

## 2-부타논 옥심

2-Butanone oxime

**CAS No. 96-29-7**

**2023. 12.**

산업재해예방

**안전보건공단**

산업안전보건연구원



## 요약(Summary)

본 독성정보 조사보고서는 2-부타논 옥심에 대한 독성정보를 누구나 쉽게 이용할 수 있도록 제공하고자 국내외 문헌정보를 조사하여 정리하였다.

2-부타논 옥심은 피막형성 방지제, 코팅 방지제, 산소 제거제, 폴리우레탄 내 이소시아네이트 방지제 등에 사용된다. 직업적 노출은 2-부타논 옥심이 생산되거나 사용되는 작업장에서 흡입 및 피부 접촉을 통해 발생할 수 있다. 일반 대중은 2-부타논 옥심을 함유한 소비자 제품(특히 페인트 및 코팅제) 사용 시 증기 흡입 및 피부 접촉을 통해 노출된다. 환경부 화학물질 통계조사에 따른 국내 사용량은 연간 2,609톤이며, 산업 및 소비자 용도로 사용될 수 있다.

2-부타논 옥심의 독성에 관한 인체 연구는 보고된 바 없다.

설치류에 대한 경구 투여 시 빠르게 흡수되며, 피부 도포 시 13~26%가 흡수되었다. 동물의 생체 내에서 2-부타논과 하이드록시아민으로 대사될 수 있으며, 전신에서 광범위하게 대사되며 조직에 축적되지 않는다. 소변, 휘발성 물질 및 이산화탄소로 배설된다. 랫드에게 급성 독성은 흡입노출 경로에서 반수치사농도(Lethal Concentration for 50 percent kill, LC<sub>50</sub>) 20 mg/L로 제시되었다. 흡입노출 경로의 아급성 독성시험(랫드)에서 무영향관찰농도(No Observed Adverse Effect Concentration, NOAEC)는 암수 모두에서 간 및 비장의 중량 증가, 암컷에서 메트헤모글로빈 증가에 근거하여 90 mg/m<sup>3</sup>로 제시되었다. 마우스에 대한 흡입 아만성 독성시험에서 NOAEC은 비강 내 후각상피 변성에 근거하여 10.8 mg/m<sup>3</sup>로 제시되었다. 랫드 및 마우스에 대한 흡입 발암성시험에서는 간세포 선종 및 암종이 나타났으며 최소영향관찰농도(Lowest Observed Adverse Effect Concentration, LOAEC)는 15 ppm으로 설정되었다. 랫드 및 토끼에 대한 생식·발생 독성은 나타나지 않았다. 일부 복귀돌연변이 시험 및 자매염색분체 교환 시험에서 양성을 보였으나, 그 외 대부분의 유전 독성 및 변이원성 시험 결과는 음성이었다.

실험동물에게 피부 자극성, 피부 과민성, 부식성 눈 자극을 유발하는 것으로 보고되었다.

**중심단어 : 2-부타논 옥심(2-Butanone oxime), 메틸 에틸 케톡심(Methyl ethyl ketoxime, MEKO), 96-29-7**

## 차례(Contents)

요약(Summary) .....	1
약어(Abbreviations) .....	3
<b>1. 일반 정보(General information) .....</b>	<b>4</b>
1.1. 물리·화학적 특성(Physical & Chemical properties) .....	4
1.2. 사용 및 노출(Uses & Exposure) .....	5
<b>2. 인체 연구(Human Studies) .....</b>	<b>6</b>
2.1. 사례 연구(Case Reports) .....	6
2.2. 역학 연구(Epidemiologic Studies) .....	6
<b>3. 독성 연구(Toxicological Studies) .....</b>	<b>7</b>
3.1. 흡수, 분포, 대사, 배설(ADME) .....	7
3.2. 급성 독성(Acute Toxicology) .....	8
3.3. 아급성 독성(Subacute Toxicology) .....	10
3.4. 아만성 독성(Subchronic Toxicology) .....	12
3.5. 만성 독성 및 발암성(Chronic Toxicology & Cancer Information) .....	14
3.6. 생식·발생 독성(Reproductive & Developmental Toxicology) .....	15
3.7. 유전 독성 및 변이원성(Genotoxicity & Mutagenicity) .....	17
3.8. 그 외 독성 정보(Others) .....	19
<b>4. 유해성·위험성 분류(Hazard Classification) .....</b>	<b>20</b>
<b>5. 규제 및 관리(Regulation &amp; Management) .....</b>	<b>22</b>
참고문헌(References) .....	23

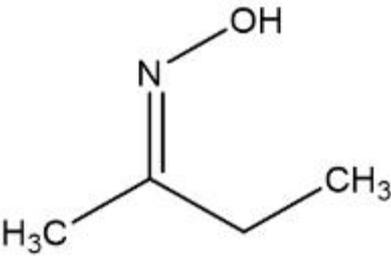
## 약어(Abbreviations)

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 미국 산업위생가협회
ADME	Absorption, Distribution, Metabolism, Excretion, 흡수, 분포, 대사, 배설
DMEL	Derived Minimal Effect Level, 최소영향 도출수준
ECHA	European Chemicals Agency, 유럽 화학물질청
LC <sub>50</sub>	Lethal Concentration for 50 percent kill, 반수치사농도
LD <sub>50</sub>	Lethal Dose for 50 percent kill, 반수치사용량
LOAEC	Lowest Observed Adverse Effect Concentration, 최소영향관찰농도
LOAEL	Lowest Observed Adverse Effect Level, 최소영향관찰용량
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health, 미국 산업안전보건연구원
NOAEC	No Observed Adverse Effect Concentration, 무영향관찰농도
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level, 무영향관찰용량
NOEL	No Observed Effect Level, 최대무작용량
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development, 경제협력개발기구
OSHA	Occupational Safety and Health Administration, 미국 산업안전보건청
TG	Test Guideline, 시험 지침

## 1. 일반 정보(General information)

### 1.1. 물리·화학적 특성(Physical & Chemical properties)

2-부타논 옥심은 다음과 같은 물리화학적 특성을 가지고 있다.

구조 <sup>a</sup>	
영문 물질명	2-Butanone oxime
국문 물질명	2-부타논 옥심
이명	메틸 에틸 케톡심(Methyl ethyl ketoxime, MEKO), 부타논 옥심(Butanone oxime)
CAS No.	96-29-7
분자식	C <sub>4</sub> -H <sub>9</sub> -N-O <sup>a</sup>
분자량	87.12 <sup>a</sup>
색깔 및 성상	무색 액체
끓는점	152 °C @ 101,325 Pa
어는점	-29.5 °C @ 101,325 Pa
인화점	61.97 °C @ 101,325 Pa
자연발화온도	314 °C @ 101,325 Pa
증기압	10.7 hPa @ 20 °C
밀도/비중	0.92 @ 20 °C
점도	15 mPa.s @ 20 °C
옥탄올-물 분배계수	0.63 @ 25 °C
용해도	수용해도 100 g/L @ 25 °C

※ 출처 : ECHA, <sup>a</sup>Tox-Info

## 1.2. 사용 및 노출(Uses & Exposure)

2-부타논 옥심은 피막형성 방지제, 코팅 방지제, 산소 제거제, 폴리우레탄 내 이소시아네이트 방지제로 사용된다(Tox-Info, 2023). 페인팅 공정에서 노출 위험이 있다. 1958년부터 생산되었으며 근로자에게 독성영향이 보고된 바는 없다. 2006년 미국 유해물질 관리법(Toxic Substances Control Act, TSCA) 물질 목록 업데이트 보고자료에 따르면, 산업적 제조, 가공 및 사용에서 2-부타논 옥심에 합리적으로 노출될 가능성이 있는 사람의 수는 1,000명 이상이나, 데이터가 크게 과소평가되었을 수 있다고 보고하였다. NIOSH는 National Occupational Exposure Survey(1981~1983)에서 통계적으로 미국에서 313,185명의 근로자(이 중 25,609명은 여성)가 2-부타논 옥심에 잠재적으로 노출된 것으로 추정하였다. 2-부타논 옥심에 대한 직업적 노출은 이 화합물이 생산되거나 사용되는 작업장에서 흡입 및 피부 접촉을 통해 발생할 수 있다. 일반 대중은 2-부타논 옥심을 함유한 소비자 제품(특히 페인트 및 코팅제) 사용 시 증기 흡입 및 피부 접촉을 통해 노출된다(PubChem, 2023).

2020년 화학물질안전원에서 조사한 국내 2-부타논 옥심의 유통량 및 취급업체의 수는 다음과 같다.

제조·합성량 [톤/년]	수입량 [톤/년]	수출량 [톤/년]	사용량 [톤/년]	취급업체 [개소]
516.2	923.8	11.1	2,609.1	688

\* 화학물질안전원, 2020년 화학물질 통계조사 결과

환경부 기존화학물질 사전(변경)신고 정보공개 목록 중 2-부타논 옥심의 내용은 다음과 같다.

KE No.	신고건수	최대 제조·수입 톤수범위	소비자 용도 여부
KE-03881	80	1,000톤 이상	○

\* 환경부, 기존화학물질 사전(변경)신고 정보공개(11차)

## 2. 인체 연구(Human Studies)

### 2.1. 사례 연구(Case Reports)

해당 자료 없음

### 2.2. 역학 연구(Epidemiologic Studies)

해당 자료 없음

### 3. 독성 연구(Toxicological Studies)

#### 3.1. 흡수, 분포, 대사, 배설(ADME)

##### 1) 흡수 및 분포

- 경구 : 임신 14일 짜인 암컷 및 수컷 마우스에게 14(C)-2-부타논 옥심을 단회 경구 투여하였다. 이 물질은 구강 경로를 통해 빠르게 흡수되었고 전신에 그대로 분포되었다. 연구 전반에 걸쳐 소변과 담즙이 유의미한 활성을 보였다. 장 활성은 미미하였다. 즉, 이 물질은 주로 신장을 통해 배설되는 것을 의미한다(European Chemicals Bureau, 2012, TOX-INFO, 2023 재인용).

- 피부 : 수컷 Fischer 344(F344) 랫드에 2.7 및 270 mg/kg bw<sup>1)</sup>의 14(C)-2-부타논 옥심을 피부에 도포하였고, 각각 약 26% 및 13%가 흡수되었다. 대사 케이지에 넣기 전 투여 부위의 휘발로 인해 실제 흡수는 낮아질 수 있다(Burka, 1999, ECHA, 2023 재인용).

**2) 대사** : 2-부타논 옥심은 동물의 생체 내에서 2-부타논과 하이드록시아민으로 대사될 수 있다(European Chemicals Bureau, 2012; TOX-INFO, 2023 재인용). 2-부타논 옥심은 광범위하게 대사되며 조직에 축적되지 않는다. 랫드에 2.7, 27, 270 mg/kg의 2-부타논 옥심을 단회 위관투여법으로 투여한 후 처음 24시간 동안 이산화탄소로 전환된다는 것을 확인하였다. 270 mg/kg의 위관 투여는 대사 경로의 포화를 초래 할 수도 있다. 케톡심이 케톤과 하이드록시아민으로 대사된다는 몇 가지 증거가 있다(Burka, 1999; NTP, 2012, TOX-INFO, 2023 재인용).

**3) 배설** : 수컷 F344 랫드에 14(C)-2-부타논 옥심을 경구, 정맥 내 주사 및 경피 투여하였다. 2.7, 27, 270 mg/kg의 경구 투여 결과 주로 이산화탄소(71~49%)로 배설되었고, 배설량은 투여 용량이 증가함에 따라 감소하였다. 소변 내 배설(13~26%) 및 휘발성 물질로의 배설은(5~18%)은 투여량이 증가함에 따라 증가하였다. 투여량의 5~6%는 72시간 후에도 주요 조직에 남아있었다. 2.7 mg/kg의

1) mg/kg bw : 체중(body weight) 1 kg 당 투여 용량(mg)

정맥 내 주사는 주로 이산화탄소(48.8%)로 소변 및 휘발성 물질을 통해 배설되었고, 각각 21.4와 11.4%를 차지하였다. 투여된 방사능의 약 7%는 72시간 후에도 조직에 남아있었다. 경피 투여 후, 2.7 mg/kg은 13%가 흡수되었고, 270 mg/kg은 26% 흡수되었다(Burka, 1999, TOX-INFO, 2023 재인용; ECHA, 2023).

**4) 작용기전** : 2-부타논 옥심을 포함한 세 가지 옥심 화합물이 혈액, 용혈체, 적혈구에서 헤모글로빈 산화(HbFe<sup>3+</sup>), Thiobarbituric acid reactive substances(TBARS) 형성, 글루타치온 고갈에 영향을 미치는지 여부를 생체 외에서 시험하였다. 모든 매개변수는 산화 스트레스와 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 2-부타논 옥심은 적혈구에서 TBARS 형성을 일으키지 않았고, HbFe<sup>3+</sup> 축적을 거의 일으키지 않았으며, GST(Glutathione S-Transferase) 억제를 거의 일으키지 않았다. 그러나 글루타치온 고갈은 다른 옥심 화합물보다 두드러졌으며, 이는 글루타치온 포함이 발생함을 나타낸다. 랫드 간 세포에 대한 동일 시험에서는 영향이 발견되지 않았다. 이는 적혈구에 존재하는 인자가 자유 라디칼 형성에 필요함을 시사한다. 이러한 연구 결과는 2-부타논 옥심의 대사가 적혈구 독성에 영향을 미치지 않음을 시사한다(Palmen, N. G., & Evelo, C. T. 1998, PubChem, 2023 재인용).

### 3.2. 급성 독성(Acute Toxicology)

1) F344 랫드에 2-부타논 옥심 증기를 0, 0.19, 1.45, 4.83 mg/L 농도로 전신 흡입 노출시켰다. 사망은 관찰되지 않았으며, 고농도 그룹에서 암수 모두에게 강력하지만 일시적인 마취 효과가 발생하였다. 체중 증가율의 감소는 모든 그룹의 암컷에서 통계적으로 유의미하였으며, 고농도 그룹 수컷의 경우 통계적으로 유의하지는 않았지만 분명히 관찰되었다. LC<sub>50</sub>은 4.83 mg/L 초과로 결론지었다(ECHA, 2023).

2) Sprague-Dawley(SD) 랫드에 100, 300, 900 mg/kg bw의 2-부타논 옥심을 위관투여법으로 경구 투여하였다. 900 mg/kg의 투여 수준에서 대조군에 비해 운동 활성이 30~60분 사이에 최대로 감소되었다. 투여 1시간 후에 케이지 제거 시험, 취급 시, 자세 및 보행에서의 일시적인 투여 관련 변화가 관찰되었으며, 운

동 활성에서 유의한 감소가 관찰되었다. 300 mg/kg 용량을 투여하고 1시간 후, 걸음걸이 및 공중 정향반사에 대한 일시적인 2-부타논 옥심 관련 변화가 나타났다. 모든 영향들은 2-부타논 옥심 투여 후 24시간 이내에 가역적이었다. 100 mg/kg 용량에서는 관찰 가능한 영향이 없었다. LD<sub>50</sub>은 900 mg/kg bw 초과, NOEL은 100 mg/kg bw로 추정되었다(Schulze, 1993, TOX-Info, 2023 재인용; ECHA, 2023).

3) 수컷 SD 랫드에 위관투여법으로 1,500~4,999 mg/kg bw의 2-부타논 옥심을 경구 투여하였다. 1,500 mg/kg에서는 사망이 발생하지 않았다. 1,908 mg/kg에서 22.2%가 사망하였고, 2,427 mg/kg에서 50%의 사망이 발생하였으며, 3,089 mg/kg 이상에서 100%가 사망하였다. 사망은 일반적으로 투여 후 48시간 이내에 발생하였다. 독성 징후에는 전반적인 우울증, 진전 및 정향반사 소실이 포함되었다. LD<sub>50</sub>은 2,326 mg/kg bw으로 추정되었다(ECHA, 2023).

4) 토끼에게 2-부타논 옥심을 1,000 mg/kg bw 용량으로 피부에 노출시켰다. 사망은 발생하지 않았으며, LD<sub>50</sub>은 1,000 mg/kg bw 초과로 추정되었다(ECHA, 2023).

5) 토끼에게 2-부타논 옥심을 2.0 mL/kg bw(1,800 mg/kg bw) 용량으로 피부 노출시켰을 때 암수 각 5마리 모두에게 치명적이었지만, 0.2 mL/kg(180 mg/kg bw) 및 0.02 mL/kg(18 mg/kg bw)에서는 사망이 관찰되지 않았다. LD<sub>50</sub>은 > 0.2 ~ < 2 mL/kg bw(> 180 ~ < 1,800 mg/kg bw)로 추정되었다(ECHA, 2023).

6) 뉴질랜드 백색 토끼에 대한 발달 연구에서 2-부타논 옥심의 급성 독성이 명백히 나타났다. 예비 시험에서는 토끼에게 0, 10, 20, 40, 80 mg/kg bw/day(용량별 5마리의 암컷)을 투여하였고 본 시험에서는 0, 8, 14, 24, 40mg/kg bw/day(용량별 암컷 18마리)을 투여하였다. 노출 기간은 임신 기간(Gestational Days, GD) 6~18일(12일)이었다. 예비 시험과 본 시험 모두에서 사망이 관찰되었다. 예비 시험에서는 80 mg/kg bw/day를 투여 후 48시간 이내에 2 마리의 암컷이 사망했으며, GD 8~10일까지 5마리의 암컷이 모두 사망하였다. 이 그룹의 임상 증상으로 암적색 또는 적·녹색 소변을 보였고 부검 결과 비장 종대와 갈색으로 변색된 폐가 관찰되었다. 예비 시험 및 본 시험 모두 40 mg/kg bw/day에서 사망이 관찰

되었다. 예비 시험에서는 2마리의 암컷이 GD 10~11일 사이에 사망했고, 본 시험에서는 8마리의 암컷이 GD 11~24일 사이에 사망하였다. 40 mg/kg bw/day의 임상 증상으로 활동 감소, 호흡곤란, 케이지 바닥의 붉은 색 액체 및 체중 감소가 관찰되었다. 흉강 내 액체 내용물과 비슷한 폐의 갈색 변색, 창백한 간, 명료한 간 소엽 형성, 방광 내 암적색 내용물 및 점막 비후가 나타났다(ECHA, 2023).

2-부타논 옥심의 주요 급성 독성시험 결과는 다음과 같다.

동물종	투여경로	시험 결과	참고문헌
랫드	흡입	LD <sub>50</sub> = 20 mg/L	TOX-INFO, 2023
랫드	흡입	LC <sub>50</sub> > 4.83 mg/L	ECHA, 2023
랫드	경구	LD <sub>50</sub> = 2,326 mg/kg bw	ECHA, 2023
랫드	경구	LD <sub>50</sub> = 2,528 mg/kg bw	TOX-INFO, 2023
토끼	경피	LD <sub>50</sub> = 1,000 ~ 2,000 mg/kg bw	TOX-INFO, 2023
토끼	경피	LD <sub>50</sub> > 1,000 mg/kg bw	ECHA, 2023
랫드	피하	LD <sub>50</sub> = 2,700 mg/kg bw	TOX-INFO, 2023
마우스	복강	LD <sub>50</sub> = 521 mg/kg bw	TOX-INFO, 2023

### 3.3. 아급성 독성(Subacute Toxicology)

1) F344 랫드에 30, 360, 1,440 mg/m<sup>3</sup>의 2-부타논 옥심을 4주간 전신 흡입 노출시켰다. 암컷의 메트헤모글로빈 증가와 암컷 및 수컷의 절대 또는 상대 장기 중량(간 및 비장) 증가에 근거하여 NOAEC은 90 mg/m<sup>3</sup>로 제시되었다(ECHA, 2023).

2) F344 랫드에 250 및 500 mg/kg bw/day 용량의 2-부타논 옥심을 위관투여 방법으로 4주간 경구 투여하였다. 14일 및 28일 후에 관찰된 간 글루타치온(주로

환원된 글루타치온)의 상당한 증가 및 이와 상관관계가 있는 간세포 비대에 근거하여 LOAEL은 250 mg/kg bw/day로 제시되었다(ECHA, 2023).

3) 14일간의 연구에서 5마리의 암컷과 5마리의 수컷 랫드 및 마우스에게 0, 106, 312, 625, 1,250, 2,500 ppm의 2-부타논 옥심이 함유된 음용수를 제공하였다. 2,500 ppm 그룹 수컷 랫드의 평균 체중 증가는 대조군에 비해 현저히 낮았다. 2,500 ppm 그룹 수컷 랫드의 최종 평균 체중도 대조군보다 낮았다. 비장 무게는 1,250 및 2,500 ppm 그룹의 암컷 및 수컷 랫드에서 증가하였다. 2-부타논 옥심과 관련된 육안 병변은 관찰되지 않았다. 현미경을 이용한 조직병리 평가는 수행되지 않았다(Burka, 1999).

4) 2-부타논 옥심 0, 4, 20, 100 mg/kg/day를 랫드에게 28일간 경구 투여하였다. 20 mg/kg 이상 투여 시 암컷과 수컷에서 망상적혈구 비율이 증가하였고, 20 및 100 mg/kg을 투여한 암컷 및 수컷에서 적혈구수, 적혈구용적률, 헤모글로빈 농도가 감소하였으며 평균적혈구용적(Mean Corpuscular Volume, MCV), 평균적혈구헤모글로빈량(Mean Corpuscular Hemoglobin, MCH) 및 총 혈청 빌리루빈이 증가하는 등 적혈구 계열에 영향을 미쳤다. 20 mg/kg 이상을 투여한 암컷에서는 혈소판 수가 증가한 것으로 나타났으며, 100 mg/kg을 투여한 암컷과 수컷에서는 백혈구 수가 증가한 것으로 나타났다. 20 mg/kg 이상을 투여한 암컷 또는 수컷에서 절대 및 상대 비장 중량이 증가하였으며 장기의 비대가 육안적으로 관찰되었다. 조직병리학적으로 20 mg/kg 이상을 투여한 암컷과 수컷에서 울혈, 골수 외 조혈(Hematopoiesis) 증가 및 헤모시데린 과립의 증가가 관찰되었다. 간에서는 100 mg/kg을 투여한 수컷과 20 mg/kg 이상을 투여한 암컷에서 헤모시데린 과립을 탐식한 쿠퍼 세포의 비대가 관찰되었으며, 100 mg/kg을 투여한 암컷과 수컷에서 골수 외 조혈이 관찰되었다. 신장에서는 100 mg/kg을 투여한 암컷과 수컷에서 세뇨관 상피에 리포푸신 유사 물질(Lipofuscin-like substance)의 침착이 관찰되었다. 100 mg/kg을 투여한 수컷에서 A/G 비율(알부민/글로불린 비율), 알부민 비율 및 총 콜레스테롤의 증가와  $\alpha$ 1-글로불린 비율의 감소는 간 기능에 대한 영향을 시사한다. 100 mg/kg을 투여한 수컷에서는 폐의 상대중량이 증가하였고, 100 mg/kg을 투여한 암컷에서는 심장의 상대중량이 증가하였다. 이러한 변화는 투여 중단 후 14일 후에 사라지거나 그 정도가 감소하였다. 암컷과 수컷 모두에

대한 반복 투여 독성의 NOEL은 4 mg/kg/day로 간주되었다(JECDB, 2023).

2-부타논 옥심의 주요 아급성 독성시험 결과는 다음과 같다.

동물종	투여경로	시험 결과	참고문헌
랫드	흡입	NOAEC은 90mg /m <sup>3</sup> (간 및 비장의 절대·상대중량 증가, 암컷 메트헤모글로빈 증가)	ECHA, 2023
랫드	경구	LOAEL 250 mg/kg bw/day (간 글루타치온 증가)	ECHA, 2023
랫드	경구	NOEL 4 mg/kg/day (적혈구 계열, 비장, 간, 신장, 폐, 심장 영향)	JECDB, 2023

### 3.4. 아만성 독성(Subchronic Toxicology)

1) 수컷 CD-1 마우스에 10.8, 36, 108, 360 mg/m<sup>3</sup>의 2-부타논 옥심을 13주간 전신 흡입 노출시켰다. 비강 내 후각상피 변성에 근거하여 NOAEC은 10.8 mg /m<sup>3</sup>로 제시되었다(ECHA, 2023).

2) F344 랫드 수컷에 25, 50, 100, 175, 280 mg/kg bw/day, 암컷에 30, 65, 120, 215, 335 mg/kg bw/day 용량으로 2-부타논 옥심을 13주간 음용수를 통해 경구 투여하였다. NOAEL은 적혈구 수를 기준으로 수컷 50 mg/kg bw/day, 암컷 30 mg/kg bw/day로 제시되었다. 조혈독성에 대한 NOAEL은 골수의 적혈구 세포 과다형성을 기준으로 암수 모두에서 312 ppm(암컷 30 mg/kg bw/day, 수컷 25 mg/kg bw/day)이었다. 혈액학적 검사 결과에 따르면 2-부타논 옥심은 메트 헤모글로빈혈증과 반응성 하인즈소체 빈혈을 유발한다(Burka, 1999; ECHA, 2023).

3) SD 랫드에 40, 125, 400 mg/kg bw/day의 2-부타논 옥심을 13주간 위관투여법으로 경구 투여하였다. 40 및 125 mg/kg bw/day 용량에서 신경행동 기능 또는 신경계 구조에서 일관되거나 명백한 투여 관련 변화가 나타나지 않았지만, 장기 중량 데이터 및 혈액학적 변화는 명확하게 나타났다. 400 mg/kg bw/day로

투여한 직후 일시적인 신경행동 변화가 발생하였으며, 다음날 회복되었다. 이에 따라 신경행동 영향에 근거하여 NOEL은 25 mg/kg bw/day로 간주되었으며, 혈액학적 영향을 기준으로 NOAEL은 < 40 mg/kg bw/day로 간주되었다(ECHA, 2023).

4) B6C3F1 마우스 수컷에 110, 200, 515, 755, 1,330 mg/kg bw/day, 암컷에 145, 340, 630, 1,010, 3,170 mg/kg bw/day의 용량으로 음용수를 통해 2-부타논 옥심을 13주간 경구 투여하였다. 주요 표적장기는 비장이었으며, 수컷에서 나타난 가장 민감한 영향(방광 이행상피의 과다형성)에 따라 NOAEL은 110 mg/kg bw/day로 제시되었다(Burka, 1999; ECHA, 2023).

5) SD 랫드에 0, 25, 75, 225 mg/kg bw/day의 2-부타논 옥심을 13주간 위관투여법으로 경구 투여하였다. 비장과 간의 장기 중량에 관한 용량 의존적 영향이 발생하였다. 용혈성 빈혈, 보상성 조혈, 비장의 골수 외 혈철소증(Extramedullary hemosiderosis)을 나타내는 혈액학적 영향은 25 mg/kg bw/day 이상에서 관찰되었다. 이러한 결과에 따라 NOAEL은 < 25 mg/kg bw/day이고 LOAEL은 25 mg/kg bw/day로 제시되었다(ECHA, 2023).

2-부타논 옥심의 주요 아만성 독성시험 결과는 다음과 같다.

동물종	투여경로	시험 결과	참고문헌
마우스	흡입	NOAEC 10.8 mg /m <sup>3</sup> (비강 내 후각상피 변성)	ECHA, 2023
랫드	경구	NOAEL 암컷 30, 수컷 25 mg/kg bw/day (조혈독성)	
랫드	경구	NOAEL < 40 mg/kg bw/day (혈액학적 영향)	
랫드	경구	NOAEL <25 mg/kg bw/day (혈액학적 영향)	
마우스	경구	NOAEL 110 mg/kg bw/day (방광 이행상피 과다형성)	

### 3.5. 만성 독성 및 발암성(Chronic Toxicology & Cancer Information)

2-부타논 옥심의 발암성을 평가하기 위하여 CD-1 마우스에게 18개월, F344 랫드에게 26개월 동안 0, 15, 75, 375 ppm의 농도의 증기로 전신 흡입 노출시켰다. 만성 독성을 평가하기 위하여 랫드와 마우스의 위성 그룹(Satellite groups)에는 12개월(마우스) 혹은 3, 12, 18개월(랫드) 동안 노출시켰다. 2-부타논 옥심의 가수분해 생성물인 메틸 에틸 케톤(Methyl ethyl ketone)은 1% 미만으로 존재하였다. 2-부타논 옥심 노출과 관련된 영향들로는 체중 증가(수컷 랫드만), 메트헤모글로빈 형성, 혈액학적 및 임상화학적 변화, 간 무게 증가, 비장 및 고환 무게 증가(랫드만) 등이 있었다. 대조군과 노출군 랫드 모두에게서 백내장과 각막 이상증(Corneal dystrophy)이 높은 발병률로 나타났으며, 대조군에 비해 노출군에서 안구 병변 발생률이 약간 높게 나타났다. 주로 등쪽비도(Dorsal meatus)에 한정된 비갑개(Nasal turbinate) 내 후각 상피의 퇴행적이고 회복적인 변화는 랫드(75 및 374 ppm)와 마우스(15, 75 및 374 ppm) 모두에서 발생하였다. 또한, 마우스 간의 망상내피세포(Reticuloendothelial cells)에서 색소 세포 증가, 중심소엽(Centrilobular) 비대, 육아종 염증, 세포 괴사 증가가 75 및 374 ppm에서 발생하였다. 결론적으로 75 및 374 ppm에서 수컷 랫드의 간세포 선종이 증가하였고, 374 ppm에서 수컷 랫드의 간세포 암종이 발생하였다. 두 종 모두에서 간 종양은 실험동물 생애에서 상대적으로 늦게 나타났고, 마우스에서는 12개월, 랫드에서는 18개월 노출 시 종양이 유의하게 증가하였다. 수명 단축은 나타나지 않았으나, 2-부타논 옥심에 노출된 동물들이 대조군에 비해 전반적으로 약간 더 높은 생존율을 보였다. LOAEC은 15 ppm으로 설정되었다(Newton, 2001, TOX-INFO, 2023 재인용, ECHA, 2023 재인용).

- 2차-니트로알칸(secondary-Nitroalkanes)의 니트로네이트(Nitronates)로의 옥심 산화는 설치류에서 돌연변이 유발 및 종양 발생을 일으키는 것으로 알려져 있는데, 2-부타논 옥심이 이 생체 활성화에 역할을 하는지 실험하였다. 실험 결과, 2-부타논 옥심으로부터 2차-니트로네이트의 형성이 천천히 발생하지만, 이것이 산화적 생체변환에 관여하는 유일한 경로는 아니라는 것을 보여주었다. 성별에 따른 산화 대사 차이가 없기 때문에, 설치류에서 2-부타논 옥심의 성별에 따른 종양 형성에는 생물 활성화와 관련되지 않은 다른 대사 경로나 종양 형성 메커니즘이 관여할 수 있다(Völkel, W. et al., 1999, PubChem, 2023 재인용).

2-부타논 옥심의 주요 발암성 시험 결과는 다음과 같다.

동물종	투여경로	시험 결과	참고문헌
마우스, 랫드	흡입	LOAEC 15 ppm (간 종양)	Newton, 2001

### 3.6. 생식·발생 독성(Reproductive & Developmental Toxicology)

1) 도료, 수지 및 접착제에 사용되는 산화방지제인 2-부타논 옥심의 생식 독성이 CD 랫드에 대한 두 세대 간 연구를 통해 평가되었다. 집단 별로 성별 당 38 주령의 랫드에게 위관투여법으로 0, 10, 100, 200 mg/kg/day의 2-부타논 옥심이 주 5일, 총 10주 동안 투여되었고, 출산 전 마지막 3주 동안 F0 암컷 랫드를 대상으로 질 세포학적 평가(Vaginal Cytology Evaluation, VCE)가 시행되었다. 모든 용량의 투여량에서 두 세대 모두 성체 독성이 나타났다. 200 mg/kg/day에서 2-부타논 옥심 처리와 관련된 모체 사망이 발생하였다. 100 및 200 mg/kg/day 용량의 어미 랫드들에게서 체중 감소 및 체중 증가율의 감소, 사료 섭취 감소, 독성의 임상적 징후, 간과 비장에서 골수 외 조혈 및 혈철소증을 동반하는 빈혈, 비장 무게 증가와 같은 용량과 관련된 영향이 관찰되었다. 10 mg/kg/day의 용량에서는 성체 랫드의 간과 비장의 조직학적인 영향만 나타났다. 모든 시험 용량에서 생식기관 및 유선에 대한 병리학적 생식 독성 또는 출생 후의 독성에 대한 증거는 없었기 때문에, 성체 랫드에서 NOAEL이 정해지지 않았다. 생식 및 출생 후의 독성에 대한 NOAEL은 이 연구에서 랫드에 대해 최소 200 mg/kg/day이었다(Tyl, 1996, TOX-INFO, 2023 재인용, ECHA, 2023 재인용).

2) OECD 생식독성 스크리닝 시험법에 따라 랫드에게 2-부타논 옥심을 0, 10, 30, 100 mg/kg/day 용량으로 경구 투여하였다. 반복투여 독성에서는 모든 그룹에서 사망 동물이 발견되지 않았다. 투여기간 동안 시험물질에 의한 전반적 상태, 체중, 사료 섭취에 미치는 부작용은 없었다. 30 mg/kg 이상을 투여한 암수 모두 대조군에 비해 비장 무게가 유의하게 증가하였으며, 100 mg/kg 투여군에서는 수컷의 간 무게와 암컷의 심장 무게도 증가하였다. 부검 소견 상 시험물질

30 mg/kg 이상을 투여한 암수 모두에서 흑색의 종대된 비장이 관찰되었다. 조직병리학적 소견으로는 10 mg/kg 이상을 투여한 암수 모두에서 충혈, 비장의 색소침착 및 골수 외 조혈, 글리코겐의 침착, 쿠퍼세포의 색소침착, 간의 골수 외 조혈, 신장의 갈색 색소 침착이 관찰되었다. 이러한 소견의 빈도나 정도는 투여군에서 대조군보다 높았다. 암수 모두 부모 동물에서 반복 투여 독성에 대한 NOEL은 10 mg/kg/day 미만인 것으로 간주되었다. 생식·발생 독성 측면에서는 100 mg/kg 투여군에서 출산율(Delivery index)이 대조군에 비해 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 신생아의 경우 모든 군에서 시험물질의 부작용이 관찰되지 않았다. 생식·발생 독성에 대한 NOEL은 수컷의 경우 100 mg/kg/day, 암컷의 경우 30 mg/kg/day, F1 세대의 경우 100 mg/kg/day로 간주되었다(JECDB, 2023).

3) 미끄럼 방지제로 사용되는 산업적 산화방지제인 2-부타논 옥심의 랫드 및 토끼에서 발생 독성이 조사되었다. 랫드에서는 200 및 600 mg/kg의 용량에서 체중 증가율의 감소를 포함한 모체 독성의 임상적 징후를 나타냈다. 60 mg/kg 이상에서는 부검 시 비장 확대가 관찰되었다. 예비 시험에서는 빈혈을 나타낼 수 있는 메트헤모글로빈의 형성과 망상적혈구증가증(Reticulocytosis)이 발견되었다. 2-부타논 옥심 투여와 관련된 임신에 대한 영향, 기형 또는 발달 관련 변화는 나타나지 않았다. 토끼의 경우 임신 11~24일령 사이에 암컷 3마리가 유산하였고, 40 mg/kg의 용량에서 암컷 8마리가 사망하였다. 이러한 용량 수준에서 모체 독성에 대한 임상적 징후는 생존 가능한 용량으로 나타났다. 그럼에도 불구하고, 2-부타논 옥심은 이러한 투여량 수준에서 토끼에게 기형 유발 가능성을 나타내지 않는 것으로 보였다(Derelanko, 2003; TOX-INFO, 2023 재인용).

4) SD 랫드에 대한 경구 투여(위관투여법) 발생독성 연구에서 임신 6~15일 동안 최대 600mg/kg bw/day 용량의 2-부타논 옥심에 대한 모체 경구 노출은 발생 독성을 유발하지 않았다. 발달 독성에 대한 NOEL은 600 mg/kg bw/day였다. 모든 노출군(60, 120, 600mg/kg bw/day)에서 모체 독성이 나타났다(ECHA, 2023).

2-부타논 옥심의 주요 생식·발생 독성시험 결과는 다음과 같다.

구분	동물종	투여경로	시험 결과	참고문헌
생식독성	랫드	경구	NOAEL 200 mg/kg/day	Tyl, 1996
생식독성 (스크리닝)	랫드	경구	NOEL 수컷 100, 암컷 30, F1 100 mg/kg/day	JECDB, 2023
발생독성	랫드, 토끼	경구	기형 유발 가능성을 나타내지 않음	Derelanko, 2003
발생독성	랫드	경구	NOEL 600 mg/kg bw/day	ECHA, 2023

### 3.7. 유전 독성 및 변이원성(Genotoxicity & Mutagenicity)

1) 햄스터 간 S9 활성화 효소가 있는 상태에서 시험하였을 때 Salmonella typhimurium TA1535에서 돌연변이를 유발하였다. 돌연변이 유발성 시험 결과는 외인성 대사 활성화 유무에 관계없이 TA97, TA98 및 TA100 균주에서 음성이었다(Burka, 1999).

2) 복귀돌연변이 시험(OECD TG 472)에서 대사 활성화 유무에 관계없이 Salmonella 또는 Escherichia 균주에서 유전자 돌연변이를 유도하지 않았다(ECHA, 2023).

3) 2-부타논 옥심은 외인성 대사 활성화 시스템 유무에 관계없이 Salmonella typhimurium TA100, TA98, TA1535, TA1537 및 Escherichia coli WP2 uvrA에 돌연변이를 일으키지 않았다(JECDB, 2023).

4) 2-부타논 옥심에 대한 생체 내 포유류 골수 염색체 이상 시험에서 염색체 이상을 유발하지 않았다(ECHA, 2023).

5) 2-부타논 옥심은 외인성 대사 활성화 시스템 유무와 관계없이 최대 10 mM(0.87 mg/mL)의 한계 농도까지 CHL/IU(Chinese Hamster Lung) 세포에서 구조적 염색체 이상이나 배수성을 유도하지 않았다(JECDB, 2023).

6) S9 유무에 관계없이 2-부타논 옥심으로 처리한 중국 햄스터 난소(Chinese

Hamster Ovary, CHO) 세포에서 자매 염색분체 교환이나 염색체 이상의 유도가 관찰되지 않았으며, 13주 동안 음용수로 2-부타논 옥심을 투여한 암컷 및 수컷 마우스에서 얻은 말초혈액에서 소핵을 가지는 적혈구의 증가가 관찰되지 않았다 (Burka, 1999).

7) CHO 세포를 이용하여 생체 외 자매 염색분체 교환 시험(Sister-Chromatid Exchange, SCE)이 수행되었다. CHO 세포에 랫드 간 효소(S9)의 존재 및 부재 하에서 2-부타논 옥심을 1%의 고농도로 노출시켰다. 2-부타논 옥심은 시험된 모든 농도에서 자매 염색분체 교환 주기(SCE frequency)의 유의한 증가를 유도하였다 (European Chemicals Bureau, 2012; TOX-INFO, 2023 재인용).

8) DNA 손상 및 복구 시험(OECD TG 482)에서 2-부타논 옥심은 예정에 없던 DNA 합성을 크게 증가시키지 않아 음성으로 간주되었다(ECHA, 2023).

9) 생체 외 포유류 세포 유전자 돌연변이 시험(OECD TG 476)에서 2-부타논 옥심은 S9 대사 활성화가 있는 경우 마우스 림프종 L5178Y 세포의 돌연변이 유발 활성에 대해 음성이었지만, S9 대사 활성화가 없고 세포독성이 있는 경우에는 양성이었다(ECHA, 2023).

10) 황색 초파리(*Drosophila melanogaster*)의 반성 열성 치사 시험(Sex-linked Recessive Lethal Test)에서 2-부타논 옥심을 3일 연속 사료로 투여했을 때, 수컷에서 생식세포에서 감수분열 후 돌연변이를 유발하지 않았다(ECHA, 2023).

2-부타논 옥심의 주요 유전 독성 및 변이원성 시험 결과는 다음과 같다.

시험법	시험계(종)	시험 결과	참고문헌
복귀돌연변이 시험	<i>Salmonella typhimurium</i>	대사 활성 시 TA1535 양성	Burka, 1999
복귀돌연변이 시험	<i>Salmonella</i> 및 <i>Escherichia coli</i>	음성	ECHA, 2023
복귀돌연변이 시험	<i>Salmonella typhimurium</i> TA100, TA98, TA1535, TA1537 및 <i>Escherichia coli</i> WP2 uvrA	음성	JECDB, 2023

시험법	시험계(종)	시험 결과	참고문헌
염색체 이상 시험	Chinese Hamster Ovary Cell	음성	Burka, 1999
염색체 이상 시험	랫드 골수세포	음성	ECHA, 2023
염색체 이상 시험	CHL/IU Cell	음성	JECDB, 2023
소핵시험	마우스	음성	Burka, 1999
생체 외 포유류 세포 유전자 돌연변이 시험	마우스 림프종 L5178Y 세포	대사 활성화 시 음성, 대사 활성화가 없고 세포독성이 있는 경우 양성	ECHA, 2023
Sex-linked Recessive Lethal Test	Drosophila melanogaster	음성	ECHA, 2023
자매염색분체 교환 시험	Chinese Hamster Ovary Cell	양성	TOX-INFO, 2023

### 3.8. 그 외 독성 정보(Others)

#### 3.8.1. 피부 자극성·부식성

옥심에 대한 공통 작용기를 기반으로 Butan-2-one O,O',O'-(methylsilanetriyl)oxime (CAS No. 22984-54-9) 시험 결과를 Read-across한 결과, 2-부타논 옥심은 피부자극을 유발하는 것으로 분류되었다(ECHA, 2023).

#### 3.8.2. 눈 자극성

2-부타논 옥심은 토끼에서 부식성 눈 자극제인 것으로 확인되었다. 노출 후 24, 48, 72시간에 각막 혼탁, 홍채염, 결막 충혈 및 괴사가 관찰되었다(ECHA, 2023).

#### 3.8.3. 피부 과민성

2-부타논 옥심의 피부과민성 시험 결과 기니피그에서 접촉성 알레르기 피부염을 유발하였으며, 강력한 피부 과민성 물질로 보고되었다. 국소림프절 시험 결과에 따른 피부 과민성은 음성이었다(ECHA, 2023).

## 4. 유해성·위험성 분류(Hazard Classification)

<p>유해성·위험성 분류</p>	<p>인화성 액체 : 구분3          급성 독성(경구) : 구분4          급성 독성(경피) : 구분2          심한 눈 손상성/눈 자극성 : 구분2(2A/2B)          피부 과민성 : 구분1(1A/1B)          발암성 : 구분2          특정표적장기 독성(반복 노출) : 구분1          만성 수생환경 유해성 : 구분4</p>
<p>예방조치문구를 포함한 경고표지 항목</p>	<p>- 그림문자</p>  <p>- 유해·위험문구</p> <p>H226 : 인화성 액체 및 증기          H302 : 삼키면 유해함          H310 : 피부와 접촉하면 치명적임          H317 : 알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음          H319 : 눈에 심한 자극을 일으킴          H351 : 암을 일으킬 것으로 의심됨          H372 : 장기간 또는 반복노출 되면 장기에 손상을 일으킴          H413 : 장기적인 영향에 의해 수생생물에 유해의 우려가 있음</p> <p>- 예방조치문구</p> <p>· 예방</p> <p>P201 : 사용 전 취급 설명서를 확보하십시오.          P202 : 모든 안전 예방조치 문구를 읽고 이해하기 전에는 취급하지 마시오.          P210 : 열, 고온의 표면, 스파크, 화염 및 그 밖의 점화원으로부터 멀리하십시오.          P233 : 용기를 단단히 밀폐하십시오.          P240 : 용기와 수용설비를 접지하십시오.          P241 : 방폭형 설비를 사용하십시오.          P242 : 스파크가 발생하지 않는 도구를 사용하십시오.          P243 : 정전기 방지 조치를 취하십시오.          P260 : 분진/흙/가스/미스트/증기/스프레이를 흡입하지 마시오.          P261 : 분진/흙/가스/미스트/증기/스프레이의 흡입을 피하십시오.          P262 : 눈, 피부, 의류에 묻지 않도록 하시오.          P264 : 취급 후에는 철저히 씻으시오.          P270 : 이 제품을 사용할 때에는 먹거나, 마시거나 흡연하지 마시오.          P272 : 작업장 밖으로 오염된 의류를 반출하지 마시오.          P273 : 환경으로 배출하지 마시오.          P280 : 보호장갑/보호의/보안경/안면보호구를 착용하십시오.</p> <p>· 대응</p> <p>P301+P312 : 삼켰다면 불편함을 느낄 경우 의료기관/의사의 진찰을 받으시오.</p>

	<p>P302+P352 : 피부에 묻으면 다량의 물로 씻으시오.                  P303+P361+P353 : 피부(또는 머리카락)에 묻으면 오염된 모든 의류를 즉시 벗으시오. 피부를 물로 씻으시오[또는 샤워하시오].                  P305+P351+P338 : 눈에 묻으면 몇 분간 물로 조심해서 씻으시오. 가능하면 콘택트렌즈를 제거하시오. 계속 씻으시오.                  P308+P313 : 노출되거나 노출이 우려되면 의학적인 조치/조언을 받으시오.                  P310 : 즉시 의료기관/의사의 진찰을 받으시오.                  P314 : 불편함을 느끼면 의학적인 조치/조언을 받으시오.                  P321 : 처치를 하시오.                  P330 : 입을 씻어내시오.                  P333+P313 : 피부 자극 또는 홍반이 나타나면 의학적인 조치/조언을 받으시오.                  P337+P313 : 눈에 자극이 지속되면 의학적인 조치/조언을 받으시오.                  P361+P364 : 오염된 모든 의류를 즉시 벗고 다시 사용 전 세척하시오.                  P362+P364 : 오염된 의류를 벗고 다시 사용 전 세척하시오.                  P370+P378 : 화재 시 불을 끄기 위해 적절한 소화용구를 사용하시오.                  · <b>저장</b>                  P403+P235 : 환기가 잘 되는 곳에 보관하시오. 저온으로 유지하시오.                  P405 : 잠금장치를 하여 저장하시오.                  · <b>폐기</b>                  P501 : 폐기물 관련 법령에 따라 내용물/용기를 폐기하시오.</p>
<p>유해성·위험성                  분류기준에 포함되지                  않는 기타                  유해성·위험성</p>	<p>해당 자료 없음</p>
<p>참고문헌</p>	<p>안전보건공단 화학물질정보</p>

## 5. 규제 및 관리(Regulation & Management)

### 5.1. 규제(Regulation)

국가	기관	내용
한국	고용노동부	해당 없음
	환경부	기존화학물질(KE-03881), 유독물질(2023-1-1127)
미국	OSHA	해당 없음
	NIOSH	해당 없음
	ACGIH	해당 없음
EU	ECHA	해당 없음

### 5.2. 관리(Management)

ECHA의 독성평가에 따른 DMEL 값은 다음과 같다.

노출경로	독성 영향	참고문헌
흡입	일반인구 장기간 DMEL 4.82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 근로자 장기간 DMEL 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ECHA, 2023
경피	일반인구 장기간 자료없음(노출이 예상되지 않음) 근로자 장기간 DMEL 4 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{day}$	
경구	일반인구 장기간 DMEL 1.6 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{day}$	

## 참고문헌(References)

1. 식품의약품안전평가원 독성정보제공시스템(Tox-Info). Available from: <https://www.nifds.go.kr/toxinfo/tcd/info/tcdDetailPop.do?toxicCode=T0571126910897> [2023.12.13. 인용]
2. 안전보건공단 화학물질정보. Available from: <https://msds.kosha.or.kr/MSDSInfo/> [2023.12.13. 인용]
3. 화학물질안전원. 2020 화학물질 통계조사.
4. 환경부. 기존화학물질 사전신고 결과 공개('22.8). Available from: [https://me.go.kr/home/web/public\\_info/read.do?pagerOffset=0&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=all&searchValue=&menuId=10123&orgCd=&condition.deleteYn=N&publicInfold=1153&menuId=10123](https://me.go.kr/home/web/public_info/read.do?pagerOffset=0&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=all&searchValue=&menuId=10123&orgCd=&condition.deleteYn=N&publicInfold=1153&menuId=10123) [2023.12.14. 인용]
5. 환경부 화학물질정보처리시스템. Available from: <https://kreach.me.go.kr/repwrt/mtrr/kr/mtrrList.do?searchKeyword=96-29-7> [2023.12.14. 인용]
6. Burka, L. T. (1999). NTP technical report on the toxicity studies of methyl ethyl ketoxime (CAS No. 96-29-7) administered in drinking water to F344/N rats and B6C3F1 mice.
7. Derelanko, M. J., Rinehart, W. E., & Rodwell, D. E. (2003). Developmental toxicity studies of methyl ethyl ketoxime (MEKO) in rats and rabbits. *Drug and chemical toxicology*, 26(3), 147-168.
8. European Chemicals Agency(ECHA). Available from: <https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/14908/7/1> [2023.12.13. 인용]
9. European Chemicals Bureau; IUCLID Dataset, Butanone oxime (96-29-7) (2000 CD-ROM edition). Available from, as of June 28, 2012
10. JECDB. Available from: [https://dra4.nihs.go.jp/mhlw\\_data/home/file/file96-29-7.html](https://dra4.nihs.go.jp/mhlw_data/home/file/file96-29-7.html)

[2023.12.14. 인용]

11. Newton, P. E., Wooding, W. L., Bolte, H. F., Derelanko, M. J., Hardisty, J. F., & Rinehart, W. E. (2001). A chronic inhalation toxicity/oncogenicity study of methylethylketoxime in rats and mice. *Inhalation toxicology*, 13(12), 1093-1116.
12. NTP; NTP Technical Report on the Toxicity Studies of Methyl Ethyl Ketoxime (CAS No. 96-29-7), National Toxicology Program, Toxicity Report Series Number 51, NIH Publication 99-3947, July 1999. Available from, as of June 21, 2012
13. Palmen, N. G., & Evelo, C. T. (1998). Oxidative effects in human erythrocytes caused by some oximes and hydroxylamine. *Archives of toxicology*, 72, 270-276.
14. PubChem. Available from: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/7292>  
[2023.12.14. 인용]
15. Schulze, G. E., & Derelanko, M. J. (1993). Assessing the neurotoxic potential of methyl ethyl ketoxime in rats. *Fundamental and Applied Toxicology*, 21(4), 476-485.
16. Tyl, R. W., Gerhart, J. M., Myers, C. B., Marr, M. C., Brine, D. R., Gilliam, A. F., ... & Rinehart, W. E. (1996). Reproductive toxicity evaluation of methylethyl ketoxime by gavage in CD rats. *Fundamental and applied toxicology*, 31(2), 149-161.
17. Völkel, W., Wolf, N., Derelanko, M., & Dekant, W. (1999). Slow oxidation of acetoxime and methylethyl ketoxime to the corresponding nitronates and hydroxy nitronates by liver microsomes from rats, mice, and humans. *Toxicological sciences: an official journal of the Society of Toxicology*, 47(2), 144-150.

본 독성정보 조사보고서는 보고서에 표시된 시점에서 조사된  
화학물질 정보를 정리한 자료이며,  
산업안전보건연구원의 공식견해를 대표하지 않음을 알려드립니다.