유도결합플라스마/질량분석기(ICP/MS)를 이용하여 중금속류를 분석한다.

### 2. 장비와 재료

#### 2.1 장비

- 2.1.1 유도결합플라스마/질량분석기(ICP/MS)
- 2.1.2 마이크로웨이브 오븐(Microwave oven)
- 2.1.3 초음파 처리기(Sonicator)
- 2.1.4 분석용 저울(Analytical balance)

#### 2.2 실험실 소모품

- 2.1.1 폴리프로필렌(Polypropylene, PP) 용기
- 2.1.2 마이크로웨이브 분해 용기(vessel, 이하 베셀)

### 3. 표준물질 및 일반시약

#### 3.1 표준물질

- 3.1.1 표준물질: 니켈(Nickel)  
화학식: Ni, 화학식량: 58.69, CAS No.: 7440-02-0
- 3.1.2 표준물질: 납(Lead)  
화학식: Pb, 화학식량: 207.20, CAS No.: 7439-92-1
- 3.1.3 표준물질: 카드뮴(Cadmium)  
화학식: Cd, 화학식량: 112.41, CAS No.: 7440-43-9
- 3.1.4 표준물질: 크롬(Chromium)  
화학식: Cr, 화학식량: 52.00, CAS No.: 7440-47-3
- 3.1.5 표준물질: 수은(Mercury)  
화학식: Hg, 화학식량: 200.59, CAS No.: 7439-97-6
- 3.1.6 표준물질: 비소(Arsenic)  
화학식: As, 화학식량: 74.92, CAS No.: 7440-38-2
- 3.1.7 표준물질: 셀레늄(Selenium)  
화학식: Se, 화학식량: 78.97, CAS No.: 7782-49-2

#### 3.2 일반시약

- 3.2.1 1000 µg/mL 금(Gold)
- 3.2.2 65 % 질산(Nitric acid)
- 3.2.3 과산화수소수(Hydrogen Peroxide 35 % in water)

### 4. 시험과정

#### 4.1 표준용액의 조제

- 4.1.1 바탕용액(13 % 질산(v/v)): 1 L 폴리프로필렌 용기에 초순수 800 mL와 65 % 질산 200 mL를 섞어 13 % 질산 용액을 조제한다. 금의 농도가 200 ng/mL가 되도록 금 표준물질(1000 µg/mL) 을 200 µL 추가하여 잘 섞어준다.  
※ 참고: 농축된 산 용액을 희석할 때는 항상 물에 산을 추가한다.
- 4.1.2 표준원액(10 µg/g): 세척한 15 mL conical tube에 1,000 µg/mL 표준물질 18종의 무게를 0.1 g 씩 재어 넣고 10 g까지 바탕용액으로 채운다.
- 4.1.3 1차 표준용액(100 ng/g): 세척한 15 mL conical tube에 표준원액 0.1 g의 무게를 재어 넣고

10 g까지 바탕용액으로 채운다.

4.1.4 표준용액: 세척한 15 mL conical tube 6개에 1차 표준용액의 무게를 일정량 제어 넣고 바탕용액으로 최종 10 g이 되도록 채운다.

#### 4.2 시험용액의 조제

4.2.1 준비된 베셀에 시료 0.5 g, 과산화수소수 1.25 mL, 65 % 질산 5 mL를 넣고 30 분 동안 정치하여 안정화시킨다.

4.2.2 마이크로웨이브 오븐 온도를 적절히 조절하여 산분해를 진행한다. 10 분간 100 °C까지 올리고 5분간 100 °C에서 유지시킨 후, 10분간 160 °C까지 올리고 10분간 160 °C에서 유지시킨 다음, 5분간 190 °C 까지 올리고 20분간 유지시키는 조건으로 산 분해를 진행하였다.

표 1. 마이크로웨이브오븐 조건(예)

	T [min]	E [W]	T1 [°C]
1	10:00	700	100
2	05:00	1000	100
3	10:00	1000	160
4	10:00	1000	160
5	05:00	1000	190
6	20:00	1000	190

4.2.3 분해된 시료는 냉각 후 초순수를 이용하여 50 mL conical tube에 최종 25 g이 되도록 바탕용액으로 채워 시험용액으로 한다.

※ 시료 없이 모든 것을 같이 처리한 공시험 용액을 준비한다.

#### 5. 분석 및 계산

##### 5.1 중금속류 정성시험

##### 5.1.1 유도결합플라즈마/질량분석기(ICP/MS) 분석

정성시험은 표준용액, 시험용액을 아래의 조건으로 시험한다. 같은 방법으로 공시험을 한다.

표 2. 기기분석 조건(예)

기 기 명	유도결합플라즈마/질량분석기(ICP/MS)
• Nebulizer gas flow	1.07 mL/min
• Auxiliary gas flow	1.2 mL/min
• Plasma gas flow	18 L/min
• Lens voltage	6
• RF voltage	1500 W
• Analog stage voltage	-2300
• pulse stage voltage	1150
• mode	standard, peak Hopping
• Dwell time	50
• integration time	1500
• RPq	0.25

• Mass(m/z) condition	원소	mass (m/z)	원소	mass (m/z)
	니켈	59.9	수은	202.0
	납	206.0	비소	74.9
	카드뮴	110.9	셀레늄	82.0
	크롬	52.9		

5.1.2 시험용액에서 검출된 특정 원소에 대한 기기반응값이 정량한계(limit of quantitation, LOQ) 미만일 경우 "불검출"로 하고, 정량한계 이상일 경우를 대상으로 5.4 정량시험을 실시한다.

## 5.2 중금속류 정량시험

5.2.1 검량선: 정성시험 5.1 에서 얻은 시험용액의 기기반응값으로부터 예상되는 검출량을 포함하는 최소 3 개 이상의 농도 구간으로 표준원액을 희석하여 검량선을 작성한다.

5.2.2 시험용액: 4.2 의 시험용액을 사용한다. 필요한 경우, 시험용액을 희석하여 사용한다.

5.2.3 시험조건: 시험용액은 5.1 에 따라 분석한다.

## 5.3 계산

검량선의 수식을 이용하여 다음 계산식에 따라 시험용액 중 해당 성분의 농도를 구한다.

### 5.3.1 검량선 수식

$$y = a x + b \quad (R^2 \geq 0.99)$$

x = 시험용액 중 중금속 원소의 농도

y = 시험용액 중 중금속 원소의 기기반응값

### 5.3.2 계산식

중금속류 함량 (ng/g)	=	$\frac{(\text{시험용액 중 중금속류 농도} - \text{공시료 중 중금속류 농도}) \times \text{추출용매 무게}}{\text{시료 무게}}$	$\frac{(\text{ng/g}) \times (\text{g})}{(\text{g})}$
----------------------	---	---	--

## 4-5 담배특이니트로사민류(NNN, NNK, NAT, NAB)

### 1. 시험방법의 요약

본 시험법은 액상형 전자담배 제품(액상) 중 담배특이니트로사민류에 속하는 N-nitrosornicotine(NNN), 4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone(NNK), N-nitrosoanatabine(NAT), N-nitrosoanabasine(NAB)의 시험검사 수행을 위한 시험법으로 액체크로마토그래프/질량분석기(LC/MS/MS)를 이용하여 담배특이니트로사민류를 분석한다.

### 2. 장비와 재료

#### 2.1 장비

- 2.1.1 액체크로마토그래프/질량분석기(LC/MS/MS)
- 2.1.2 초음파 추출기(Sonicator)
- 2.1.3 분석용 저울(Analytical balance)
- 2.1.4 진탕기(Shaker)

#### 2.2 실험실 소모품

- 2.2.1 부피플라스크(10 mL, 100 mL, 1 L)
- 2.2.2 0.2 µm 멤브레인 필터
- 2.2.3 컬럼: ZORBAX Eclipse Plus C18 (150 mm × 4.6 mm ID, 5 µm)또는 이와 동등한 것

### 3. 표준물질 및 일반시약

#### 3.1 표준물질

- 3.1.1 표준물질: N-니트로소노르니코틴(N-Nitrosornicotine, 이하 NNN)  
화학식:  $C_9H_{11}N_3O$ , 화학식량: 177.2, CAS No.: 16543-55-8
- 3.1.2 표준물질: 4-(N-Nitrosomethylamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone, 이하 NNK)  
화학식:  $C_{10}H_{13}N_3O_2$ , 화학식량: 207.2, CAS No.: 64091-91-4
- 3.1.3 표준물질: N-니트로소아나타빈(N-Nitrosoanatabine, 이하 NAT)  
화학식:  $C_{10}H_{13}N_3O$ , 화학식량: 189.2, CAS No.: 887407-16-1
- 3.1.4 표준물질: N-니트로소아나바신(N-Nitrosoanabasine, 이하 NAB)  
화학식:  $C_{10}H_{13}N_3O$ , 화학식량: 191.2, CAS No.: 1133-64-8
- 3.1.5 (내부)표준물질: N-니트로소노르니코틴(N-Nitrosornicotine-2,4,5,6-d<sub>4</sub>, 이하 NNN-d<sub>4</sub>)  
화학식:  $C_9H_7D_4N_3O$ , 화학식량: 177.2, CAS No.: 66148-19-4
- 3.1.6 (내부)표준물질: 4-(N-Nitrosomethylamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone-2,4,5,6-d<sub>4</sub> (이하 NNK-d<sub>4</sub>)  
화학식:  $C_{10}H_7D_4N_3O_2$ , 화학식량: 211.2, CAS No.: 764661-24-7

#### 3.2 일반시약

- 3.2.1 아세트산 암모늄(Ammonium acetate)
- 3.2.2 아세토나이트릴(Acetonitrile)
- 3.2.3 메탄올(Methanol)
- 3.2.4 아세트산(Acetic acid)
- 3.2.5 초순수(Ultrapure water)

### 4. 시험과정

#### 4.1 표준용액의 조제

- 4.1.1 바탕용액(100 mM 아세트산 암모늄 수용액): 1 L 부피플라스크에 아세트산 암모늄 7.7 g의 무게를 재어 넣고 초순수로 눈금까지 채운다.
- 4.1.2 추출용매(10 ng/mL)
  - 4.1.2.1 내부표준원액(1000 µg/mL): 10 mg의 NNN-d<sub>4</sub>, NNK-d<sub>4</sub> 을 10 mL 부피플라스크에 각각 넣

고 아세트나이트릴로 눈금까지 채운다.

4.1.2.2 1차 내부표준용액(10 µg/mL): 100 mL 부피플라스크에 내부표준원액 1 mL를 넣고 바탕용액으로 눈금까지 채운다.

4.1.2.3 1 L 부피플라스크에 1차 내부표준용액 1 mL를 넣고 바탕용액으로 눈금까지 채워 추출용매로 사용한다.

4.1.3 표준원액(1000 µg/mL): 10 mL 부피플라스크에 TSNAs 4종의 무게를 각각 10 mg씩 재어 넣고 추출용매로 눈금까지 채운다.

4.1.4 1차 표준용액(10 µg/mL): 100 mL 부피플라스크에 표준원액 1 mL를 넣고 추출용매로 눈금까지 채운다.

4.1.5 2차 표준용액(10 ng/mL): 100 mL 부피플라스크에 1차 표준용액 0.1 mL를 넣고 추출용매로 눈금까지 채운다.

4.1.6 표준용액: 6 개의 10 mL 부피플라스크에 바탕시료 1 g의 무게를 각각 재어 넣고 2차 표준용액을 일정량 넣은 후 추출용매로 눈금까지 채운다.

4.1.7 이동상 A (10 mM 아세트산 암모늄 수용액): 1 L 부피플라스크에 아세트산 암모늄 0.77 g의 무게를 재어 넣고 초순수로 눈금까지 채운다.

4.1.8 이동상 B (0.1 % 아세트산 in 메탄올): 1 L 부피플라스크에 아세트산 1 mL를 넣고 메탄올로 눈금까지 채운다.

#### 4.2 시험용액의 조제

4.2.1 바탕시료: PG와 VG를 같은 비율(w/w)로 혼합하여 바탕시료로 사용한다.

4.2.2 시료 50 mg을 취하여 2 mL 갈색 유리 바이알에 넣은 후, 추출용매 500 µL를 첨가한다.

4.2.3 이후 30 분 간 초음파 추출한 뒤 0.2 µm 멤브레인 필터로 여과하여 시험용액으로 한다.

### 5. 분석 및 계산

#### 5.1 담배특이니트로사민류 정성시험

##### 5.1.1 액체크로마토그래프/질량분석기(LC/MS/MS) 분석

정성시험은 표준용액, 시험용액을 아래의 조건으로 시험한다. 같은 방법으로 공시험을 한다.

표 1. 기기분석 조건(예)

• 기 기 명	액체크로마토그래프/질량분석기(LC/MS/MS)		
• 컬 럼	ZORBAX Eclipse Plus C18 (150 mm × 4.6 mm ID, 5 μm)		
• 시 료 주 입 량	1.0 μL		
• 컬 럼 온 도	55 °C		
• 유 속	0.3 mL/min		
• 이 동 상	A: 10 mM 아세트산 암모늄 수용액 B: 0.1 % 아세트산 in 메탄올 용액		
	Time	A	B
	0.0	90	10
• 이 동 상 조 건	4.0	2	98
	6.0	2	98
	7.0	90	10
	15.0	90	10
• 이 온 화 모 드	ESI, Positive		
• Curtain gas	25		
• Collision gas	4		
• 이 온 전 압	5500 V		
• Ion source gas 1	50		
• Ion source gas 2	50		
• Source 온도	600 °C		

표 2. 질량분석기 이온 조건(예)

성분	전구이온 (m/z)	정량이온 (m/z)	정성이온 (m/z)
NNN	178.1	148.0	120.1, 119.0
NNK	208.1	122.2	79.1, 106.1
NAT	190.2	160.1	79.0, 106.0
NAB	192.2	162.1	133.1, 106.1
NNN-d <sub>4</sub>	182.1	152.2	124.1, 108.9
NNK-d <sub>4</sub>	212.2	126.1	83.1, 110.1

### 5.1.2 표준용액의 크로마토그램

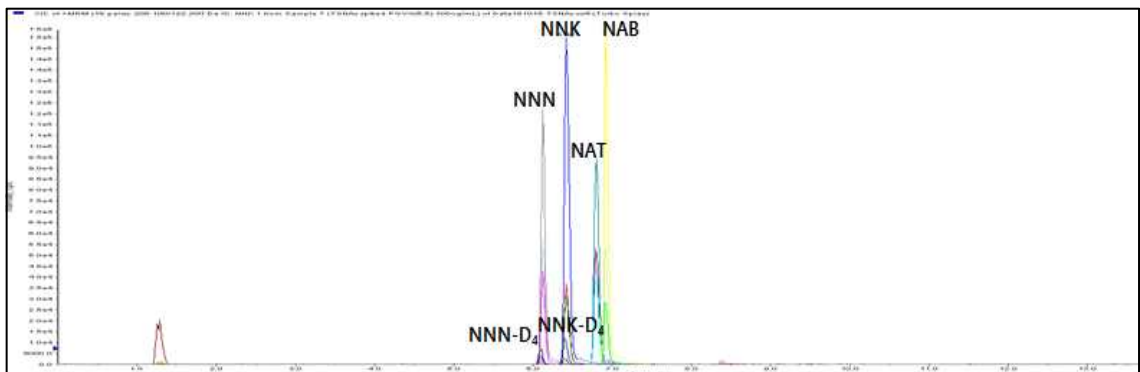


그림 1. 담배특이니트로사민류 표준물질 및 내부표준물질 크로마토그램

5.1.3 시험용액에서 검출된 피크(peak)가 표준물질과 같은 머무름시간(Retention time), 정량이온 대비 정성이온 피크 면적비를 갖지 않거나, 정량한계(limit of quantitation, LOQ) 미만인 경우 "불검출"로 하고, 정량한계 이상의 피크를 대상으로 5.2 정량시험을 실시한다.

## 5.2 담배특이니트로사민류 정량시험

5.2.1 검량선: 정성시험 5.1 에서 얻은 시험용액의 피크면적으로부터 예상되는 검출량을 포함하는 최소 3 개 이상의 농도 구간으로 표준원액을 희석하여 검량선을 작성한다.

5.2.2 시험용액: 4.2 의 시험용액을 사용한다. 필요한 경우, 시험용액을 희석하여 사용한다.

5.2.3 시험조건: 시험용액은 5.1 에 따라 분석한다.

## 5.3 계산

검량선의 수식을 이용하여 다음 계산식에 따라 시험용액 중 해당 성분의 농도를 구한다.

### 5.3.1 검량선 수식

$$y = a x + b \quad (R^2 \geq 0.99)$$

x = 시험용액 중 각 내부표준물질 농도 대비 해당 담배특이니트로사민류 농도비

y = 시험용액 중 각 내부표준물질 피크 면적 대비 해당 담배특이니트로사민류 면적비

(단, NAB 및 NAT는 NNN-d<sub>4</sub>를 내부표준물질로 계산한다.)