



Зі змістом можна ознайомитися на ScienceDirect

«Регуляторна токсикологія і фармакологія» [Regulatory Toxicology and Pharmacology]

домашня сторінка журналу: www.elsevier.com/locate/yrtph

Оцінка новітнього продукту для нагрівання тютюну ПНТ1.0. Частина 3: Комплексний опис хімічних властивостей шкідливих і потенційно шкідливих викидів аерозолі



Марк Форстер, Стейсі Фібелкорн, Кейнер Юртері, Дерек Марінер, Чуан Ліу, Крісторфер Райт*, Кевін МакАдам, Джеймс Мерфі, Крісторфер Проктор [Mark Forster, Stacy Fiebelkorn, Caner Yurteri, Derek Mariner, Chuan Liu, Christopher Wright*, Kevin McAdam, James Murphy, Christopher Proctor]

Науково-дослідний центр компанії «Бритіш Америкн Тобако Інвестментс Лтд» [British American Tobacco Investments Ltd], Ріджентс Парк Роуд, Саутгемптон, Гемпшир, SO15 8TL, Велика Британія [Regents Park Road, Southampton, Hampshire SO15 8TL, UK]

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Історія статті:

Отримано 30 травня 2017 року
Отримано у редакції від 3 жовтня 2017 року
Прийнято 4 жовтня 2017 року
Опубліковано онлайн 25 жовтня 2017 року

Ключові слова:

Продукт для нагрівання тютюну
Доклінічна оцінка
Вироби наступного покоління
Зменшення кількості токсикантів
еталонна сигарета 3R4F
еталонна сигарета 1R6F

АНОТАЦІЯ

Викиди токсикантів в аерозолі продукту для нагрівання тютюну (ПНТ), який нагріває, а не спалює тютюн, було порівняно з викидами токсикантів у сигаретному димі за допомогою курильної машини за об'єму затяжки у 55 мл, тривалості затяжки у 2 с та інтервалу між затяжками у 30 с. До переліку токсикантів було включено речовини, які було запропоновано Міністерством охорони здоров'я Канади, Робочою групою ВООЗ з регулювання тютюнових виробів (TobReg) і Управлінням санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США. Порівняно з еталонною сигаретою (3R4F) університету Кентуккі вміст токсикантів у викидах ПНТ1.0 був значно меншим у всіх хімічних класах. Вміст дев'яти токсичних речовин, що присутні в сигаретному димі і частки яких Робоча група ВООЗ з регулювання тютюнових виробів пропонує скоротити в обов'язковому порядку, виявився на 90,6 - 99,9% і в середньому на 97,1% меншим з розрахунку на один стік. Вміст в аерозолі ПНТ1.0 шкідливих і потенційно шкідливих компонентів диму, визначених Науково-дорадчим комітетом з питань тютюнових виробів Управлінням санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США такими, про вміст яких у сигаретному димі необхідно звітувати (крім нікотину), виявився на 84,6-99,9% і в середньому на 97,5% меншим з розрахунку на один стік.

© 2017 Автор(-и). Опубліковано Elsevier Inc. Ця стаття перебуває у вільному доступі по ліцензії CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Вступ

Куріння сигарет є однією з головних причин захворюваності та смертності людей, яким можна запобігти. Куріння спричиняє такі захворювання, як серцево-судинні розлади, хронічне обструктивне захворювання легень і рак легень (Міністерство охорони здоров'я і соціального забезпечення США, 2014). Понад 50 років вчені працюють над встановленням патологічних механізмів, пов'язаних з курінням, та їхніх джерел у сигаретному димі, зосереджуючись на низці токсичних хімічних речовин у сигаретному димі. (Baker, 2006; Hoffmann and Hoffmann 1998; Liu et al., 2011). Більшість хвороб, пов'язаних з курінням, викликає не нікотин (Benowitz, 2010), а токсиканти, що присутні у димі, який вдихає курець (Farsalinos and Le Houezec, 2015). Після запалення сигарети тютюн починає горіти та утворювати дим, який містить понад 6500 хімічних сполук (Rodgman and Perfetti, 2013), 150 з яких є добре відомими токсикантами (Fowles and Dybing, 2003). Зокрема, Головний санітарний лікар США заявив, що «рівень смертності і захворюваності, пов'язаний зі споживанням тютюну в Сполучених Штатах, переважно зумовлюється сигаретами та іншими горючими тютюновими виробами» (US DHHS, 2014).

У 1998 році Гофман і Гофман [Hoffmann and Hoffmann] (1998) опублікували перелік хімічних сполук, які містяться у тютюновому димі

і відомі своєю біологічною активністю. Цей перелік «аналітів Гофмана», який було складено на основі значного обсягу наукових робіт, виконаних у 1970-х і 1980-х роках, слугував першим в історії еталоном для проведення порівняльного аналізу токсикантів, вміст яких слід контролювати в тютюні і тютюновому димі. З того часу різноманітні наукові групи визнали присутність понад 100 шкідливих і потенційно шкідливих компонентів, включаючи канцерогени Групи 1 і 2А, в тютюні і сигаретному димі (Burns et al., 2008; Управління санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США, 2012a; Міжнародна асоціація дослідження раку, 2004; ВООЗ, 2007). Регуляторні органи почали вводити обов'язкове звітування про конкретні токсиканти у викидах сигарет (ANVISA, 2007; Управління санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США, 2012b; Міністерство охорони здоров'я Канади, 1999a,b; Міністерство охорони здоров'я Тайваню, 2012). Крім того, Робоча група ВООЗ з регулювання тютюнових виробів запропонувала в обов'язковому порядку зменшити рівні викидів дев'яти конкретних токсикантів у сигаретному димі, а саме: СО, формальдегіду, ацетальдегіду, акролеїну, 1,3-бутадієну, бензолу, бензо[а]пірену, N-нітрозонікотину (NNN) і 4-(метилнітрозаміно)-1-(3-піридил)-1-бутанону (NNK) (Burns et al., 2008).

* Відповідний автор.

Адреса електронної пошти: Christopher_Wright@bat.com (К. Райт [C. Wright]).

Останніми роками у продажу з'являється все більш широкий асортимент тютюнових або нікотинних продуктів нового покоління (ПНТ). Вони включають продукти для нагрівання тютюну (ПНТ), які нагрівають, а не спалюють тютюн, і продукти для паріння (наприклад, електронні сигарети), які можуть становити знижений ризик порівняно зі звичайними сигаретами (McNeill et al., 2015; RCP, 2016). Науково підтверджені дані, якими обґрунтовується ця позиція, включають відомості про відносно простий склад аерозолу, що утворюється (Marco and Grimalt, 2015), порівняно зі складом сигаретного диму (Rodgman and Perfetti, 2013).

Хоча використання ПНП, зокрема, продуктів для паріння, поступово стає більш поширеним (Європейська Комісія, 2015; Schoenborn and Grindi, 2015; West et al., 2015), їхнє регулювання розвивається повільно. У Європейському Союзі електронні сигарети було визнано такими, що підпадають під дію Директиви ЄС щодо тютюнових виробів, включно із змінами, лише в травні 2016 року (Європейська Комісія, 2016); аналогічна ситуація спостерігається у США, де положення законодавства з регулювання тютюнових виробів застосовуються до цих продуктів починаючи з 2016 року (Управління санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США, 2016a), коли було внесено законопроект щодо заявок на реєстрацію нових тютюнових виробів до їх введення в обіг на ринку, включаючи рекомендації щодо проведення аналізу вмісту 29 токсикантів, властивих цим продуктам (Управління санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США, 2016b).

Початкові дослідження, які проводились з метою документування класів та вмісту токсикантів в електронних сигаретах (Flora et al., 2016; Lauterbach et al., 2012; Lauterbach and Laugesen, 2012; Margham et al., 2016; Sleiman et al., 2016; Tayyarah and Long, 2014), продемонстрували набагато менший вміст майже всіх вимірюваних токсикантів в аерозолі електронної сигарети порівняно з димом еталонної сигарети в перерахунку на одну затяжку. Однак узгодженого переліку токсикантів та/або стандартних методів аналітичного тестування складу аерозолів, які утворюються ПНП, не існує. Це ускладнює порівняння між продуктами і дослідженнями. Раніше ми вирішили цю проблему шляхом проведення комплексного аналізу хімічного складу наявного у продажу продукту для паріння з метою порівняння викидів всіх відомих особливо небезпечних сполук у продуктах для паріння і тютюнових сигаретах з викидами звичайних сигарет за допомогою сертифікованих аналітичних методів (Margham et al., 2016). Отриманий набір даних дозволив заповнити значну прогалину у знаннях, адже стало відомо про рівні викидів 142 хімічних речовин і 8 критеріїв порівняння, що охоплюють максимально можливий діапазон шкідливих і потенційно шкідливих компонентів сигаретного диму і небезпечних складових продуктів для паріння (Margham et al., 2016).

У цій серії наукових публікацій застосовано комплексний підхід до оцінки потенціалу продукту ПНТ1.0 з точки зору зниження кількості токсикантів. Як було описано у першій публікації цієї серії (Eaton et al., 2017), тютюновий стік нагрівається до температури, достатньої для випаровування легких сполук, включаючи нікотин, в аерозоль, який можна вдихати, але недостатньо високих для горіння тютюну. Завдяки такому підходу вміст пов'язаних з горінням токсикантів є значно нижчим в утвореному аерозолі порівняно з сигаретним димом (Forster et al., 2015; Gonzalez- Suarez et al., 2016; Schorp et al., 2012; Smith et al., 2016; Zenzen et al., 2012).

Кілька способів отримання аерозолу за допомогою нагрівання тютюну було описано у патентах і в рецензованій літературі. Дослідження стіків для електричного нагрівання першого покоління продемонстрували, що вміст приблизно двох третин особливо небезпечних сполук виявився принаймні на 50% меншим, при цьому вміст багатьох з них виявився нижчим на більше ніж на 90% порівняно з димом звичайних сигарет; проте було виявлено виділення більшої кількості формальдегідів (Stabbert et al., 2003). Папір в стіках для електричного нагрівання другого покоління містив амонію-магнію фосфат для зменшення кількості формальдегідів, що виділяються (Moennikes et al., 2008).

Подальші оцінки систем куріння сигарет для електричного нагрівання продемонстрували, що склад струменю аерозолу значно відрізняється від струменю диму звичайної сигарети (Zenzen et al., 2012; Schorp et al., 2012). За дуже незначною кількістю виключень спостерігалось суттєве зниження токсикологічної активності аерозолу систем для електричного нагрівання тютюну порівняно з димом звичайних сигарет під час куріння за співставної інтенсивності затяжок або за співставного вмісту нікотину. Нещодавні дослідження оновленої версії системи куріння сигарет для електричного нагрівання, відомої як система для нагрівання тютюну (СНТ), також показали, що утворення

шкідливих і потенційно шкідливих компонентів є значно меншим, ніж їхнє утворення під час куріння сигарети (Smith et al., 2016; Schaller et al., 2016).

Такі дослідження призвели до появи на деяких ринках ПНТ, включаючи Eclipse (R. J. Reynolds, Уїнстон-Сейлем, Північна Кароліна, США), Ploom TECH (Ploom™, Сан-Франциско, Каліфорнія, США), iQOS™ (Philip Morris International, Ньюшатель, Швейцарія) і glo™ (THP1.0, British American Tobacco, Лондон, Велика Британія). У всіх цих ПНТ використовуються різні технології нагрівання, що характеризуються особливою конфігурацією нагрівача, яка залежить від того, чи знаходиться він всередині або ззовні тютюнового шару або стіку, температурного режиму нагрівача (швидкість, максимальна температура і тривалість нагрівання), а також фізичної форми і хімічного складу тютюнового матеріалу. Таким чином, необхідно встановити, як тютюновий матеріал впливає на хімічний склад аерозолу за різних умов нагрівання. Відносно THP1.0 було проведено багатоетапну теплофізичну і термохімічну оцінку, яка підтвердила, що аерозоль утворюється шляхом випаровування та дистиляції, а не спалювання (Eaton et al., 2017).

Сигаретний дим утворюється переважно в результаті дистиляції, піролізу та реакцій горіння під час спалювання тютюну (Baker, 1987). У попередньому дослідженні для вивчення викидів тютюнового аерозолу за різних температур використовувалась модельна система (Forster et al., 2015). Зразки тютюнової мішки нагрівались у нагрівальній камері до температури від 100 °C до 200 °C, що дозволило систематично дослідити вплив температури на обрані сполуки пароподібної фази за допомогою протоколу прокурювання з використанням курильної машини Міжнародної організації зі стандартизації (ISO). Тютюноспецифічні N-нітрозаміни (NNN і NNK) піддавалися кількісному визначенню за нагрівання до температури вище 140°C і 160°C відповідно, у той час як кількісне визначення крононого альдегіду і формальдегіду можна було виконати за температур 180°C і 200°C відповідно. Концентрації семи особливо небезпечних сполук в аерозолі (нікотину, CO, ацетальдегіду, крононого альдегіду, формальдегіду, NNN і NNK) показали тенденцію до зростання паралельно із підвищенням температури. Результати продемонстрували практичну корисність модельної системи для вивчення механізмів утворення і виділення з нагрітого тютюну токсикантів за низьких температур з нагрітого тютюну, а також свідчать про те, що за температур від 100°C до 200°C нікотин і деякі особливо небезпечні сполуки виділяються з тютюну в результаті випаровування або початкового термічного розкладання (Forster et al., 2015).

Щоб застосувати ці знання до товарного продукту, призначеного для нагрівання тютюну з контрольованим температурним режимом і забезпечення прийнятних сенсорних характеристик для споживача, було виміряно вміст вичерпного переліку речовин, що містяться у викидах аерозолу THP1.0. Паралельно з іншими дослідженнями в цій серії, які включають лабораторну біологічну оцінку викидів аерозолу (Jaunky et al., 2017; Taylor et al., 2017; Thorne et al., 2017), ми маємо намір отримати повний пакет базових даних про продукт THP1.0.

2. Експериментальна частина

2.1. Досліджувані продукти

Конструкцію та основні термофізичні властивості ПНТ1.0 було докладно описано (Proctor, 2017; Eaton et al., 2017). Викиди ПНТ1.0 порівнювали з викидами еталонної сигарети 3R4F Університету штату Кентуккі (Центр еталонних тютюнових виробів Університету штату Кентуккі, Лексінгтон, штат Кентуккі, США). Додаткові дані було отримано за результатами аналізу нещодавно створеної еталонної сигарети 1R6F штату Кентуккі і наявної у продажу системи нагрівання тютюну (СНТ) для цілей контролю якості. Для цілей цього дослідження використовувались ментолові і нементолові варіанти продукту THP1.0: ПНТ1.0(Т), що складається з нагрівального пристрою glo™ і стіків Kent Neostiks™ зі світлих сортів тютюну, і ПНТ1.0(М), що складається з нагрівального пристрою glo™ і стіків Intense Fresh Kent Neostiks™, які були закуплені в Японії.

СНТ складалася з нагрівального пристрою iQOS зі стіками Essence Tobacco Heatstick™, які також було закуплено в Японії. Кожному пристрою ПНТ1.0, використаному в дослідженні, було присвоєно індивідуальний ідентифікаційний код, який було вигравірувано на пристрої і задокументовано у всіх тестах і паралельних дослідженнях. Кожен пристрій чистився перед використанням і максимум через кожні 20 циклів нагрівання, відповідно до визначеної процедури очищення. Усі пристрої були повністю заряджені та перевірені перед тестуванням викидів. Тютюнові стіки, які використовувалися з продуктом ПНТ1.0, містили мішку з тютюну сорту «Вірджинія», що утворюється за допомогою технології відновлення паперу і, в перерахунку на суху масу, на 15% складається з гліцерину, на 77% з тютюну і на 8% з целюлозного волокна, при цьому середній вміст нікотину становить 0,65% в перерахунку на суху масу.

Нагрівальний пристрій містить літій-іонний акумулятор (USB-зарядка, ємність акумулятора: 3000 мА•г), який забезпечує до восьми затяжок у режимі прокурювання, що використовувався в цьому дослідженні, і до 30 сесій на одному заряді. Нагрівальна камера складається з двох нагрівачів, кожен з яких управляється окремо мікропроцесором. Тютюновий стік нагрівається переважно за рахунок теплопровідності пристрою (Малюнок 1а). Тютюновий стік у діаметрі сягає приблизно 5,0 мм і має загальну довжину 82 мм. Довжина тютюнової секції становить 42 мм (Малюнок 1б). З додатковою інформацією про ПНТ1.0 і його роботу можна ознайомитися у дослідженні, проведеному Ітоном та ін. у 2017 році [Eaton et al., (2017)]. Тютюнові стіки, які використовувалися з ПНТ1.0, піддавалися кондиціонуванню і тестуванню безпосередньо з пачки. Для цілей кондиціонування пакувальну плівку було видалено, а пачка зберігалася закритою за температури 22°C і відносної вологості 60% (відповідно до ISO 3402:1999 (ISO, 1999)) протягом не менше 48 годин і не більше 120 годин. У кожному тесті стік зважували, а масу задокументували безпосередньо перед аналізом.

Для утворення викидів ПНТ1.0 дверцята нагрівача відкривали, а тютюновий стік повністю вставляли у нагрівальну камеру таким чином, щоб лінія каналів розширення та охолодження повітря у мундштуку була розташована у безпосередній близькості від отвору пристрою. Щоб можна було використовувати стандартну курильну машину за індивідуальним замовленням було виготовлено спеціальний тримач, який би утримував пристрій. Цикл нагрівання запускався шляхом натискання на кнопку активації пристрою і її утримання протягом 3 с після підключення мундштука продукту до курильної машини. Перша затяжка робилася через 40 с, коли пристрій досягав робочої температури (про що свідчили постійне світіння LED-індикатора та вібрація пристрою). Після восьмої затяжки продукт ПНТ1.0 видалявся з курильної машини, а стік – з пристрою. Процес повторювався до тих пір, поки не було використано необхідну кількість тютюнових стіків відповідно до аналітичного методу.

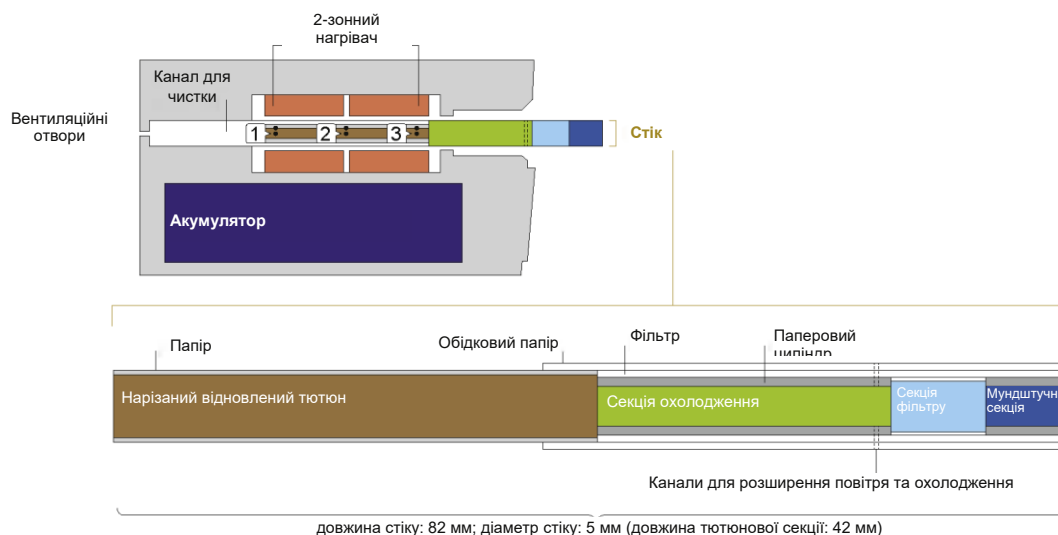
Еталонна сигарета 3R4F – це сигарета формату «king size», що складається з тютюну американської мішки і ацетатно-целюлозного фільтру, і вміст смол у якій за стандартами ISO становить приблизно 9,4 мг на сигарету у перерахунку на 9 затяжок. Склад мішки, її фізична конструкція і вміст токсикантів MSS було описано раніше (Roemer et al.,

2012; Університет штату Кентуккі (2008)). Еталонна сигарета 1R6F є схожою на еталонну сигарету 3R4F. Було видано сертифікат аналізу (Університет штату Кентуккі (2016)), який вказує на відповідність вмісту смол стандартам ISO у кількості 8,6 мг у перерахунку на 7,5 затяжок. Сигарети, використані в цьому дослідженні, були підготовлені відповідно до вимог Міністерства охорони здоров'я Канади, що застосовуються до інтенсивного прокурювання сигарет (Міністерство охорони здоров'я Канади, 1999a,b), і піддані кондиціонуванню відповідно до стандарту ISO 3402:1999 до прокурювання за допомогою курильної машини.

2.2. Генерація викидів аерозолі

Аналізи проводилися однією лабораторією – «Labstat International ULC» (Кітченер, провінція Онтаріо, Канада). Якщо не зазначено інше, всі операції з відбору зразків аерозолі проводилися за допомогою лінійної курильної машини. У випадках, коли використовувалася Кембриджська фільтруюча подушка (КФП), неопренову пробку видаляли для всіх зразків. Викиди генерувалися за об'єму затяжки у 55 мл і її тривалості у 2 с, з інтервалом 30 с і за дзвоноподібного режиму прокурювання. Блокування вентиляції не було застосовано, оскільки зона отвору для подачі повітря ПНТ1.0 повинна працювати для досягнення заданої температури аерозолі, а також у зв'язку з тим, що дані дослідження використання продукту свідчать про те, що зона отвору для подачі повітря не переक्रивається споживачами під час використання (Gee et al., 2017). Було зроблено вісім затяжок на один стік ПНТ1.0; кількість стіків на один зразок змінювалася відповідно до вимог аналітичного методу, але, зазвичай, дорівнювала трьом. Для кожного аналізу проводилось п'ять паралельних тестів.

Стандартний режим інтенсивного прокурювання Міністерства охорони здоров'я Канади (Міністерство охорони здоров'я Канади, 1999a,b) (об'єм затяжки: 55 мл, тривалість затяжки: 2 с, інтервал між затяжками: 30 с, дзвоноподібний режим прокурювання і 100% блокування вентиляції) використовувався для створення викидів диму еталонної сигарети 3R4F. Сигарети прокурювалися до відповідної позначки недопалка. Кількість сигарет змінювалася залежно від аналітичного методу, але зазвичай становила три сигарети на один паралельний тест. Під час кожного аналізу проводилось п'ять паралельних тестів.



Малюнок 1. Схематичне зображення ПНТ1.0. (а) Нагрівальний пристрій із вставленим тютюновим стіком. (б) Фізична конструкція тютюнового стіка.

2.3. Фізичний аналіз аерозолі і диму

Фізичну оцінку аерозолі продукту ПНТ1.0(Т) і вдихуваного диму еталонної сигарети 3R4F було проведено за допомогою аналізатора електричної рухливості DMS500 (Cambustion, Кембридж, Велика Британія) і системи лазерної дифракції Spraytec (Malvern Instruments, Малверн, Велика Британія), призначеної для вимірювання діаметра твердих частинок (Таблиця 1), з метою вимірювання діаметра і кількості твердих частинок, а також для оцінки маси. Кожен прилад оптимально працює у різних діапазонах розмірів у зв'язку з різними фізичними режимами вимірювання: 5-1000 Нм для електричної рухливості та 300-10 000 Нм і більше для лазерної дифракції. Таким чином, використання одного або комбінація обох методів охоплює можливі діапазони розмірів твердих частинок у свіжих конденсаційних аерозолях. Загалом, розподіл за розміром і щільність кількості твердих частинок були подібними для вдихуваного сигаретного диму і аерозолі ПНТ1.0(Т), які були респірабельними, але діапазон розмірів твердих частинок у сигаретному димі був нижчим за діапазон Spraytec, який піддається вимірюванню. Зазначені вище схожі риси також вказують на те, що зразки аерозолі ПНТ1.0 можна ефективно відбирати за допомогою тих самих методів, що застосовуються у випадку вдихуваного сигаретного диму.

2.4. Хімічний аналіз викидів аерозолі

Аналіти, що вимірюються в цьому дослідженні, включають переліки особливо небезпечних сполук, які запропоновано включити до предмету регулювання тютюнових виробів (Burns et al., 2008; Управління санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США, 2012а, 2016b; Hoffmann and Hoffmann, 1998; Міжнародна асоціація дослідження раку, 2004), додаткові речовини, визначені за результатами попереднього аналізу аерозолів продуктів для паріння, і ймовірні продукти термічного розкладання гліцерину (Margham et al., 2016). Поліхлоровані дибензо-п-діоксини, поліхлоровані дибензофурани та радіоактивні ізотопи не аналізувалися, оскільки в попередніх дослідженнях (Margham et al., 2016) результати продуктів для паріння та еталонної сигарети 3R4F були нижчими за межі виявлення. Станом на цей час не було розроблено стандартизованих методів вимірювання вмісту деяких особливо небезпечних сполук, а саме N-нітро-сосаркозину, кумарину та афлатоксину В1, у сигаретному димі чи аерозолях ПНП. Ці три сполуки можуть бути присутніми в тютюні, але не були виявлені в тютюновому димі, і тому не вимірювалися в цьому дослідженні. Аналітичні методи, використані в випробувальній лабораторії, ґрунтуються на методах аналізу сигаретного диму Міністерства охорони здоров'я Канади і сертифіковані відповідно до стандарту ISO/IEC 17025:2005 (ISO, 2005) для всіх відомих компонентів вдихуваного сигаретного диму і вдихуваних аерозолів продуктів для паріння (Таблиця 2). Зазначені методи не було сертифіковано для викидів ПНТ, але випробувальна лабораторія провела додаткову валідацію з метою встановлення сумісності з аерозольною матрицею ПНТ. Було внесено незначні зміни до окремих методів аналізу аерозолі ПНТ1.0, включаючи відбір аерозольного конденсату за допомогою промитих кислотою дисків з кварцового волокна замість Кембриджських фільтруючих подушок, з

Таблиця 1

Середнє ± стандартне відхилення розподілу твердих частинок за розміром і їхня кількість для еталонної сигарети 3R4F і ПНТ1.0(Т).

Аналізатор електричної рухливості DMS		
Продукт	3R4F	ПНТ1.0
MMD (нм)	272 ± 19	329 ± 50
CMD (нм)	186 ± 12	39 ± 9
GSD	1,42 ± 0,03	1,80 ± 0,06
N/затяжок	272 ± 19	329 ± 50
Лазерна дифракція Spraytec		
DV10 (нм)	-	253 ± 123
DV50 (нм)	-	575 ± 94
DV90 (нм)	-	1301 ± 234
D4,3 (нм)	-	723 ± 212
GSD	-	1,84±0,21

Скорочення: ПНТ = продукт для нагрівання тютюну; (Т) = варіант продукту, що не містить ментолу. MMD = масовий середній діаметр; CMD = числовий середній діаметр; GSD = геометричне стандартне відхилення; N = загальна кількість твердих частинок; DV10 = розмір твердих частинок, нижче якого знаходиться 10 % аерозолі; DV50 = розмір твердих частинок, нижче якого знаходиться 50 % аерозолі; DV90 = розмір твердих частинок, нижче якого знаходиться 90 % аерозолі; DV4,3 = середній об'ємний діаметр.

метою виявлення слідів металів і перевірки впливу матриці на калібрування та технічні перешкоди. Загалом 22 різні аналітичні методи було використано для кількісного визначення викидів 126 аналітів (і розрахунку вільних від нікотину сухих твердих частинок [NFDPM] за методом різниць) в аерозолях ПНТ1.0(Т), ПНТ1.0(М), СНТ (контроль якості), вдихуваному димі еталонних сигарет 3R4F і 1R6F, а також у зразках повітря/пустих зразках (Таблиця 2).

2.5. Вимірювання зразків повітря/порожніх зразків

Оскільки концентрації особливо небезпечних сполук у викидах ПНТ1.0 є значно нижчими, ніж у сигаретному димі, зразки аерозолі та сигаретного диму відбиралися в окремих лабораторіях з роздільними системами кондиціонування повітря з метою запобігти потенційному перехресному забрудненню. Крім того, для викидів ПНТ і диму еталонної сигарети 3R4F було підготовлено порожні контрольні зразки шляхом нагнітання повітря у порожніх отворах на тих самих лінійних машинах під час відбирання зразків аерозолі або диму: порожні контрольні зразки аналізувалися разом з тестовими зразками.

2.6. Обробка даних і включення меж кількісного визначення та виявлення

Викиди деяких досліджуваних компонентів виявилися нижчими за межі виявлення (LOD) та/або межі кількісного визначення (LOQ) аналітичного методу. Щоб розрахувати відносну різницю між ПНТ(1.0) та еталонною сигаретою 3R4F або 1R6F для якомога більшої кількості компонентів кожної підгрупи токсикантів, значення <LOD і <LOQ були обчислені у такий спосіб. Для результатів < LOD значення було розраховано як половина LOD:

розрахункове значення = LOD/2.

Для результатів <LOQ але >LOD значення було розраховано як середина точка між отриманими значеннями LOD і LOQ:

розрахункове значення = LOD + [(LOQ - LOD)/2].

У випадках, коли викиди ПНТ1.0 і еталонної сигарети 3R4F або 1R6F були < LOD або < LOQ, вимірювану величину не враховували під час розрахунку відносної різниці.

3. Результати

3.1. Короткий опис результатів

Результати щодо 126 вимірюваних речовин і вільних від нікотину сухих твердих частинок у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F і викидах продукту ПНТ1.0 представлено у Таблиці 3. У Таблиці 4 наведено вимірювання зразків повітря/порожніх зразків для вдихуваного сигаретного диму і викидів ПНТ1.0. У Таблиці 5 наведено результати аналізу (а) одночасних зразків повітря/порожніх зразків (на додаток до порожніх зразків, проаналізованих за допомогою ПНТ1.0), (б) наявного у продажу продукту для нагрівання тютюну – СНТ, включеного в це дослідження з метою контролю якості, та (с) даних щодо дуже подібного, наявного у продажу продукту, які були раніше повідомлені у дослідженні Шаллера та ін. [Schaller et al., (2016)]. Таблиці 6 і 7 містять узагальнену інформацію щодо виявленого зменшення, в перерахунку на один стік, викидів особливо небезпечних сполук відповідно до переліку Робочої групи ВООЗ з регулювання тютюнових виробів і скороченого переліку Управління санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США відповідно. Таблиці 8 і 9 містять узагальнену інформацію щодо виявленого зменшення, в перерахунку на одну затяжку, викидів особливо небезпечних сполук відповідно до переліку Робочої групи ВООЗ з регулювання тютюнових виробів і скороченого переліку Управління санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США відповідно. Дані в перерахунку на одну затяжку було отримано шляхом визначення концентрації кожного компонента у відібраному зразку, який, у випадку ПНТ1.0, зазвичай включав п'ять стіків, а у випадку еталонних сигарет 3R4F і 1R6F – три сигарети, і ділення цього значення на кількість затяжок, зроблених під час відбирання зразків диму або викидів. Загалом цей перерахунок не мав істотного впливу на розраховані зменшення концентрацій.

Таблиця 2

Проаналізований хімічний склад і короткий опис методів, застосованих до досліджуваних продуктів, еталонних продуктів і контрольних зразків.

Аналіт	Код методу	Короткий опис
Аміак	HC T-101	Кембриджські фільтруючі подушки екстрагують розчином в іміджері, що містить 0,1 М H ₂ SO ₄ ; виявлення за допомогою ВЕРХ/детектора електропровідності
Ртуть	HC T-108	Після відбирання зразків розчин в іміджері (підкислений розчин перманганату калію) піддають мікрохвильовій обробці. Надлишок перманганату калію видаляється за допомогою гідроксиламіну; виявлення здійснюється за допомогою ААС за методом холодної пари
Карбоніли: формальдегід, ацетальдегід, ацетон, акролеїн, пропіональдегід, кротоновий альдегід, метилетилкетон, н-бутиральдегід, ізобутиральдегід, гліоксаль, метилгліоксаль, ацетилпропіоніл, діацетил, ацетоїн, алліловий спирт.	TMS-00155	Кембриджські фільтруючі подушки екстрагують розчином в іміджері. Аликвоту екстракту отримують за допомогою ПФБГА з подальшою екстракцією в толуолі. Виявлення за допомогою ГХ-МС МОІ (моніторинг обраних іонів)
Нікотин, монооксид вуглецю, двоокис вуглецю, вода, гліцерин, пропіленгліколь, діетиленгліколь, етиленгліколь, гліцидол	HC T-115 & TMS-00115a	Кембриджські фільтруючі подушки екстрагують за допомогою ІРА. Виявлення методом ГХ-ПІД (для нікотину), ГХ-ТКД (для води), НДЧМ для СО. Для етиленгліколю і гліцидолу використовується рідинний іміджер.
Тютюн-специфічні нітрозаміни (ТСНЗ): NAB, NAT, NNK, NNN	TMS-00135	Кембриджські фільтруючі подушки екстрагують 100 мМ розчином ацетату амонію. Виявлення методом ВЕРХ-МС/МС
Леткі речовини: 1,3-бутадиєн, ізопрен, акрилонітрил, бензол, толуол, вінілхлорид, етиленоксид, пропіленоксид, фуран, вінілацетат, нітрометан, етилбензол	TMS-00124	Кембриджські фільтруючі подушки екстрагують розчином метанолу в іміджері. Виявлення методом GC-MS SIM
Оксиди азоту: NO, NO _x	HC T-110	Двоканальна система, що використовує озонову реакцію (NO) і хімічне відновлення плюс озон (NO _x). Виявлення методом хеміломінісценції.
Ціаністий водень	HC T-107	Кембриджські фільтруючі подушки екстрагують 0,1 М розчином NaOH. Розчин 0,1 М NaOH в іміджері аналізують окремо. Виявлення здійснюється за допомогою аналізатора безперервного потоку
Мікродомішки металів: кадмій, свинець, хром, нікель, миш'як, селен, мідь, кобальт, берилій, цинк, залізо, олово	TMS-00109	Загальна кількість твердих частинок, відібраних за допомогою електростатичного осадження, екстрагують метанолом. Метали газоподібної фази затримуються в іміджері з розчином азотної кислоти. Розчин в іміджері об'єднують з екстрактом пробірки ЄФ і піддають мікрохвильовій обробці. Виявлення методом ІЗП-МС
Напівлеткі речовини: ацетамід, акриламід, піридин, хінолін, стирол, нітробензол, бензо(в)фуран	TMS-00112	Кембриджські фільтруючі подушки екстрагують розчином метанолу в іміджері. Виявлення методом GC-MS SIM
Фенольні смоли: Гідрохінон, резорцин, катехол, фенол, п-крезол, м-крезол, о-крезол	Додаток G TMS-00139	Кембриджські фільтруючі подушки екстрагують 1% розчином в іміджері оцтової кислоти і паритетним об'ємом свіжої 1% оцтової кислоти. Виявлення за допомогою обернено-фазової ВЕРХ із селективною флуоресцентною детекцією.
Поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ): нафталін, бензо[а]антрацен, хризен, бензо[а]пірен, індено[1,2,3-сд]пірен, бензо[с]фенантрен, циклопента[с,д]пірен, бенз[дж]ацетантрилен, пірен	TMS-00120	Кембриджські фільтруючі подушки екстрагують за допомогою метанолу. Екстракт очищується шляхом пропускання через картридж C18; ПАВ вимивають за допомогою циклогексану. Виявлення методом GC-MS SIM
ПАВ і інші ацени: 5-метилхризен, бензо[б]флуорантен, бензо[к]флуорантен, дибенз[а,г]антрацен, дибенз[а,л]пірен, дибенз[а,е]пірен, дибенз[а,і]пірен, дибенз[а,г]пірен	TMS-00127	Кембриджські фільтруючі подушки екстрагують за допомогою метанолу. Екстракт очищується шляхом пропускання через картридж C18; ПАВ вимивають за допомогою циклогексану. Виявлення методом GC-MS SIM
2-Нітропропан	TMS-00126	Аерозоль збирають на кремнієвий картридж, який вимивають 30 % (v/v) діетиловим ефіром в н-пентані. Виявлення методом GC-TEA
Діамід	TMS-00147	Кембриджські фільтруючі подушки екстрагують розчином в іміджері (водний цитратно-фосфатний буферний розчин: метанол (55:45, v/v), що містить 2-нітробензальдегід). Виявлення методом HPLC-MS-MS.
Етилуретан	TMS-00145	Кембриджські фільтруючі подушки екстрагують водним розчином сульфамінової кислоти в іміджері. Екстракт очищується шляхом пропускання через трубку хімічного вилуговування. Етилуретан вимивають дихлорметаном. Виявлення методом GC-MS SIM
Метаболіти нікотину Норнікотин, анатабін, анабазин, міосмін, нікотин-N-оксид, котинін, β-нікотирин	TMS-00153	Кембриджські фільтруючі подушки екстрагують 100 мМ водним розчином ацетату амонію. Виявлення методом ВЕРХ-МС/МС
Гетероциклічні ароматичні аміни: IQ, Glu-P-2, Glu-P-1, PhIP, Trp-P-2, A-α-C, Trp-P-1, MeA-α-C	TMS-00146	Кембриджські фільтруючі подушки екстрагують 0,1 М соляної кислоти. Екстракт очищується шляхом пропускання через картридж з твердим полімерним електролітом у змішаному режимі; ГАА вимивають за допомогою 5% розчину аміаку в метанолі. Виявлення методом UPLC-MS/MS
Ароматичні аміни: 1-амінонафталін, 2-амінонафталін, 3-амінобіфеніл, 4-амінобіфеніл, о-толуїдин, о-анізидин, 2,6-диметиланілін, бензидин	TMS-00128	Кембриджські фільтруючі подушки екстрагують 5% розчином HCl. Після зворотної екстракції DCM водний розчин підлужують, а аміни екстрагують гексаном. Екстракти висушують,

Кавова кислота	TMS-00143	дериватизують ангідридом пентафторпропіонової кислоти і триметиламіном, і пропускають через колонку з флоризілом. Виявлення методом НГІ ГХ-МС (МОІ)
Леткі нітрозаміни: NDMA, NEMA, NDEA, NDiPA, NDPA, NDVA, NPIP, NPYR, NmOR, NDELA	TMS-00148	Кембридзькі фільтруючі подушки екстрагують водою типу I. Виявлення методом HPLC-UV Кембридзькі фільтруючі подушки екстрагують за допомогою розчину сульфату амонію/сульфатної кислоти в імпіджері у пропорції 20:80 (маса/маса). Частина екстракту підкислюють, обробляють сульфатом амонію та очищають за допомогою картриджу ChemElut® з використанням етилформат:етанолу (98:2, об'єм/об'єм) у якості елюенту. Екстракт розводять в 1 мл 0,01 % розчину мурашиної кислоти. Виявлення методом ВЕРХ-МС/МС

Скорочення: СРР=Кембридзька фільтруюча подушка; ВЕРХ = вискоєфективна рідинна хроматографія; ААС = атомно-абсорбційна спектроскопія; ПФБГА = пентафторбензил гідроксиламін; GC = газова хроматографія; MS = мас-спектрометрія; SIM = моніторинг обраних іонів; FID = виявлення полум'яної іонізації; TCD = виявлення теплопровідності; NDIR = недисперсійне інфрачервоне виявлення; NAV=N-нітроозанабазин; NAT=N-нітрозоанатабін; NNK = 4-(метилнітрозаміно)-1-(3-піридил)-1-бутанон; NNN=N-нітросонорнікотин; ПАВ = поліциклічний ароматичний вуглеводень; SPE = твердофазна екстракція; РХВТ = рідинна хроматографія високого тиску; UV = ультрафіолет; NDMA=N-нітродиметиламін; NEMA=N-нітрозометилетиламін; NDEA=N-нітрозодіетиламін; NDiPA = N-нітрозодіізопропіламін; NDPA=N-нітрозодипропіламін; NDVA=N-нітрозодибутиламін; NPIP=N-нітрозопіперидин; NPYR=N-нітрозопіролідин; NmOR=N-нітрозоморфолін; NDELA=N-нітрозодіетаноламін.

^a Методи з префіксом НСТ ґрунтуються на методах, опублікованих Міністерством охорони здоров'я Канади. Методи з префіксом TMS були розроблені Labstat самостійно.

Таблиця 3

Вміст 126 вимірюваних речовин у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F і викидах ПНТ1.0 з розрахованим зменшенням (в середньому) їхнього вмісту у викидах ПНТ1.0 порівняно з викидами еталонної сигарети 3R4F в перерахунку на один стік/сигарету.

Параметр	Одиниця виміру	3R4F			ПНТ1.0(Т)			ПНТ1.0(М)		
		Середнє значення ± СВ	N	Середнє значення ± СВ	N	%Red _n порівняно з 3R4F	Середнє значення ± СВ	N	%Red _n порівняно з 3R4F	
Кількість затяжок	/стік/сигарета	10,9 ± 0,3	5	8±0	5	26,6	8±0	5	26,6	
Загальна кількість твердих частинок	мг/стік/сигарета	46,9 ± 2,8	5	26,1 ± 1,1	5	44,3	25,3 ± 1,4	5	46,1	
Вода	мг/стік/сигарета	15,1 ± 1,4	5	12,1 ± 1,1	5	20,1	10,7±0,9	5	29,2	
Нікотин	мг/стік/сигарета	2,02 ± 0,08	5	0,462 ± 0,037	5	77,1	0,365 ± 0,021	5	81,9	
NFDRM	мг/стік/сигарета	29,8 ± 1,4	5	13,6±1,2	5	54,4	14,2±1,3	5	52,3	
СО	мг/стік/сигарета	32,0 ± 1,0	5	NQ (0,223)	5	99,8	NQ (0,223)	5	99,6	
СО ₂	мг/стік/сигарета	85,1 ± 4,0	5	2,05 ± 0,10	5	97,6	1,99±0,08	5	97,7	
Аміак	мкг/стік/сигарета	32,5 ± 3,5	5	4,01 ± 0,99	5	87,7	5,02 ± 0,49	5	84,6	
Ціаністий водень	мкг/стік/сигарета	343 ± 62	5	BDL (0,525)	5	99,9	NQ (1,75)	5	99,8	
Ртуть	нг/стік/сигарета	4,26 ± 0,50	5	1,28±0,13	5	69,8	1,31 ± 0,12	5	69,2	
Кадмій	нг/стік/сигарета	105±5	5	BDL (0,162)	5	99,9	BDL (0,162)	5	99,9	
Свинць	нг/стік/сигарета	28,7 ± 0,8	5	11,6±8,7	5	59,5	9,74 ± 6,14	5	66,1	
Хром	нг/стік/сигарета	NQ (4,51)	5	4,34 ± 1,14	5	-22,7	4,06 ± 0,15	5	-14,8	
Нікель	нг/стік/сигарета	NQ (9,49)	5	NQ (0,878)	5	NC	NQ (0,878)	5	NC	
Миш'як	нг/стік/сигарета	8,01 ± 0,56	5	NQ (0,576)	5	94,6	NQ (0,576)	5	95,3	
Селен	нг/стік/сигарета	NQ (2,63)	5	NQ (0,731)	5	NC	NQ (0,731)	5	NC	
Мідь	нг/стік/сигарета	24,8 ± 2,1	5	NQ (2,19)	5	91,5	4,43 ± 3,18	5	82,1	
Кобальт	нг/стік/сигарета	BDL (0,893)	5	NQ (0,878)	5	NC	NQ (0,878)	5	NC	
Берилій	нг/стік/сигарета	BDL (0,936)	5	BDL (0,024)	5	NC	BDL (0,024)	5	NC	
Залізо	нг/стік/сигарета	38,1 ± 10,0	5	19,3 ± 5,4	5	49,3	22,1 ± 6,1	5	41,9	
Цинк	нг/стік/сигарета	273 ± 17	5	21,5±15,7	5	92,1	20,1 ± 7,8	5	92,6	
Одоло	нг/стік/сигарета	BDL (6,04)	5	NQ (0,876)	5	NC	NQ (0,876)	5	NC	
NO	мкг/стік/сигарета	495 ± 16	5	9,60 ± 0,79	5	98,1	8,61 ± 0,86	5	98,3	
NO _x	мкг/стік/сигарета	555 ± 19	5	12,9±0,8	5	97,7	11,4±0,8	5	97,9	
Піридин	мкг/стік/сигарета	28,6 ± 2,8	5	2,21 ± 0,29	5	92,3	1,55±0,25	5	94,6	
Хінолін	мкг/стік/сигарета	0,389 ± 0,028	5	NQ (0,011)	5	98,5	BDL (0,003)	5	99,6	
Стірол	мкг/стік/сигарета	16,1 ± 2,0	5	NQ (0,039)	5	99,8	NQ (0,039)	5	99,8	
Нітробензол	мкг/стік/сигарета	BDL (0,038)	5	BDL (0,011)	5	NC	BDL (0,011)	5	NC	
Бензо(б)фуран	мкг/стік/сигарета	0,627 ± 0,067	5	NQ (0,016)	5	98,3	NQ (0,016)	5	98,3	
Гідрохінон	мкг/стік/сигарета	84,2 ± 1,8	5	0,347 ± 0,035	5	99,6	0,403 ± 0,033	5	99,5	
Резорцин	мкг/стік/сигарета	1,57 ± 0,22	5	BDL (0,016)	5	99,5	BDL (0,016)	5	99,5	
Катехол	мкг/стік/сигарета	87,4 ± 3,4	5	3,11 ± 0,49	5	96,4	3,37 ± 0,17	5	96,2	
Фенол	мкг/стік/сигарета	13,5 ± 0,8	5	0,174 ± 0,022	5	98,7	0,116 ± 0,017	5	99,1	
p-крезол	мкг/стік/сигарета	8,72 ± 0,38	5	BDL (0,010)	5	99,9	BDL (0,010)	5	99,9	
m-Крезол	мкг/стік/сигарета	3,48 ± 0,18	5	NQ (0,019)	5	99,6	NQ (0,019)	5	99,6	
o-Крезол	мкг/стік/сигарета	3,94 ± 0,16	5	NQ (0,026)	5	99,6	NQ (0,026)	5	99,7	
Пропіленгліколь	мг/стік/сигарета	0,021 ± 0,005	5	0,390 ± 0,023	5	-1724	0,206 ± 0,014	5	-861	
Етиленгліколь	мг/стік/сигарета	0,035 ± 0,001	5	0,011 ± 0,000	5	69,3	0,008 ± 0,001	5	77,8	
Діетиленгліколь	мг/стік/сигарета	BDL (0,004)	5	BDL (0,002)	5	NC	BDL (0,002)	5	NC	
Гліцидол	мг/стік/сигарета	NQ (0,006)	5	0,044 ± 0,003	5	-883	0,040 ± 0,004	5	-806	
Гліцерин	мг/стік/сигарета	2,35 ± 0,05	5	3,02 ± 0,26	5	-28,4	2,38 ± 0,21	5	-1,02	
Нафталін	нг/стік/сигарета	994 ± 94	5	2,2 ± 0,42	5	99,8	2,90 ± 0,34	5	99,7	
Пірен	нг/стік/сигарета	79,4 ± 7,5	5	8,97 ± 0,82	5	88,7	10,3±0,7	5	87,1	
Бензо[а]антрацен	нг/стік/сигарета	24,2 ± 2,4	5	1,54±0,11	5	93,7	1,58 ± 0,09	5	93,5	
Хризен	нг/стік/сигарета	34,7 ± 3,2	5	2,61 ± 0,27	5	92,5	2,64 ± 0,20	5	92,4	
Бензо[а]пірен	нг/стік/сигарета	12,9±1,3	5	NQ (0,354)	5	97,7	0,356 ± 0,079	5	97,2	
Індено(1,2,3-cd)пірен	нг/стік/сигарета	4,19 ± 0,37	5	NQ (0,337)	5	97,2	NQ (0,337)	5	96,4	
Бензо[с]фенантрин	нг/стік/сигарета	8,32 ± 0,81	5	0,874 ± 0,171	5	89,5	0,710±0,055	5	91,5	
Циклопента[с,d]пірен	нг/стік/сигарета	7,82 ± 1,12	5	0,515 ± 0,036	5	93,4	0,534 ± 0,049	5	93,2	
Бензо[і]ацантрин	нг/стік/сигарета	2,24 ± 0,43	5	BDL (0,104)	5	97,7	BDL (0,104)	5	97,7	
1,3-бутадієн	мкг/стік/сигарета	108±4	5	BDL (0,029)	5	>99,9	BDL (0,029)	5	>99,9	
Ізопрен	мкг/стік/сигарета	887 ± 49	5	NQ (0,135)	5	>99,9	NQ (0,135)	5	>99,9	
Акрилонітрил	мкг/стік/сигарета	19,5±1,6	5	BDL (0,032)	5	99,9	BDL (0,032)	5	99,9	
Бензол	мкг/стік/сигарета	78,6 ± 4,6	5	NQ (0,056)	5	>99,9	NQ (0,056)	5	>99,9	
Толуол	мкг/стік/сигарета	131 ± 5	5	NQ (0,204)	5	99,9	NQ (0,204)	5	99,9	
Етилбензол	мкг/стік/сигарета	13,4±0,9	5	NQ (0,048)	5	99,8	NQ (0,048)	5	99,8	
Етиленоксид	мкг/стік/сигарета	19,3 ± 2,0	5	BDL (0,036)	5	99,9	BDL (0,036)	5	99,9	
Вінілхлорид	нг/стік/сигарета	95,6 ± 9,2	5	BDL (0,657)	5	99,7	BDL (0,657)	5	99,7	
Пропіленоксид	нг/стік/сигарета	903 ± 308	5	BDL (15,6)	5	99,1	BDL (15,6)	5	99,1	
Фуран	мкг/стік/сигарета	61,9 ± 3,5	5	1,16±0,01	5	98,1	1,17 ± 0,06	5	98,1	
Вінілацетат	нг/стік/сигарета	617 ± 20	5	BDL (11,0)	5	99,1	BDL (11,0)	5	99,1	
Нітрометан	нг/стік/сигарета	690 ± 58	5	42,4 ± 1,5	5	93,9	38,1 ± 1,1	5	94,5	
2-Нітропропан	нг/стік/сигарета	58,7 ± 6,1	5	BDL (1,45)	5	98,8	BDL (1,45)	5	98,8	
5-метилхризен	нг/стік/сигарета	0,744 ± 0,205	5	BDL (0,028)	5	98,1	BDL (0,028)	5	98,1	
Бензо(б)флуорантен	нг/стік/сигарета	12,3±1,5	5	0,548 ± 0,091	5	95,5	0,606 ± 0,091	5	95,0	

(продовження на наступній)

Таблиця 3 (Продовження)

Параметр	Одиниця виміру	3R4F			ПНТ1.0(T)			ПНТ1.0(M)		
		Середнє значення ± СВ	N	%Red _n порівняно з 3R4F	Середнє значення ± СВ	N	%Red _n порівняно з 3R4F	Середнє значення ± СВ	N	%Red _n порівняно з 3R4F
Бензо(к)флуорантен	нг/стік/сигарета	3,70 ± 0,49	5	93,1	0,255 ± 0,046	5	93,1	0,290 ± 0,060	5	92,2
Дібенз[а,б]антрацен	нг/стік/сигарета	0,915 ± 0,124	5	95,8	BDL (0,046)	5	95,8	NQ (0,154)	5	94,1
Дібенз[а,с]пірен	нг/стік/сигарета	BDL (0,423)	5	NC	BDL (0,254)	5	NC	BDL (0,254)	5	NC
Дібенз[а,е]пірен	нг/стік/сигарета	NQ (0,696)	5	NC	BDL (0,125)	5	NC	BDL (0,125)	5	NC
Дібенз[а,і]пірен	нг/стік/сигарета	1,66 ± 0,41	5	96,0	BDL (0,132)	5	96,0	BDL (0,132)	5	96,0
Дібенз[а,і]пірен	нг/стік/сигарета	BDL (0,236)	5	NC	BDL (0,141)	5	NC	BDL (0,141)	5	NC
1-амінонафталін	нг/стік/сигарета	17,6±0,6	5	99,8	NQ (0,027)	5	99,8	NQ (0,027)	5	99,9
2-амінонафталін	нг/стік/сигарета	13,2 ± 0,8	5	>99,9	NQ (0,012)	5	>99,9	BDL (0,004)	5	>99,9
3-амінобіфеніл	нг/стік/сигарета	3,49 ± 0,27	5	>99,9	NQ (0,004)	5	>99,9	BDL (0,001)	5	>99,9
4-амінобіфеніл	нг/стік/сигарета	2,29 ± 0,12	5	99,8	NQ (0,005)	5	99,8	NQ (0,005)	5	99,9
2,6-диметиланілін	нг/стік/сигарета	6,11 ± 0,65	5	99,4	0,040 ± 0,004	5	99,4	0,029 ± 0,008	5	99,5
Бензидин	нг/стік/сигарета	BDL (0,010)	5	NC	BDL (0,003)	5	NC	BDL (0,003)	5	NC
o-анізидин	нг/стік/сигарета	4,18 ± 0,23	5	94,2	0,244 ± 0,031	5	94,2	0,153 ± 0,023	5	96,4
o-толуїдин	нг/стік/сигарета	83,3 ± 2,1	5	99,6	0,371 ± 0,045	5	99,6	0,310 ± 0,020	5	99,6
N-нітрозонорнікотин	нг/стік/сигарета	263 ± 12	5	90,6	24,7 ± 2,5	5	90,6	19,1 ± 2,2	5	92,8
N-нітрозозанатабін	нг/стік/сигарета	268 ± 20	5	85,9	37,7 ± 3,4	5	85,9	32,8 ± 3,2	5	87,7
N-нітрозозанабазин	нг/стік/сигарета	24,1 ± 1,1	5	80,4	4,70 ± 0,39	5	80,4	4,05 ± 0,39	5	83,2
4-(метилнітрозаміно)-1-(3-піридил)-1-бутанон	нг/стік/сигарета	281 ± 16	5	97,7	6,61 ± 0,86	5	97,7	5,32 ± 0,89	5	98,1
Ацетамід	мкг/стік/сигарета	11,9±1,0	5	88,7	1,34 ± 0,05	5	88,7	1,15±0,05	5	90,3
Акриламід	мкг/стік/сигарета	3,99 ± 0,39	5	73,9	1,04±0,04	5	73,9	0,829 ± 0,039	5	79,2
Кавова кислота	мкг/стік/сигарета	BDL (1,19)	5	NC	BDL (0,478)	5	NC	BDL (0,478)	5	NC
Етидуретан	нг/стік/сигарета	BDL (6,43)	5	NC	BDL (1,93)	5	NC	BDL (1,93)	5	NC
IQ	нг/стік/сигарета	7,75 ± 1,07	5	98,9	BDL (0,164)	5	98,9	BDL (0,164)	5	98,2
Glu-P-2	нг/стік/сигарета	BDL (0,301)	5	NC	BDL (0,120)	5	NC	BDL (0,120)	5	NC
Glu-P-1	нг/стік/сигарета	BDL (0,239)	5	NC	BDL (0,095)	5	NC	BDL (0,095)	5	NC
PhIP	нг/стік/сигарета	BDL (0,365)	5	NC	BDL (0,146)	5	NC	BDL (0,146)	5	NC
Трр-Р-2	нг/стік/сигарета	6,46 ± 1,00	5	99,1	BDL (0,113)	5	99,1	BDL (0,113)	5	99,1
АαС	нг/стік/сигарета	176±16	5	99,9	NQ (0,443)	5	99,9	NQ (0,443)	5	99,9
Трр-Р-1	нг/стік/сигарета	4,29 ± 0,52	5	98,9	BDL (0,098)	5	98,9	BDL (0,098)	5	98,9
MeAαC	нг/стік/сигарета	15,3 ± 2,1	5	99,6	BDL (0,115)	5	99,6	BDL (0,115)	5	99,6
Діамід	нг/стік/сигарета	NQ(12,2)	5	NC	BDL (2,04)	5	NC	BDL (2,04)	5	NC
NDMA	нг/стік/сигарета	14,2 ± 1,3	5	99,4	BDL (0,178)	5	99,4	BDL (0,178)	5	99,4
NEMA	нг/стік/сигарета	BDL (0,509)	5	NC	BDL (0,254)	5	NC	BDL (0,254)	5	NC
NDEA	нг/стік/сигарета	BDL (0,617)	5	NC	BDL (0,308)	5	NC	BDL (0,308)	5	NC
NDiPA	нг/стік/сигарета	BDL (0,546)	5	NC	BDL (0,273)	5	NC	BDL (0,273)	5	NC
NDPA	нг/стік/сигарета	BDL (0,150)	5	NC	BDL (0,075)	5	NC	BDL (0,075)	5	NC
NDBA	нг/стік/сигарета	NQ (1,11)	5	NC	NQ (0,553)	5	NC	BDL (0,166)	5	NC
NPIP	нг/стік/сигарета	BDL (0,172)	5	NC	BDL (0,086)	5	NC	BDL (0,086)	5	NC
NPYR	нг/стік/сигарета	17,6 ± 1,0	5	99,4	BDL (0,198)	5	99,4	BDL (0,198)	5	99,4
NMOR	нг/стік/сигарета	BDL (0,550)	5	NC	BDL (0,275)	5	NC	BDL (0,275)	5	NC
NDELA	нг/стік/сигарета	NQ (0,283)	5	-163	0,576 ± 0,244	5	-163	0,585 ± 0,234	5	-167
Норнікотин	нг/стік/сигарета	22117±1351	5	99,5	NQ (47,6)	5	99,5	NQ (47,6)	5	99,4
Анатабін	нг/стік/сигарета	6218 ± 343	5	81,4	1157±123	5	81,4	1266 ± 44	5	79,6
Анабазин	нг/стік/сигарета	1030 ± 120	5	60,4	408 ± 50	5	60,4	408 ± 53	5	60,4
Міосмін	нг/стік/сигарета	13226±592	5	96,5	459 ± 36	5	96,5	500 ± 71	5	96,2
Нікотин-N-оксид	нг/стік/сигарета	NQ(291)	5	NC	BDL (174)	5	NC	BDL (174)	5	NC
Котинін	нг/стік/сигарета	14320 ± 755	5	97,9	298 ± 43	5	97,9	313±15	5	97,8
β-Нікотирин	нг/стік/сигарета	7071 ± 125	5	98,8	NQ (127)	5	98,8	NQ (127)	5	98,8
Формальдегід	мкг/стік/сигарета	54,1 ± 6,0	5	93,9	3,29 ± 0,30	5	93,9	3,51 ± 0,54	5	93,5
Ацетальдегід	мкг/стік/сигарета	2200 ± 103	5	95,0	111 ± 8	5	95,0	115±11	5	94,8
Ацетон	мкг/стік/сигарета	660 ± 24	5	99,1	5,97 ± 0,66	5	99,1	6,62 ± 0,51	5	99,0
Пропіональдегід	мкг/стік/сигарета	132 ± 3	5	96,0	5,31 ± 0,15	5	96,0	5,66 ± 0,57	5	95,7
Акролеїн	мкг/стік/сигарета	157 ± 9	5	98,6	2,22 ± 0,52	5	98,6	2,50 ± 0,11	5	98,4
Ізобутиральдегід	мкг/стік/сигарета	45,7 ± 3,6	5	78,6	9,78 ± 0,46	5	78,6	9,53 ± 1,11	5	79,1
Метилетилкетон	мкг/стік/сигарета	192 ± 8	5	99,2	1,53 ± 0,20	5	99,2	1,77±0,37	5	99,1
n-Бутиральдегід	мкг/стік/сигарета	15,2±1,5	5	99,7	BDL (0,088)	5	99,7	BDL (0,088)	5	99,7
Кротоновий альдегід	мкг/стік/сигарета	42,0 ± 6,2	5	98,7	0,567 ± 0,232	5	98,7	0,768 ± 0,321	5	98,2
Ацетоїн	мкг/стік/сигарета	NQ(5,61)	5	-14,0	5,78 ± 1,33	5	-14,0	5,94 ± 1,12	5	-17,2
Глюксаль	мкг/стік/сигарета	9,56 ± 1,68	5	99,7	BDL (0,063)	5	99,7	BDL (0,063)	5	99,7
Метилглюксаль	мкг/стік/сигарета	26,2 ± 3,4	5	-0,46	26,4 ± 2,4	5	-0,46	27,7 ± 2,7	5	-5,56
2,3-бутандіон	мкг/стік/сигарета	260 ± 11	5	85,4	38,0 ± 4,4	5	85,4	40,5 ± 3,3	5	84,4
2,3-пентадіон	мкг/стік/сигарета	35,0 ± 2,3	5	78,9	7,38 ± 1,07	5	78,9	7,94 ± 1,15	5	77,3
Аліловий спирт	мкг/стік/сигарета	13,8 ± 2,3	5	91,0	1,24±0,12	5	91,0	1,40 ± 0,11	5	89,9

Скорочення: ПНТ = продукт для нагрівання тютюну; СВ = стандартне відхилення; %Red_n = зниження концентрації як процентна частка від вмісту у вдихуваному димі еталонної сигарети; N = кількість перевірених технічних реплік; ТРМ = загальна кількість твердих частинок; NFDPM = вільні від нікотину сухі тверді частинки; BDL = нижче межі виявлення; NQ = не піддається кількісному визначенню; NC = не розраховується; NNN=N-нітрозонорнікотин; NAT=N-нітрозозанатабін; NAB=N-нітрозозанабазин; NNK = 4-(метилнітрозаміно)-1-(3-піридил)-1-бутанон; NDMA=N-нітрозодиметиламін; NEMA=N-нітрозометилетиламін; NDEA=N-нітрозодіетиламін; NDiPA = N-нітро-натрійізопропіламін; NDPA=N-нітрозодипропіламін; NDBA=N-нітрозодипропіламін; NPIP=N-нітрозопіперидин; NPYR=N-нітрозопіролідін; NmOR=N-нітрозоморфолін; NDELA=N-нітрозодіетаноламін. IQ = 2-аміно-3-метилімідазо[4,5-f]хінолін; Glu-P-2 = 2-амінопіридо[1,2-а:3',2'-d']імідазол; Glu-P-1 = 2-аміно-6-метилдіпіридо[1,2-а:3',2'-d']імідазол; PhIP = 2-аміно-1-метил-6-фенілімідазо[4,5-b]піридин; Трр-Р-2 = 1-метил-3-аміно-5Н-піридо[4,3-b]індол; А-α-С = 2-аміно-9Н-піридо[2,3-b]індол; Трр-Р-1 = 3-аміно-1,4-диметил-5Н-піридо[4,3-b]індол; MeA-α-С = 2-аміно-3-метил-9Н-піридо[2,3-b]індол.

Наприклад, згідно з розрахунками, вміст формальдегіду у стіках ПНТ1.0(T) і ПНТ1.0(M) зменшився з 93,9 % і 93,5 % до 92,0 % і 91,4 % в перерахунку на одну затяжку відповідно. У Таблиці 10 наведено порівняння викидів ПНТ1.0 і вдихуваного диму еталонної сигарети 1R6F, оскільки вона замінить еталонну сигарету 3R4F, коли остання перестане використовуватися. Результати представлено нижче з розбивкою по класах сполук.

Додаткова інформація включає зведені таблиці викидів на основі нікотину (Додаткова таблиця 1. ПНТ, еталонні сигарети 3R4F і 1R6F. Рівні токсикантів на 1 мг нікотину) і на основі твердих частинок (Додаткова таблиця 2. ПНТ, еталонні сигарети 3R4F і 1R6F. Рівні токсикантів на 1 мг загальної кількості твердих частинок). Ці таблиці надаються як додаткова інформація і далі у цій статті не обговорюються.

3.2. Загальна кількість твердих частинок, нікотин, вода та вільні від нікотину сухі тверді частинки

Вміст загальної кількості твердих частинок, нікотину, води та вільних від нікотину сухих твердих частинок у викидах ПНТ1.0 виявився меншим порівняно з димом еталонної сигарети 3R4F. Однак до вимірювання вмісту води та вільних від нікотину сухих твердих частинок слід ставитися з обережністю, оскільки, як Гош та Дженет [Ghosh і Jeannet] описали у своєму дослідженні (2014 рік), метод T-115 Міністерства охорони здоров'я Канади може не враховувати всю воду, що виділяється стіком ПНТ1.0 під час нагрівання. Це питання вимагає окремого дослідження, про яке буде повідомлено згодом.

3.3. Кисневмісні речовини

Частка CO була нижчою за межі виявлення у порожньому зразку. CO було виявлено у викидах ПНТ1.0, але його не вдалося піддати кількісному визначенню, що вказує на те, що його частка у цих викидах є більше ніж на 99 % меншою порівняно з вдихуванним сигаретним димом. CO₂ було виявлено у незначній кількості вище фонового рівня, яка виявилася на більше ніж 97 % меншою порівняно з вдихуванним сигаретним димом. NO і NO_x також було виявлено у викидах ПНТ1.0, але їхні частки були на більше ніж 97 % меншими порівняно з вдихуванним сигаретним димом.

Частки оксиду етилену та оксиду пропілену у порожніх зразках і викидах ПНТ1.0 були нижчими за межі виявлення, вказуючи на те, що їхній вміст у цих викидах є більше ніж на 99 % меншим порівняно з вдихуванним сигаретним димом. Вміст Фурану у порожньому зразку не вдалося визначити кількісно, але його було виявлено у викидах ПНТ1.0 і вдихуваному сигаретному димі, при цьому у викидах ПНТ його частка була на 98 % меншою.

3.4. Азотисті сполуки

Аміак було виявлено у викидах ПНТ1.0 у кількості, вищій, ніж у порожньому зразку, але значно нижчій, ніж у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F. Відповідно, згідно з результатами розрахунків, його частки у викидах ПНТ1.0(T) і ПНТ1.0(M) виявилися на 88 % і 85 % меншими ніж у сигаретному димі відповідно. Частку ціаністого водню було виміряно у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F, але не було виявлено в порожніх зразках. Її також не вдалося виявити або піддати кількісному визначенню у викидах ПНТ1.0, що вказує на те, що його вміст у зазначених викидах є на 99 % меншим. Кількість гідразину виявилася нижчою за межі виявлення у порожньому зразку і викидах ПНТ1.0. Його частку у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F не було піддано кількісному визначенню; хоча акрилонітрил не було виявлено у пустих зразках або викидах ПНТ1.0, його частку було виміряно у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F. Згідно з результатами розрахунків, вона виявилася на більше ніж 99 % меншою.

Етилуретан не було виявлено у порожніх зразках, викидах ПНТ1.0 або вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F, а тому розрахунки зменшення його часток не проводились. Хінолін не було виявлено у викидах ПНТ1.0 або порожніх зразках, або його не було піддано кількісному визначенню, проте він був присутній у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F; ацетамід та акриламід не було виявлено або не було піддано кількісному визначенню у порожніх зразках, проте незначні їх частки було виявлено у викидах ПНТ1.0, у той час як їх вміст у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F виявився високим; піридин було виявлено за результатами всіх вимірювань, у тому числі порожніх зразків. Їх частки у викидах ПНТ1.0 виявилися меншими на 74-99 %.

Що стосується аліфатичних та ароматичних амінів, то у всіх зразках було виявлено тільки о-толуїдин. За результатами вимірювань концентрація цієї речовини у викидах ПНТ1.0 виявилася більшою, ніж у порожньому зразку, і значно меншою, ніж у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F. 2,6-диметиланілін і о-анізидин не було виявлено у порожніх зразках, але їхні частки були виявлені у викидах ПНТ1.0 у кількості, меншій (більше ніж на 99 % і 94 % відповідно) ніж у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F. Частки 1- та 2-амінонафталіну, 3- та 4-амінобіфенілу, IQ(2-аміно-3-метилімідазо[4,5-f]хіноліну), Trp-P-1 (3-аміно-1,4-диметил-5Нпіридо[4,3-b]індолу) і Trp-P-2 (1-метил-3-аміно-5Н-піридо[4,3-b]індолу), а також AaC (2-аміно-9Н-піридо[2,3-b]індолу) і MeAaC (2-аміно-3-метил-9Н-піридо[2,3-b]індолу) виявилися нижчими за межі виявлення або не могли бути піддані кількісному визначенню у порожніх зразках, але були виявлені в димі еталонної сигарети 3R4F. Згідно з розрахунками, частки цих токсикантів виявилися на більше ніж 98%-99 % меншими. Частки бензидину, Glu-P-1 (2-аміно-6-метилдипіридо[1,2-a:3',2'-d]імідазолу), Glu-P-2 (2-амінодипіридо [1,2-a:3'] '2'-d]імідазолу) і PhP (2-аміно-1-метил-6-фенілімідазо[4,5-b]піридину) виявилися нижчими за межі виявлення у пустих зразках, викидах ПНТ1.0 і вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F, а тому розрахунки зменшення їхньої кількості не проводились.

3.5. Метали

Вміст ртуті у викидах ПНТ1.0 було виявлено у кількості, меншій ніж у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F, проте її не було виявлено у порожніх зразках. Згідно з результатами розрахунків, частка ртуті у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F виявилася більшою на 69%. Певні метали (берилій, кобальт, нікель, селен і олово) не було виявлено або не було піддано кількісному визначенню у димі еталонної сигарети 3R4F і викидах ПНТ1.0. Вміст хрому вимірювався у викидах ПНТ1.0, але не в димі еталонної сигарети 3R4F; межа кількісного визначення для еталонної сигарети 3R4F була вищою, ніж для ПНТ1.0, і близькою до рівнів, кількісно визначених у викидах ПНТ1.0 і порожньому зразку, що свідчить про те, що певні ознаки були пов'язані з лабораторними умовами. Вміст кадмію було піддано кількісному визначенню у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F, проте у всіх інших зразках він виявився нижчим за межі виявлення. Миш'як було виявлено у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F, але його не було піддано кількісному визначенню у викидах ПНТ1.0, а також не було виявлено у порожніх зразках. Мідь було виявлено в одному зразку ПНТ1.0 і порожньому зразку ПНТ у кількості, близькій до межі кількісного визначення, і у більшій кількості у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F. За результатами вимірювання вміст заліза виявився однаковим у викидах ПНТ1.0 і в обох порожніх зразках, і майже вдвічі більшим у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F, що свідчить про частковий зв'язок з лабораторними умовами. Вміст ртуті у викидах ПНТ1.0 було виявлено у кількості, меншій ніж у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F, проте її не було виявлено у порожніх зразках. Згідно з результатами розрахунків, частка ртуті у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F виявилася більшою на 69%.

3.6. Феноли

У викидах ПНТ1.0 було виявлено всі феноли, окрім резорцину, p-крезолу та кавової кислоти (хоча m- та o-крезол неможливо піддати кількісному визначенню), у кількості, значно (більше ніж на 96%-99%) меншій, ніж у вдихуваному сигаретному димі. Кавову кислоту не було виявлено у викидах ПНТ1.0 або вдихуваному сигаретному димі, а тому розрахунки того, у якому зі зразків її кількість виявиться меншою, не проводились.

3.7. Гліколи

Ані етиленгліколь, ані пропіленгліколь не було виявлено за результатами вимірювання порожніх зразків, проте їх було виявлено у викидах ПНТ1.0, при цьому частка пропіленгліколю виявилася більшою, ніж у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F. Пропіленгліколь є складовою ароматизатора, який додається до тютюнового стіку, що використовується з ПНТ1.0. Частки етиленгліколю у викидах ПНТ1.0(T) і ПНТ1.0(M) були на 69 % і 78 % нижчими, ніж у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F відповідно. Гліцидол є потенційним продуктом термічного розпаду гліцерину, який додається до стіків ПНТ1.0. Він був виявлений у викидах ПНТ1.0, але його кількість у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F, де, як вважається, він розкладається повністю, не було визначено. Частки діетиленгліколю виявилися нижчими за межі виявлення у всіх зразках і порожніх зразках. Вміст гліцерину було визначено у кількості від 2,35 до 3,02 мг на один стік, і, оскільки його було додано навмисно, порівняння того, у якому зі зразків його кількість є меншою, не проводилося.

3.8. Вуглеводи

Леткі вуглеводні 1,3-бутадиєн і ізопрен, а також ароматичні вуглеводні бензол, етилбензол, стирол і толуол були виявлені у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F, але їхню кількість у викидах ПНТ1.0 не було визначено.

Таблиця 4

Визначені частки 126 вимірюваних речовин у зразках повітря/порожніх зразках сигарет і ПНТ.

Параметр	Одиниця виміру	Порожній зразок еталонної сигарети 3R4F		Порожній зразок ПНТ1.0(Т) і ПНТ1.0(М)	
		Середнє значення ± СВ	N	Середнє значення ± СВ	N
Кількість затяжок	/стік/сигарета	11 ± 0	5	8 ± 0	5
Загальна кількість твердих частинок	мг/стік/сигарета	0,000 ± 0,000	5	0,000 ± 0,000	5
Вода	мг/стік/сигарета	BDL (0,064)	5	BDL (0,038)	5
Нікотин	мг/стік/сигарета	BDL (0,002)	5	BDL (0,001)	5
NFDPM	мг/стік/сигарета	BDL (0,119)	5	BDL (0,071)	5
СО	мг/стік/сигарета	BDL (0,159)	5	BDL (0,067)	5
СО ₂	мг/стік/сигарета	0,922 ± 0,322	5	BDL (0,105)	5
Аміак	мкг/стік/сигарета	NQ (4,88)	5	1,72 ± 0,44	5
Ціаністий водень	мкг/стік/сигарета	BDL (1,31)	5	BDL (0,525)	5
Ртуть	нг/стік/сигарета	BDL (0,857)	5	BDL (0,104)	5
Кадмій	нг/стік/сигарета	BDL (1,64)	5	BDL (0,162)	5
Свинець	нг/стік/сигарета	BDL (4,60)	5	2,39 ± 0,94	5
Хром	нг/стік/сигарета	NQ (4,51)	5	3,83 ± 0,27	5
Нікель	нг/стік/сигарета	BDL (2,85)	5	NQ (0,878)	5
Миш'як	нг/стік/сигарета	BDL (0,879)	5	BDL (0,173)	5
Селен	нг/стік/сигарета	BDL (0,790)	5	BDL (0,219)	5
Мідь	нг/стік/сигарета	NQ (8,20)	5	2,87 ± 3,14	5
Кобальт	нг/стік/сигарета	BDL (0,893)	5	NQ (0,878)	5
Берилій	нг/стік/сигарета	BDL (0,936)	5	BDL (0,024)	5
Залізо	нг/стік/сигарета	20,7 ± 9,1	5	15,7 ± 3,8	5
Цинк	нг/стік/сигарета	113 ± 44	5	NQ (7,19)	5
Олово	нг/стік/сигарета	NQ (20,1)	5	NQ (0,876)	5
NO	мкг/стік/сигарета	BDL (3,63)	5	NQ (0,569)	5
NO _x	мкг/стік/сигарета	BDL (7,01)	5	BDL (0,381)	5
Піридин	мкг/стік/сигарета	4,73 ± 2,98	5	0,276 ± 0,191	5
Хінолін	мкг/стік/сигарета	NQ (0,036)	5	BDL (0,003)	5
Стирол	мкг/стік/сигарета	1,67 ± 1,26	5	NQ (0,039)	5
Нітробензол	мкг/стік/сигарета	BDL (0,038)	5	BDL (0,011)	5
Бензо(b)фуран	мкг/стік/сигарета	0,102 ± 0,023	5	BDL (0,005)	5
Гідрохінон	мкг/стік/сигарета	BDL (1,35)	5	BDL (0,062)	5
Резорцин	мкг/стік/сигарета	BDL (0,395)	5	BDL (0,016)	5
Катехол	мкг/стік/сигарета	BDL (1,21)	5	BDL (0,026)	5
Фенол	мкг/стік/сигарета	BDL (1,43)	5	BDL (0,026)	5
p-крезол	мкг/стік/сигарета	BDL (0,207)	5	BDL (0,010)	5
m-Крезол	мкг/стік/сигарета	BDL (0,451)	5	BDL (0,006)	5
o-Крезол	мкг/стік/сигарета	BDL (0,184)	5	BDL (0,008)	5
Пропіленгліколь	мг/стік/сигарета	BDL (0,004)	5	BDL (0,002)	5
Етиленгліколь	мг/стік/сигарета	BDL (0,001)	5	BDL (0,001)	5
Діетиленгліколь	мг/стік/сигарета	BDL (0,004)	5	BDL (0,002)	5
Гліцидол	мг/стік/сигарета	BDL (0,002)	5	0,005 ± 0,001	5
Гліцерин	мг/стік/сигарета	BDL (0,024)	5	BDL (0,014)	5
Нафталін	нг/стік/сигарета	36,1 ± 21,7	5	1,97 ± 1,20	5
Пірен	нг/стік/сигарета	7,87 ± 2,83	5	2,44 ± 0,71	5
Бензо[a]антрацен	нг/стік/сигарета	1,40 ± 0,79	5	0,329 ± 0,167	5
Хризен	нг/стік/сигарета	2,34 ± 1,20	5	0,720 ± 0,311	5
Бензо[a]пірен	нг/стік/сигарета	0,628 ± 0,280	5	BDL (0,106)	5
Індено(1,2,3-cd)пірен	нг/стік/сигарета	NQ (0,562)	5	NQ (0,337)	5
Бензо[c]фенантрен	нг/стік/сигарета	0,567 ± 0,447	5	NQ (0,179)	5
Циклопента[c,d]пірен	нг/стік/сигарета	NQ (0,451)	5	BDL (0,081)	5
Бензо[f]ацеантрилен	нг/стік/сигарета	NQ (0,576)	5	BDL (0,104)	5
1,3-бутадієн	мкг/стік/сигарета	BDL (0,190)	5	BDL (0,029)	5
Ізопрен	мкг/стік/сигарета	NQ (0,901)	5	BDL (0,041)	5
Акрилонітрил	мкг/стік/сигарета	BDL (0,213)	5	BDL (0,032)	5
Бензол	мкг/стік/сигарета	0,598 ± 0,349	5	BDL (0,017)	5
Толуол	мкг/стік/сигарета	3,38 ± 1,46	5	BDL (0,061)	5
Етилбензол	мкг/стік/сигарета	0,659 ± 0,289	5	BDL (0,014)	5
Етиленоксид	мкг/стік/сигарета	BDL (0,239)	5	BDL (0,036)	5
Вінілхлорид	нг/стік/сигарета	BDL (4,38)	5	BDL (0,657)	5
Пропіленоксид	нг/стік/сигарета	BDL (104)	5	BDL (15,6)	5
Фуран	мкг/стік/сигарета	NQ (0,627)	5	NQ (0,094)	5
Вінілацетат	нг/стік/сигарета	BDL (73,0)	5	BDL (11,0)	5
Нітрометан	нг/стік/сигарета	BDL (56,7)	5	BDL (8,50)	5
2-Нітропропан	нг/стік/сигарета	BDL (1,45)	5	BDL (1,45)	5
5-метилхризен	нг/стік/сигарета	BDL (0,047)	5	BDL (0,028)	5
Бензо(b)флуорантен	нг/стік/сигарета	0,573 ± 0,372	5	0,220 ± 0,234	5
Бензо(k)флуорантен	нг/стік/сигарета	NQ (0,257)	5	NQ (0,154)	5

Таблиця 4 (Продовження)

Параметр	Одиниця виміру	Порожній зразок		Порожній зразок ПНТ1.0(Т) і ПНТ1.0(М)		
		стандартної сигарети 3R4F	Середнє значення ± СВ	N	Середнє значення ± СВ	N
Дібенз[а, h]антрацен	нг/стік/сигарета		NQ (0,257)	5	BDL (0,046)	5
Дібенз[а,]пірен	нг/стік/сигарета		BDL (0,423)	5	BDL (0,254)	5
Дібенз[а, e]пірен	нг/стік/сигарета		BDL (0,209)	5	BDL (0,125)	5
Дібенз[а, i]пірен	нг/стік/сигарета		BDL (0,219)	5	BDL (0,132)	5
Дібенз[а, h]пірен	нг/стік/сигарета		BDL (0,236)	5	BDL (0,141)	5
1-амінонафталін	нг/стік/сигарета		NQ (0,091)	5	BDL (0,008)	5
2-амінонафталін	нг/стік/сигарета		BDL (0,012)	5	BDL (0,004)	5
3-амінобіфеніл	нг/стік/сигарета		BDL (0,004)	5	BDL (0,001)	5
4-амінобіфеніл	нг/стік/сигарета		BDL (0,005)	5	BDL (0,001)	5
2,6-диметиланілін	нг/стік/сигарета		BDL (0,021)	5	NQ (0,021)	5
Бензидин	нг/стік/сигарета		BDL (0,010)	5	BDL (0,003)	5
o-анізидин	нг/стік/сигарета		BDL (0,077)	5	BDL (0,023)	5
o-толуїдин	нг/стік/сигарета		0,436 ± 0,420	5	0,057 ± 0,051	5
NNN	нг/стік/сигарета		BDL (0,197)	5	NQ (0,328)	5
NAT	нг/стік/сигарета		BDL (0,390)	5	BDL (0,195)	5
NAB	нг/стік/сигарета		BDL (0,107)	5	BDL (0,054)	5
NNK	нг/стік/сигарета		BDL (0,301)	5	BDL (0,151)	5
Ацетамід	мкг/стік/сигарета		NQ (0,267)	5	NQ (0,080)	5
Акриламід	мкг/стік/сигарета		BDL (0,203)	5	BDL (0,061)	5
Кавова кислота	мкг/стік/сигарета		BDL (1,19)	5	BDL (0,478)	5
Етилуретан	нг/стік/сигарета		BDL (6,43)	5	BDL (1,93)	5
IQ	нг/стік/сигарета		BDL (0,410)	5	BDL (0,164)	5
Glu-P-2	нг/стік/сигарета		BDL (0,301)	5	BDL (0,120)	5
Glu-P-1	нг/стік/сигарета		BDL (0,239)	5	BDL (0,095)	5
PhIP	нг/стік/сигарета		BDL (0,365)	5	BDL (0,146)	5
Trp-P-2	нг/стік/сигарета		BDL (0,282)	5	BDL (0,113)	5
AαC	нг/стік/сигарета		NQ(1,11)	5	NQ (0,443)	5
Trp-P-1	нг/стік/сигарета		BDL (0,245)	5	BDL (0,098)	5
MeAαC	нг/стік/сигарета		BDL (0,288)	5	BDL (0,115)	5
Діамід	нг/стік/сигарета		BDL (4,08)	5	BDL (2,04)	5
NDMA	нг/стік/сигарета		BDL (0,356)	5	BDL (0,178)	5
NEMA	нг/стік/сигарета		BDL (0,509)	5	BDL (0,254)	5
NDEA	нг/стік/сигарета		BDL (0,617)	5	BDL (0,308)	5
NDiPA	нг/стік/сигарета		BDL (0,546)	5	BDL (0,273)	5
NDPA	нг/стік/сигарета		BDL (0,150)	5	BDL (0,075)	5
NDBA	нг/стік/сигарета		NQ(1,11)	5	NQ (0,553)	5
NPIP	нг/стік/сигарета		BDL (0,172)	5	BDL (0,086)	5
NPYR	нг/стік/сигарета		BDL (0,396)	5	BDL (0,198)	5
NMOR	нг/стік/сигарета		BDL (0,550)	5	BDL (0,275)	5
NDELA	нг/стік/сигарета		NQ (0,283)	5	0,846 ± 0,152	5
Норнікотин	нг/стік/сигарета		BDL (79,4)	5	BDL (47,6)	5
Анатабін	нг/стік/сигарета		BDL (79,3)	5	BDL (47,6)	5
Анабазин	нг/стік/сигарета		BDL (69)	5	BDL (57,4)	5
Міосмін	нг/стік/сигарета		BDL (148)	5	BDL (88,8)	5
Нікотин-N-оксид	нг/стік/сигарета		BDL (291)	5	BDL (174)	5
Котинін	нг/стік/сигарета		NQ(104)	5	NQ (62,4)	5
β-Нікотирин	нг/стік/сигарета		BDL (212)	5	BDL (38,1)	5
Формальдегід	мкг/стік/сигарета		6,16 ± 0,75	5	1,17 ± 0,20	5
Ацетальдегід	мкг/стік/сигарета		14,9 ± 2,2	5	2,23 ± 0,50	5
Ацетон	мкг/стік/сигарета		BDL (1,58)	5	NQ (0,526)	5
Пропіональдегід	мкг/стік/сигарета		NQ (4,03)	5	BDL (0,121)	5
Акролеїн	мкг/стік/сигарета		BDL (2,32)	5	BDL (0,232)	5
Ізобутиральдегід	мкг/стік/сигарета		BDL (0,413)	5	BDL (0,041)	5
Метилетилкетон	мкг/стік/сигарета		BDL (1,28)	5	BDL (0,128)	5
n-Бутиральдегід	мкг/стік/сигарета		BDL (0,878)	5	BDL (0,088)	5
Кротоновий альдегід	мкг/стік/сигарета		BDL (1,56)	5	BDL (0,156)	5
Ацетоїн	мкг/стік/сигарета		BDL (1,68)	5	0,599 ± 1,152	5
Глюксаль	мкг/стік/сигарета		BDL (0,630)	5	BDL (0,063)	5
Метилглюксаль	мкг/стік/сигарета		BDL (0,384)	5	BDL (0,038)	5
2,3-бутандіон	мкг/стік/сигарета		6,12 ± 2,32	5	0,309 ± 0,643	5
2,3-пентадіон	мкг/стік/сигарета		BDL (0,878)	5	BDL (0,088)	5
Аліловий спирт	мкг/стік/сигарета		0,544 ± 0,157	5	NQ (0,045)	5

Скорочення: ПНТ = продукт для нагрівання тютюну; СВ = стандартне відхилення; (Т) = варіант стіку/сигарети без ментолу; (М) = варіант стіку/сигарети з ментолом; N = кількість перевірених технічних реплік; ТРМ = загальна кількість твердих частинок; NFDPM = вільні від нікотину сухі тверді частинки; BDL = нижче межі виявлення; NQ = не піддається кількісному визначенню; NC = не розраховується; NNN=N-нітрозонорнікотин; NAT=N-нітрозонаатабін; NAB=N-нітрозонаабазин; NNK = 4-(метилнітрозаміно)-1-(3-піридил)-1-бутанон; NDMA=N-нітрозодиметиламін; NEMA=N-нітрозометилетиламін; NDEA=N-нітрозодіетиламін; NDiPA = N-нітро-натрійізопропіламін; NDPA=N-нітрозодипропіламін; NDBA=N-нітрозодибутіламін; NPIP=N-нітрозопіперидин; NPYR=N-нітрозопіролідин; NmOR=N-нітрозоморфолін; NDELA=N-нітрозодіетаноламін. IQ = 2-аміно-3-метилімідазо[4,5-f]хінолін; Glu-P-2 = 2-амінодипіrido[1,2-a:3',2'-d]імідазол; Glu-P-1 = 2-аміно-6-метилдипіrido[1,2-a:3',2'-d]імідазол; PhIP = 2-аміно-1-метил-6-фенілімідазо[4,5-b]піридин; Trp-P-2 = 1-метил-3-аміно-5Н-піrido[4,3-b]індол; A-α-C = 2-аміно-9Н-піrido[2,3-b]індол; Trp-P-1 = 3-аміно-1,4-диметил-5Н-піrido[4,3-b]індол; MeA-α-C = 2-аміно-3-метил-9Н-піrido[2,3-b]індол.

Відповідно, кількість всіх зазначених речовин у викидах ПНТ1.0 була на більше ніж 99% меншою.

Вміст пірену і 16 поліароматичних вуглеводнів, включених до скороченого переліку FDA (нафталін, бензо[с]фенантрен, бензо[а]антрацен, хризен, циклопента-[с,d]пірен, 5-метилхризен, бензо[б]флуорантен, бензо[к]флуорантен, бензо[і]ацеантрилен, бензо[а]пірен, індено[1,2,3-сd]пірен, дибензо[а,h]антрацен, дибензо[а,l]пірен, дибензо[а, е]пірен, дибензо[а,i]пірен і дибензо[а,h]пірен), крім 3 (дибензо[а,l]пірену, дибензо[а,е]пірену і дибензо[а,h]пірену), було виміряно у вдихуваному сигаретному димі і всі з них, крім дибензо[а,l]пірену, дибензо[а,е]пірену, дибензо[а,h]пірену, дибензо[а,h]антрацену та індено[1,2,3-сd]пірену), було виміряно у викидах ПНТ1.0. Їхні частки виявились на більше ніж 87%-99% меншими порівняно з вдихуваним димом еталонної сигарети 3R4F.

У викидах ПНТ1.0 і вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F було виявлено нафталін, пірен, бензо[а]антрацен, хризен, бензо[а]пірен, бензо[с]фенантрен, циклопента-[с,d]пірен, бензо[б]флуорантен і бензо[к]флуорантен. Нафталін, пірен, бензо[а]антрацен, хризен і бензо[б]флуорантен було виявлені у порожніх зразках, при цьому вміст нафталіну у викидах ПНТ1.0 був подібним до його вмісту у порожньому зразку, що свідчить про те, що його присутність може бути пов'язаною з фоновим вмістом хімічних речовин. Кількість поліароматичних вуглеводнів у викидах ПНТ1.0 була на 87% – 99% меншою порівняно з їхньою кількістю у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F.

З числа заміщених вуглеводнів у порожніх зразках, викидах ПНТ1.0 або вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F не було виявлено нітробензол, 2-нітропропан, вінілацетат і вінілхлорид було виявлено у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F, але не було виявлено у викидах ПНТ1.0, що вказує на те, що їхня кількість у зазначених викидах є меншою на 98% або більше ніж на 99%. Нітродиметан був присутній у викидах ПНТ1.0, але у значно (більше ніж на 94%) меншій кількості, ніж у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F. У порожніх зразках ПНТ всі частки були нижчими за межі виявлення.

3.9. Нітрозаміни

Згідно з результатами вимірювань, кількість всіх тютюноспецифічних нітрозамінів у викидах ПНТ1.0 виявилася на 80% (N-нітрозодиабазин) – 98% меншою, ніж у димі еталонної сигарети 3R4F, але їх не було виявлено або не вдалося встановити їхню кількість у порожніх зразках.

Кількість легких нітрозамінів у викидах ПНТ1.0 можна було визначити виключно для N-нітрозодиаetanoламіну, частка якого виявилася нижчою за частку у порожніх зразках. Проте кількість N-нітрозодиаetanoламіну у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F не було визначено, що свідчить про те, що його присутність була пов'язана з фоновим забрудненням. Решту сполук цього класу не було виявлено або їхню кількість не могло бути визначено у викидах ПНТ1.0 або у порожніх зразках. N-нітрозодиметиламін, N-нітрозодиабутиламін і N-нітрозопіролідін було виявлено в димі еталонної сигарети 3R4F, але кількість N-нітрозодиабутиламіну визначити було неможливо, при цьому N-нітрозометилетиламін, N-нітрозодиаетиламін, N-нітрозодиаізопропіламін, N-нітрозодиапропіламін, N-нітросопіридин і N-нітрозоморфолін не було виявлено у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F.

3.10. Суміші, пов'язані з нікотиним

Частки нікотину і пов'язаних з ним алкалоїдів виявились нижчими за межі кількісного визначення у порожніх зразках.

Нікотин-N-оксид було виявлено, але його кількість було неможливо визначити у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F. Зазначеної сполуки у викидах ПНТ1.0 виявлено не було. Нікотин і пов'язані з ним алкалоїди було виявлено у викидах ПНТ1.0 (але кількість норнікотину і β-нікотирину визначити було неможливо) і вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F. Цього слід було очікувати, з огляду на їхню присутність у відновленому листовому тютюні, який використовується у ПНТ 1.0. Їхні частки у викидах ПНТ1.0 виявились на 60% (анабазин) – 99% меншими.

3.11. Карбонільні сполуки

Ацетоїн був присутній у викидах ПНТ1.0 у кількості, більшій ніж у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F, де його кількість була нижчою за LOQ, що, згідно з результатами розрахунків, вказує на його більшу частку у викидах порівняно з вдихуваним димом. Аналогічно, кількість метилглюксалу у викидах ПНТ1.0 виявилася незначно більшою порівняно з вдихуваним димом, що призвело до збільшення за результатами розрахунків. Кількість всіх інших карбонільних, окрім п-бутиральдегіду і глюксалу, було визначено у викидах ПНТ1.0, але у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F вона виявилася більшою, а тому у викидах ПНТ1.0 їхня частка виявилася на 77%-99% меншою. У порожніх зразках визначалася кількість формальдегіду, ацетальдегіду, ацетоїну і 2,3-бутандіону. Кількість алілового спирту у порожньому зразку ПНТ визначити не вдалося, але він був присутній у порожньому зразку еталонної сигарети 3R4F, при цьому його кількість у викидах ПНТ1.0 складала приблизно одну десяту від його частки у вдихуваному сигаретному димі.

3.12. Порівняння результатів для контрольного зразка СНТ і опублікованих даних

Що стосується даних, наведених у Таблиці 5, то деякі детермінанти не було включено у дослідження Шаллера та ін. [Schaller et al., (2016)], у той час як інші виявились нижчими за LOQ. Для багатьох вимірюваних і опублікованих аналітичних результати збігалися в межах 2 стандартних відхилень, проте певні розбіжності спостерігалися відносно речовин, включаючи воду, NFDPM, CO, Cr, пірен, акрилонітрил, NNN, NNK, кротонал, піридин, стирол, гідрохінон і толуол, які були присутні у невеликій кількості, і деяких металів (ртуті, свинцю та нікелю), які не пояснювались порожніми зразками.

3.13. Порівняння результатів для еталонних сигарет 3R4F і 1R6F

Виміряні значення для еталонної сигарети 1R6F (Таблиця 10) збігалися в межах 2 стандартних відхилень з сертифікованими значеннями (+/- сертифікована похибка), призначеними Центром еталонних тютюнових виробів Університету штату Кентуккі (UKCTR, 2016), що вказує на прийнятну точність аналітичних даних для цього еталонного продукту в рамках обмежень аналізу, паралельно з яким проводиться не більше 5 тестів. Опубліковані довідкові дані для продукту 3R4F обмежуються попередніми результатами прокурювання FTC (UKCTR, без дати). Таким чином, вимірювані значення порівнювались з тими, які були повідомлені Ремер та співавторами його дослідження (Roemer et al., 2012, Додаток, Таблиця А), і відповідали значенням, наведеним у таблиці.

3.14. Частки особливо небезпечних компонентів у викидах згідно з переліками Робочої групи ВООЗ з регулювання тютюнових виробів та Управління санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США

Таблиці 6 і 7 містять узагальнену інформацію щодо виявленого зменшення, в перерахунку на одну затяжку, викидів особливо небезпечних сполук відповідно до переліку Робочої групи ВООЗ з регулювання тютюнових виробів і скороченого переліку Управління санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США відповідно. З'ясувалося, що частки компонентів, включених до переліку Робочої групи ВООЗ з регулювання тютюнових виробів, виявилися меншими в середньому на 97,0% (ПНТ1.0Т) і 97,1 % (ПНТ1,0 М), а частки компонентів, включених до скороченого переліку Управління санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США, виявилися меншими в середньому на 97,6 % (ПНТ1,0Т) і 97,4 % (ПНТ1,0 М), за винятком нікотину.

Таблиці 8 і 9 містять узагальнену інформацію щодо виявленого зменшення, в перерахунку на одну затяжку, викидів особливо небезпечних сполук відповідно до переліку Робочої групи ВООЗ з регулювання тютюнових виробів і скороченого переліку Управління санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США відповідно. З'ясувалося, що частки компонентів, включених до переліку Робочої групи ВООЗ з регулювання тютюнових виробів, виявилися, в перерахунку на одну затяжку, меншими в середньому на 96,1 % (ПНТ1.0Т) і 96,2 % (ПНТ1,0 М), у той час як частки компонентів, включених до скороченого переліку Управління санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США, виявилися меншими в середньому на 96,8 % (ПНТ1,0Т) і 96,6 % (ПНТ1,0 М), за винятком нікотину.

4. Обговорення отриманих результатів

У цьому дослідженні описано результати вимірювання 126 речовин у викидах ПНТ1.0 і вдихуваному димі еталонних сигарет 3R4F і 1R6F. Їх представлено у перерахунку на один стік або одну сигарету. Вміст цих речовин порівнюється та повідомляється як зменшення їхньої процентної частки у стіку/сигареті у розрізі всіх вимірюваних величин і коротко описується з урахуванням переліку Робочої групи ВООЗ з регулювання тютюнових виробів, що містить дев'ять особливо небезпечних токсикантів у сигаретному димі, вміст яких необхідно зменшити, скорочений перелік шкідливих і потенційно шкідливих компонентів Управління санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США, який містить 18 компонентів, про які необхідно звітувати.

Таблиця 5

Порожні зразки/зразки повітря, рівні викидів для СНТ і подібні дані, опубліковані у дослідженні Шаллера та ін. (2016) [Schaller et al., (2016)].

Параметр	Одиниця виміру	Порожній зразок СНТ		СНТ, що використовується в цьому дослідженні		СНТ2.2 FR1, що використовувалась у дослідженні Шаллера та ін. [Schaller et al.]	
		Середнє значення ± СВ	N	Середнє значення ± СВ	N	Середнє значення ± СВ	N
Кількість затяжок	/стік/сигарета	12 ± 0	5	12±0	5	12±0	5
Загальна кількість частинок	твердих мг/стік/сигарета	0,144 ± 0,257	5	48,9 ± 0,7	5	48,2 ± 2,4	5
Вода	мг/стік/сигарета	0,151 ± 0,112	5	25,4 ± 2,0	5	36,5 ± 3,1	5
Нікотин	мг/стік/сигарета	BDL (0,001)	5	1,16 ± 0,03	5	1,32 ± 0,16	5
NFDPM	мг/стік/сигарета	NQ (0,237)	5	22,3 ± 2,2	5	10,3 ± 0,9	5
СО	мг/стік/сигарета	BDL (0,067)	5	0,305 ± 0,017	5	0,531 ± 0,068	5
СО ₂	мг/стік/сигарета	BDL (0,105)	5	5,79 ± 0,20	5	n.a	5
Аміак	мкг/стік/сигарета	1,53 ± 0,24	5	10,6 ± 0,7	5	14,2 ± 1,1	5
Ціаністий водень	мкг/стік/сигарета	NQ (1,75)	5	3,21 ± 0,98	5	4,81 ± 0,35	5
Ртуть	нг/стік/сигарета	BDL (0,104)	5	1,99 ± 0,12	5	1,17 ± 0,05	5
Кадмій	нг/стік/сигарета	BDL (0,162)	5	BDL (0,162)	5	NQ (0,350)	5
Свинець	нг/стік/сигарета	1,65 ± 0,90	5	42,9 ± 15,3	5	NQ (3,35)	5
Хром	нг/стік/сигарета	4,50 ± 0,61	5	4,57 ± 0,71	5	NQ (0,55)	5
Нікель	нг/стік/сигарета	NQ (0,878)	5	1,22 ± 0,72	5	NQ (0,55)	5
Миш'як	нг/стік/сигарета	BDL (0,173)	5	0,822 ± 0,08	5	NQ (1,13)	5
Селен	нг/стік/сигарета	BDL (0,219)	5	BDL (0,219)	5	NQ (0,550)	5
Мідь	нг/стік/сигарета	2,40 ± 1,24	5	10,6 ± 12,6	5	n.a	5
Кобальт	нг/стік/сигарета	NQ (0,878)	5	1,16 ± 0,85	5	n.a	5
Берилій	нг/стік/сигарета	BDL (0,024)	5	BDL (0,024)	5	n.a	5
Залізо	нг/стік/сигарета	25,0 ± 11,3	5	43,6 ± 8,6	5	n.a	5
Цинк	нг/стік/сигарета	NQ (7,19)	5	82,9 ± 34,3	5	n.a	5
Олово	нг/стік/сигарета	NQ (0,876)	5	NQ (0,876)	5	n.a	5
NO	мкг/стік/сигарета	BDL (0,171)	5	13,2 ± 1,1	5	16,8 ± 2,3	5
NO _x	мкг/стік/сигарета	BDL (0,381)	5	14,9 ± 1,2	5	17,3 ± 2,6	5
Піридин	мкг/стік/сигарета	0,279 ± 0,249	5	4,05 ± 0,11	5	7,54 ± 0,26	5
Хінолін	мкг/стік/сигарета	BDL (0,003)	5	NQ ()	5	NQ (0,012)	5
Стирол	мкг/стік/сигарета	NQ (0,039)	5	0,356 ± 0,039	5	0,608 ± 0,058	5
Нітробензол	мкг/стік/сигарета	BDL (0,011)	5	BDL (0,011)	5	NQ (0,188)	5
Бензо(в)фуран	мкг/стік/сигарета	NQ (0,016)	5	0,026 ± 0,003	5	n.a	5
Гідрохінон	мкг/стік/сигарета	BDL (0,062)	5	5,40 ± 0,10	5	8,10 ± 0,48	5
Резорцин	мкг/стік/сигарета	BDL (0,016)	5	NQ (0,055)	5	0,041 ± 0,003	5
Катехол	мкг/стік/сигарета	BDL (0,026)	5	13,0 ± 0,2	5	16,3 ± 1,5	5
Фенол	мкг/стік/сигарета	BDL (0,026)	5	1,46 ± 0,08	5	1,16 ± 0,12	5
p-крезол	мкг/стік/сигарета	BDL (0,010)	5	0,060 ± 0,005	5	0,072 ± 0,008	5
m-Крезол	мкг/стік/сигарета	BDL (0,006)	5	0,029 ± 0,002	5	0,029 ± 0,004	5
o-Крезол	мкг/стік/сигарета	BDL (0,008)	5	0,063 ± 0,004	5	0,069 ± 0,008	5
Пропіленгліколь	мг/стік/сигарета	BDL (0,002)	5	0,395 ± 0,010	5	n.a	5
Етиленгліколь	мг/стік/сигарета	BDL (0,001)	5	0,008 ± 0,001	5	n.a	5
Діетиленгліколь	мг/стік/сигарета	BDL (0,002)	5	BDL (0,002)	5	n.a	5
Гліцидол	мг/стік/сигарета	NQ (0,004)	5	0,038 ± 0,006	5	n.a	5
Гліцерин	мг/стік/сигарета	BDL (0,014)	5	4,28 ± 0,08	5	4,63 ± 0,83	5
Нафталін	нг/стік/сигарета	1,48 ± 0,51	5	4,01 ± 0,37	5	n.a	5
Пірен	нг/стік/сигарета	1,94 ± 0,38	5	5,88 ± 0,23	5	NQ (5,00)	5
Бензо[а]антрацен	нг/стік/сигарета	NQ (0,243)	5	1,54 ± 0,04	5	n.a	5
Хризен	нг/стік/сигарета	0,496 ± 0,097	5	2,45 ± 1,0	5	1,45 ± 0,14	5
Бензо[а]пірен	нг/стік/сигарета	BDL (0,106)	5	0,582 ± 0,024	5	NQ (1,00)	5
Індено(1,2,3-cd)пірен	нг/стік/сигарета	BDL (0,101)	5	NQ (0,337)	5	n.a	5
Бензо[с]фенантрен	нг/стік/сигарета	NQ (0,179)	5	0,643 ± 0,024	5	n.a	5
Циклопента[с,d]пірен	нг/стік/сигарета	BDL (0,081)	5	0,598 ± 0,018	5	n.a	5
Бензо[і]ацеантрилен	нг/стік/сигарета	BDL (0,104)	5	BDL (0,104)	5	n.a	5
1,3-бутадієн	мкг/стік/сигарета	BDL (0,029)	5	0,224 ± 0,016	5	0,294 ± 0,042	5
Ізопрен	мкг/стік/сигарета	BDL (0,041)	5	1,55 ± 0,20	5	2,35 ± 0,39	5
Акрилонітрил	мкг/стік/сигарета	BDL (0,032)	5	NQ (0,107)	5	0,258 ± 0,041	5
Бензол	мкг/стік/сигарета	BDL (0,017)	5	0,457 ± 0,029	5	0,649 ± 0,074	5
Толуол	мкг/стік/сигарета	NQ (0,204)	5	1,33 ± 0,11	5	2,59 ± 0,43	5
Етилбензол	мкг/стік/сигарета	NQ (0,048)	5	0,137 ± 0,017	5	n.a	5
Етиленоксид	мкг/стік/сигарета	BDL (0,119)	5	0,142 ± 0,020	5	0,201 ± 0,014	5
Вінілхлорид	нг/стік/сигарета	BDL (0,657)	5	BDL (0,658)	5	NQ (3,54)	5
Пропіленоксид	нг/стік/сигарета	BDL (15,6)	5	134 ± 5	5	148 ± 18	5
Фуран	мкг/стік/сигарета	NQ (0,094)	5	5,38 ± 0,59	5	n.a	5
Вінілацетат	нг/стік/сигарета	BDL (11,0)	5	66,2 ± 6,9	5	n.a	5
Нітрометан	нг/стік/сигарета	BDL (8,50)	5	38,4 ± 2,3	5	n.a	5
2-Нітропропан	нг/стік/сигарета	BDL (1,45)	5	6,81 ± 1,14	5	n.a	5
5-метилхризен	нг/стік/сигарета	BDL (0,028)	5	BDL (0,028)	5	n.a	5
Бензо(в)флуорантен	нг/стік/сигарета	NQ (0,191)	5	0,793 ± 0,072	5	n.a	5

(продовження на наступній)

Таблиця 5 (Продовження)

Параметр	Одиниця виміру	Порожній зразок СНТ		СНТ, що використовується в цьому дослідженні		СНТ.2.2 FR1, що використовувалась у дослідженні Шаллера та ін. [Schaller et al.]	
		Середнє значення ± СВ	N	Середнє значення ± СВ	N	Середнє значення ± СВ	N
Бензо(к)флуорантен	нг/стік/сигарета	NQ (0,154)	5	0,392 ± 0,057	5	n,a	5
Дібенз[а,h]антрацен	нг/стік/сигарета	NQ (0,154)	5	BDL (0,046)	5	NQ (0,100)	5
Дібенз[а,i]пірен	нг/стік/сигарета	BDL (0,254)	5	BDL (0,254)	5	n,a	5
Дібенз[а,e]пірен	нг/стік/сигарета	BDL (0,125)	5	BDL (0,125)	5	n,a	5
Дібенз[а,i]пірен	нг/стік/сигарета	BDL (0,132)	5	BDL (0,132)	5	n,a	5
Дібенз[а,h]пірен	нг/стік/сигарета	BDL (0,141)	5	BDL (0,141)	5	n,a	5
1-амінонафталін	нг/стік/сигарета	NQ (0,027)	5	0,030 ± 0,013	5	0,077 ± NR	5
2-амінонафталін	нг/стік/сигарета	0,015 ± 0,010	5	0,016 ± 0,008	5	0,046 ± 0,008	5
3-амінобіфеніл	нг/стік/сигарета	0,007 ± 0,003	5	0,005 ± 0,002	5	NQ (0,032)	5
4-амінобіфеніл	нг/стік/сигарета	0,006 ± 0,005	5	NQ (0,005)	5	NQ (0,051)	5
2,6-диметиланлілн	нг/стік/сигарета	BDL (0,006)	5	0,253 ± 0,067	5	n,a	5
Бензидин	нг/стік/сигарета	BDL (0,003)	5	BDL (0,003)	5	n,a	5
o-анізидин	нг/стік/сигарета	BDL (0,023)	5	0,166 ± 0,012	5	n,a	5
o-толуїдин	нг/стік/сигарета	0,099 ± 0,049	5	0,938 ± 0,092	5	1,26 ± 0,19	5
NNN	нг/стік/сигарета	BDL (0,098)	5	11,5 ± 0,8	5	17,2 ± 1,25	5
NAT	нг/стік/сигарета	BDL (0,195)	5	21,0 ± 1,1	5	20,5 ± 0,5	5
NAB	нг/стік/сигарета	BDL (0,054)	5	3,14 ± 0,26	5	NQ (3,15)	5
NNK	нг/стік/сигарета	BDL (0,151)	5	10,6 ± 0,2	5	6,7 ± 0,6	5
Ацетамід	мг/стік/сигарета	BDL (0,024)	5	3,07 ± 0,29	5	4,02 ± 0,18	5
Акриламід	мг/стік/сигарета	BDL (0,061)	5	1,35 ± 0,14	5	1,73 ± 0,12	5
Кавова кислота	мг/стік/сигарета	BDL (0,478)	5	BDL (0,478)	5	n,a	5
Етилуретан	нг/стік/сигарета	BDL (1,93)	5	BDL (1,93)	5	n,a	5
IQ	нг/стік/сигарета	BDL (0,164)	5	NQ (0,547)	5	n,a	5
Glu-P-2	нг/стік/сигарета	BDL (0,120)	5	BDL (0,120)	5	n,a	5
Glu-P-1	нг/стік/сигарета	BDL (0,095)	5	BDL (0,095)	5	n,a	5
PhIP	нг/стік/сигарета	BDL (0,146)	5	BDL (0,146)	5	n,a	5
Trp-P-2	нг/стік/сигарета	BDL (0,113)	5	BDL (0,113)	5	n,a	5
AaC	нг/стік/сигарета	NQ (0,443)	5	0,800 ± 0,295	5	n,a	5
Trp-P-1	нг/стік/сигарета	BDL (0,098)	5	BDL (0,098)	5	n,a	5
MeAaC	нг/стік/сигарета	BDL (0,115)	5	BDL (0,115)	5	n,a	5
Діамід	нг/стік/сигарета	BDL (2,04)	5	BDL (2,04)	5	n,a	5
NDMA	нг/стік/сигарета	BDL (0,178)	5	BDL (0,178)	5	n,a	5
NEMA	нг/стік/сигарета	BDL (0,254)	5	BDL (0,254)	5	n,a	5
NDEA	нг/стік/сигарета	BDL (0,308)	5	BDL (0,308)	5	n,a	5
NDiPA	нг/стік/сигарета	BDL (0,273)	5	BDL (0,273)	5	n,a	5
NDPA	нг/стік/сигарета	BDL (0,075)	5	BDL (0,075)	5	n,a	5
NDBA	нг/стік/сигарета	BDL (0,166)	5	BDL (0,166)	5	n,a	5
NPIP	нг/стік/сигарета	BDL (0,086)	5	BDL (0,086)	5	n,a	5
NPYR	нг/стік/сигарета	BDL (0,198)	5	BDL (0,198)	5	n,a	5
NMOR	нг/стік/сигарета	BDL (0,275)	5	BDL (0,275)	5	n,a	5
NDELA	нг/стік/сигарета	NQ (0,142)	5	NQ (0,142)	5	n,a	5
Норнікотин	нг/стік/сигарета	BDL (47,6)	5	320 ± 28	5	n,a	5
Анатабін	нг/стік/сигарета	BDL (47,6)	5	2165 ± 110	5	n,a	5
Анабазин	нг/стік/сигарета	BDL (57,4)	5	608 ± 43	5	n,a	5
Міосмін	нг/стік/сигарета	BDL (88,8)	5	1080 ± 37	5	n,a	5
Нікотин-N-оксид	нг/стік/сигарета	BDL (174)	5	NQ (581)	5	n,a	5
Котинін	нг/стік/сигарета	77,4 ± 22,5	5	996 ± 55	5	n,a	5
β-Нікотирин	нг/стік/сигарета	BDL (38,1)	5	NQ (127)	5	n,a	5
Формальдегід	мкг/стік/сигарета	1,46 ± 0,22	5	5,93 ± 0,87	5	5,53 ± 0,69	5
Ацетальдегід	мкг/стік/сигарета	2,23 ± 0,55	5	327 ± 20	5	219 ± 31	5
Ацетон	мкг/стік/сигарета	NQ (0,526)	5	30,2 ± 3,0	5	40,7 ± 6,2	5
Пропіональдегід	мкг/стік/сигарета	NQ (0,403)	5	16,7 ± 1,3	5	14,5 ± 2,4	5
Акролеїн	мкг/стік/сигарета	BDL (0,232)	5	9,98 ± 1,13	5	11,3 ± 2,4	5
Ізобутиральдегід	мкг/стік/сигарета	BDL (0,041)	5	20,2 ± 1,7	5	26,1 ± 2,3	5
Метилетилкетон	мкг/стік/сигарета	BDL (0,128)	5	6,80 ± 0,75	5	7,18 ± 1,19	5
n-Бутиральдегід	мкг/стік/сигарета	BDL (0,088)	5	1,20 ± 0,13	5	n,a	5
Кротоновий альдегід	мкг/стік/сигарета	BDL (0,156)	5	2,00 ± 0,40	5	4,14 ± 0,23	5
Ацетоїн	мкг/стік/сигарета	1,24 ± 0,55	5	9,97 ± 1,53	5	n,a	5
Глюксаль	мкг/стік/сигарета	BDL (0,063)	5	BDL (0,063)	5	n,a	5
Метилглюксаль	мкг/стік/сигарета	BDL (0,038)	5	22,5 ± 1,7	5	n,a	5
2,3-бутандіон	мкг/стік/сигарета	0,908 ± 0,410	5	66,3 ± 9,5	5	n,a	5
2,3-пентадіон	мкг/стік/сигарета	0,522 ± 0,205	5	12,8 ± 1,4	5	n,a	5
Аліловий спирт	мкг/стік/сигарета	NQ (0,045)	5	5,13 ± 0,47	5	n,a	5

Скорочення: СНТ = система для нагрівання тютюну; СВ = стандартне відхилення; N = кількість перевірених технічних реплік; BDL = нижче межі виявлення; NQ = не піддається кількісному визначенню; NR = не повідомляється; NNN=N-нітрозонорнікотин; NAT=N-нітрозоанатабін; NAB=N-нітросоанабазин; NNK = 4-(метилнітросаміно)-1-(3-піридил)-1-бутанон; NDMA=N-нітрозодиметиламін; NEMA=N-нітрозометилетиламін; NDEA=N-нітрозодіетиламін; NDiPA = N-нітро-натрійізопропіламін; NDPA=N-нітрозодипропіламін; NDBA=N-нітрозодибутіламін; NPIP=N-нітрозопіперидин; NPYR=N-нітрозопіролін; NmOR=N-нітрозоморфолін; NDELA=N-нітрозодіетаноламін. IQ = 2-аміно-3-метилімідазо[4,5-f]хінолін; Glu-P-2 = 2-амінодипіридо[1,2-a:3',2'-d]імідазол; Glu-P-1 = 2-аміно-6-метилдипіридо[1,2-a:3',2'-d]імідазол; PhIP = 2-аміно-1-метил-6-фенілїмідазо[4,5-b]піридин; Trp-P-2 = 1-метил-3-аміно-5Н-піридо[4,3-b]індол; A-a-C = 2-аміно-9Н-піридо[2,3-b]індол; Trp-P-1 = 3-аміно-1,4-диметил-5Н-піридо[4,3-b]індол; MeA-a-C = 2-аміно-3-метил-9Н-піридо[2,3-b]індол.

Таблиця 6

Вміст 9 особливо небезпечних речовин згідно з переліком Робочої групи ВООЗ з регулювання тютюнових виробів у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F і викидах ПНТ1.0 представлено в перерахунку на один стік/сигарету.

Параметр	Одиниця виміру	ПНТ1.0(Т)			ПНТ1.0(М)	
		Середнє значення в перерахунку на стік/сигарету	Середнє значення в перерахунку на стік/сигарету	%Red _n в перерахунку на стік/сигарету	Середнє значення в перерахунку на стік/сигарету	%Red _n в перерахунку на стік/сигарету
1,3-бутадиєн	мкг	108	BDL (0,029)	>99,9	BDL (0,029)	>99,9
Ацетальдегід	мкг	17,6	NQ (0,027)	99,9	NQ (0,027)	99,8
Акролеїн	мкг	13,2	NQ (0,012)	>99,9	BDL (0,004)	>99,9
Бензол	мкг	2,29	NQ (0,005)	99,8	NQ (0,005)	99,9
Бензо[а]пірен	нг	2200	111	95,0	115	94,8
СО	мг	157	2,22	98,6	2,50	98,2
Формальдегід	мкг	19,5	BDL (0,032)	99,9	BDL (0,032)	99,9
NNK	нг	32,5	4,01	87,7	5,01	84,6
NNN	нг	78,6	NQ (0,056)	>99,9	NQ (0,056)	>99,9
			Середнє значення	97,0.	Середнє значення	97,1.

^a Значення розраховані для кожного аналізу з використанням даних паралельного тесту (N = 5) Скорочення: TobReg = Робоча група ВООЗ з регулювання тютюнових виробів; ПНТ = продукт для нагрівання тютюну; (Т) = варіант стіку/сигарети без ментолу; (М) = варіант стіку/сигарети з ментолом; %Red_n = зниження концентрації як процентна частка від вмісту у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F; NNK = 4-(метилнітрозаміно)-1-(3-піридил)-1-бутанон; NNN=N-нітрозонорнікотин; BDL = нижче межі виявлення; NQ = не піддається кількісному визначенню.

Таблиця 7

Вміст 18 особливо небезпечних речовин згідно зі скороченим переліком Управління санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F і викидах ПНТ1.0 представлено в перерахунку на один стік/сигарету.

Параметр	Одиниця виміру	ПНТ1.0(Т)			ПНТ1.0(М)	
		Середнє значення в перерахунку на стік/сигарету	Середнє значення в перерахунку на стік/сигарету	%Red _n в перерахунку на стік/сигарету	Середнє значення в перерахунку на стік/сигарету	%Red _n в перерахунку на стік/сигарету
1,3-бутадиєн	мкг	108	BDL (0,029)	>99,9	BDL (0,029)	>99,9
1-амінонафталін	нг	17,6	NQ (0,027)	99,9	NQ (0,027)	99,8
2-амінонафталін	нг	13,2	NQ (0,012)	>99,9	BDL (0,004)	>99,9
4-амінобіфеніл	нг	2,29	NQ (0,005)	99,8	NQ (0,005)	99,9
Ацетальдегід	мкг	2200	111	95,0	115	94,8
Акролеїн	мкг	157	2,22	98,6	2,50	98,2
Акрилонітрил	мкг	19,5	BDL (0,032)	99,9	BDL (0,032)	99,9
Аміак	мкг	32,5	4,01	87,7	5,01	84,6
Бензол	мкг	78,6	NQ (0,056)	>99,9	NQ (0,056)	>99,9
Бензо[а]пірен	нг	12,9	NQ (0,354)	97,7	0,356	97,2
СО	мг	32,0	NQ (0,223)	99,8	NQ (0,223)	99,6
Кроtonовий альдегід	мкг	42,0	0,567	98,7	0,767	98,2
Формальдегід	мкг	54,10	3,29	93,9	3,51	93,5
Ізопрен	мкг	887	NQ (0,135)	>99,9	NQ (0,135)	>99,9
Нікотин	мг	2,02	0,462	77,1	0,365	81,9
NNK	нг	281	6,61	97,7	5,32	98,1
NNN	нг	263	24,7	90,6	19,1	92,8
Толуол	мкг	131	NQ (0,204)	99,9	NQ (0,204)	99,9
			Середнє значення	96,4.	Середнє значення	96,6.
			Середнє значення, не враховуючи нікотин	97,6.	Середнє значення, не враховуючи нікотин	97,4.

^a Значення розраховані для кожного аналізу з використанням даних паралельного тесту (N = 5) Скорочення: ПНТ = продукт для нагрівання тютюну; (Т) = варіант стіку/сигарети без ментолу; (М) = варіант стіку/сигарети з ментолом; %Red_n = зниження концентрації як процентна частка від вмісту у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F; NNK = 4-(метилнітрозаміно)-1-(3-піридил)-1-бутанон; NNN=N-нітрозонорнікотин; BDL = нижче межі виявлення; NQ = не піддається кількісному визначенню.

Таблиця 8

Вміст 9 особливо небезпечних речовин згідно з переліком Робочої групи ВООЗ з регулювання тютюнових виробів у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F і викидах ПНТ1.0 представлено в перерахунку на один стік/сигарету і одну затяжку (під час розрахунку зменшення кількості токсикантів у затяжці).

Параметр	Одиниця виміру	ПНТ1.0(Т)					ПНТ1.0(М)		
		Середнє значення в перерахунку на стік/сигарету	Середнє значення в перерахунку на затяжку ^a	Середнє значення в перерахунку на стік/сигарету	Середнє значення в перерахунку на затяжку ^a	%Red _n в перерахунку на затяжку	Середнє значення в перерахунку на стік/сигарету	Середнє значення в перерахунку на затяжку ^a	%Red _n в перерахунку на затяжку
1,3-бутадиєн	мкг	108	11,1	BDL (0,029)	0,002	>99,9	BDL (0,029)	0,002	>99,9
Ацетальдегід	мкг	2200	208	111	13,9	93,3	115	14,4	93,1
Акролеїн	мкг	157	14,9	2,22	0,278	98,1	2,50	0,313	97,9
Бензол	мкг	78,6	8,08	NQ (0,056)	0,005	99,9	NQ (0,056)	0,005	99,9
Бензо[а]пірен	нг	12,9	1,26	NQ (0,354)	0,037	97,1	0,356	0,045	96,5
СО	мг	32,0	2,99	NQ (0,223)	0,010	99,7	NQ (0,223)	0,015	99,5
Формальдегід	мкг	54,10	5,11	3,29	0,411	92,0	3,51	0,439	91,4
NNK	нг	281	26,6	6,61	0,826	96,9	5,32	0,665	97,5
NNN	нг	263	24,8	24,7	3,09	87,6	19,1	2,39	90,4
					Середнє значення	96,1.		Середнє значення	96,2.

^a Значення розраховані для кожного аналізу з використанням даних паралельного тесту (N = 5) Скорочення: TobReg = Робоча група ВООЗ з регулювання тютюнових виробів; ПНТ = продукт для нагрівання тютюну; (Т) = варіант стіку/сигарети без ментолу; (М) = варіант стіку/сигарети з ментолом; %Red_n = зниження концентрації як процентна частка від вмісту у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F; NNK = 4-(метилнітрозаміно)-1-(3-піридил)-1-бутанон; NNN=N-нітрозонорнікотин; BDL = нижче межі виявлення; NQ = не піддається кількісному визначенню.

Таблиця 9

Вміст 18 особливо небезпечних речовин згідно зі скороченим переліком Управління санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F і викидах ПНТ1.0 представлено в перерахунку на один стік/сигарету і одну затяжку (під час розрахунку зменшення кількості токсикантів у затяжці).

Параметр	Одиниця виміру	3R4F		ПНТ1.0 (Т)		ПНТ1.0 (М)		%Red _p в перерахунку на затяжку	%Red _p в перерахунку на затяжку
		Середнє значення в перерахунку на стік/сигарету	Середнє значення в перерахунку на затяжку ^a	Середнє значення в перерахунку на стік/сигарету	Середнє значення в перерахунку на затяжку ^a	Середнє значення в перерахунку на стік/сигарету	Середнє значення в перерахунку на затяжку ^a		
1,3-бутадиєн	мкг	108	11,1	BDL (0,029)	0,002	BDL (0,029)	0,002	>99,9	>99,9
1-амінонафталін	нг	17,6	1,61	NQ (0,027)	0,003	NQ (0,027)	0,003	99,8	99,8
2-амінонафталін	нг	13,2	1,20	NQ (0,012)	0,001	BDL (0,004)	4,00E-04	>99,9	>99,9
4-амінобіфеніл	нг	2,29	0,210	NQ (0,005)	0,001	NQ (0,005)	2,50E-04	99,7	99,9
Ацетальдегід	мкг	2200	208	111	13,9	115	14,4	93,3	93,1
Акролеїн	мкг	157	14,9	2,22	0,278	2,50	0,313	98,1	97,9
Акрилонітрил	мкг	19,5	2,00	BDL (0,032)	0,002	BDL (0,032)	0,002	99,9	99,9
Аміак	мкг	32,5	2,97	4,01	0,502	5,01	0,627	83,1	78,9
Бензол	мкг	78,6	8,08	NQ (0,056)	0,005	NQ (0,056)	0,005	99,9	99,9
Бензо[а]пірен	нг	12,9	1,26	NQ (0,354)	0,037	0,356	0,045	97,1	96,5
СО	мг	32,0	2,99	NQ (0,223)	0,010	NQ (0,223)	0,015	99,7	99,5
Кротоновий альдегід	мкг	42,0	3,96	0,567	0,071	0,767	0,096	98,2	97,6
Формальдегід	мкг	54,10	5,11	3,29	0,411	3,51	0,439	92,0	91,4
Ізопрен	мкг	887	91,2	NQ (0,135)	0,008	NQ (0,135)	0,009	>99,9	>99,9
Нікотин	мг	2,02	0,185	0,462	0,058	0,365	0,046	68,7	75,3
NNK	нг	281	26,6	6,61	0,826	5,32	0,665	96,9	97,5
NNN	нг	263	24,8	24,7	3,09	19,1	2,39	87,6	90,4
Толуол	мкг	131	13,5	NQ (0,204)	0,022	NQ (0,204)	0,017	99,8	99,9
				Середнє значення		Середнє значення		95,2	95,4
				Середнє значення, не враховуючи нікотин		Середнє значення, не враховуючи нікотин		96,8	96,6

^a Значення розраховані для кожного аналізу з використанням даних паралельного тесту (N = 5) Скорочення: ПНТ = продукт для нагрівання тютюну; (Т) = варіант стіку/сигарети без ментолу; (М) = варіант стіку/сигарети з ментолом; %Red_p = зниження концентрації як процентна частка від вмісту у вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F; NNK = 4-(метилнітрозаміно)-1-(3-піридил)-1-бутанон; NNN=N-нітрозонорнікотин; BDL = нижче межі виявлення; NQ = не піддається кількісному визначенню.

У якості додаткового прикладу на Малюнку 2 порівнюється відносний вміст 37 речовин, про які у своєму дослідженні раніше доповідали Шалер та ін. [Schaller et al.] (2016), у викидах ПНТ1.0 і вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F.

Результати порівняння концентрацій 102 детермінантів ПНТ1.0, щодо яких було отримано цифрові дані, у викидах ПНТ1.0 і вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F у перерахунку на стік/сигарету, вказують на їхнє зменшення на більше ніж 95%. Порівняння проводили без віднімання значень порожніх зразків/зразків повітря та з використанням інтенсивного методу прокурювання (55 мл, 2 с, 30 с) Міністерства охорони здоров'я Канади, згідно з яким утворюється більше викидів компонентів, ніж за режиму, передбаченого стандартами ISO. Багато хто вважає метод ISO таким, що забезпечує умови мінімального впливу, а інтенсивний метод Міністерства охорони здоров'я Канади таким, що відтворює вплив близький до максимального (Baker, 2002).

Дані щодо 24 вимірюваних речовин (Таблиця 3) було виключено з розрахунків зменшення вмісту токсикантів, оскільки їхні концентрації у викидах ПНТ1.0 або вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F, або у викидах ПНТ1.0 і вдихуваному димі еталонної сигарети 3R4F були нижчими за межі кількісного визначення. Концентрації семи вимірюваних речовин – хрому, пропіленгліколю, гліцидолу, гліцерину, N-нітрозодіетаноламіну, ацетоїну та метилглюксало – були вищими у викидах ПНТ1.0 порівняно з вдихуваним димом еталонної сигарети 3R4F. Три з них пов'язані з навмисними хімічними модифікаціями ПНТ1.0 (тобто додавання пропіленгліколю та гліцерину до вмісту стіку), а решта були присутніми у кількості, близькій до межі кількісного визначення. Крім того, відносно кількох речовин результати дослідження зразків були подібними до значень порожніх зразків.

У Таблиці 4 продемонстровано важливість вимірювання фонових рівнів контрольних речовин у лабораторному повітрі або реагентах, як це зазначено у дослідженні, проведеному Маргхемом та ін. [Margham et al.] (2016) з метою вимірювання аерозолу електронних сигарет, щоб можна було пояснити отримані результати щодо вмісту речовин. Для більшості

речовин значення, отримані за результатами контрольного вимірювання як ПНТ, так і сигарет, дорівнювали або були нижчими за межі кількісного визначення або виявлення аналітичних методів (113 з 126 речовин за результатами одного або обох вимірювань). Було повідомлено про вимірні значення концентрацій заліза, піридину,

п'яти поліароматичних вуглеводнів, о-толуїдину, формальдегіду, ацетальдегіду та 2,3-бутандіону. Хоча й вплив лабораторного повітря як джерела забруднення є меншим за результатами вимірювання ПНТ, оскільки робиться менше затяжок (8 або 12 на один стік з загальом 50 або 60 на один розрахунок) порівняно з електронними сигаретами (200 у дослідженні Маргхема та ін. [Margham et al.] (2016)), це свідчить про те, що низькі рівні речовин у викидах таких продуктів, як ПНТ1.0, неможливо чітко оцінити без знання їхніх фонових рівнів.

З метою контролю якості було оцінено концентрації тих самих вимірюваних величин, які спостерігаються у викидах наявного у продажу продукту для нагрівання тютюну – СНТ, а отримані результати (Таблиця 5) порівняли зі значеннями, про які раніше повідомили у своєму дослідженні Шаллер та ін. [Schaller et al.] (2016). Порівнянність результатів додатково продемонстровано на Малюнку 2, де представлено дані по тих самих речовинах, що й на Малюнку 7 дослідження Шаллера та ін. [Schaller et al.]. Для визначення вмісту води (і опосередковано вільних від нікотину сухих твердих частинок) у цьому дослідженні використовувалася методологія на основі методу T-115 Міністерства охорони здоров'я Канади, оскільки дані, опубліковані Шаллером та ін. [Schaller et al.], було отримано за допомогою окремого методу з екстрагуванням у держателі (Ghosh and Jeannot, 2014), який, як вважається, призводить до отримання вищих результатів щодо вмісту води і, відповідно, нижчих результатів щодо вмісту вільних від нікотину сухих твердих частинок. З іншого боку, враховуючи, що зразки продуктів було відібрано в різний час і проаналізовано в різних лабораторіях, збіг між спостережуваними і опублікованими значеннями був прийнятним і підтвердив достовірність вимірювань.

Дані щодо хімічного складу свідчать про те, що цей механізм нагрівання тютюну утворює значно нижчі рівні небезпечних і потенційно небезпечних компонентів ніж ті, які спостерігаються у вдихуваному сигаретному димі. Для деяких речовин результати були нижчими за межу кількісного визначення або межу виявлення методу, що свідчить про те, що застосування до цього нового класу тютюнових виробів деяких аналітичних методів, які є похідними відносно методів дослідження сигаретного диму, може мати певні недоліки, а тому такі методи потребуватимуть вдосконалення, якщо буде необхідно застосовувати нижчу межу кількісного визначення і межу виявлення. Вплив результатів порожніх зразків також вказує на необхідність управління фоновим вмістом деяких аналітів під час випробування продуктів, подібних до ПНТ1.0.

Таблиця 10

Вміст 126 вимірюваних речовин у вдихуваному димі еталонної сигарети 1R6F і викидах ПНТ1.0 з розрахованим зменшенням (в середньому) їхнього вмісту у викидах ПНТ1.0 порівняно з викидами еталонної сигарети 1R6F в перерахунку на один стік/сигарету.

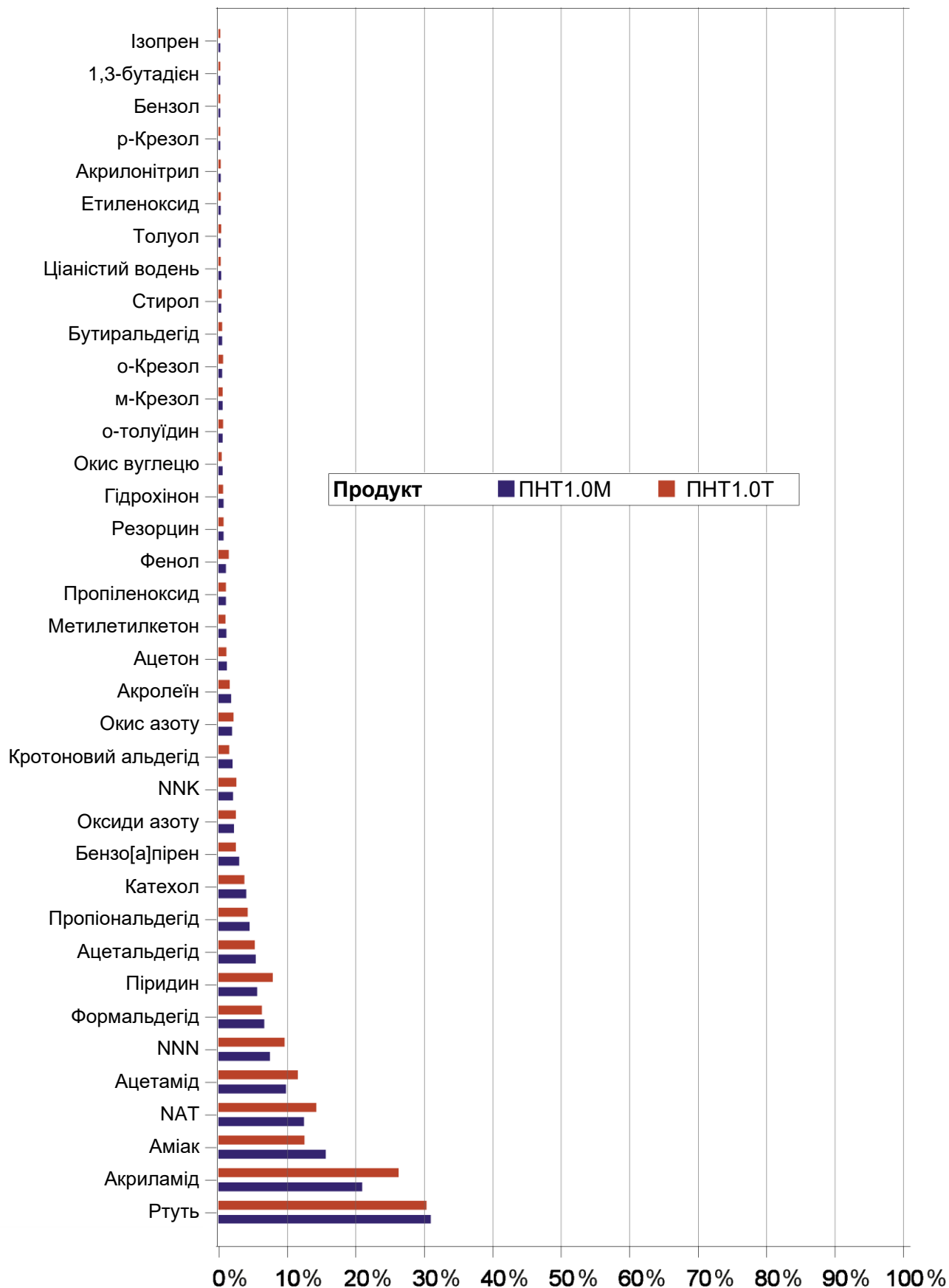
Параметр	Одиниця виміру	1R6F		ПНТ1.0(T)		ПНТ1.0(M)			
		Середнє значення ± СВ	N	Середнє значення ± СВ	N	%Red _n порівняно з 3R4F	Середнє значення ± СВ	N	%Red _n порівняно з 3R4F
Кількість затяжок	/стік/сигарета	8,8 ± 0,3	5	8±0	5		8 ± 0	5	
Загальна кількість твердих частинок	мг/стік/сигарета	45,5 ± 2,2	5	26,1 ± 1,1	5		25,3 ± 1,4	5	
Вода	мг/стік/сигарета	14,4 ± 1,0	5	12,1 ± 1,1	5		10,7±0,9	5	
Нікотин	мг/стік/сигарета	2,00 ± 0,08	5	0,462 ± 0,037	5	76,9	0,365 ± 0,021	5	81,8
NFDPDM	мг/стік/сигарета	29,2 ± 1,5	5	13,6±1,2	5	53,5	14,2±1,3	5	51,3
СО	мг/стік/сигарета	29,4 ± 0,6	5	NQ (0,223)	5	99,7	NQ (0,223)	5	99,6
СО ₂	мг/стік/сигарета	72,4 ± 1,5	5	2,05 ± 0,10	5	97,2	1,99±0,08	5	97,3
Аміак	мкг/стік/сигарета	34,7 ± 2,0	5	4,01 ± 0,99	5	88,4	5,02 ± 0,49	5	85,5
Ціаністий водень	мкг/стік/сигарета	332 ± 43	5	BDL (0,525)	5	99,9	NQ (1,75)	5	99,8
Ртуть	нг/стік/сигарета	3,89 ± 0,32	5	1,28±0,13	5	67,0	1,31 ± 0,12	5	66,3
Кадмій	нг/стік/сигарета	88,8 ± 1,9	5	BDL (0,162)	5	99,9	BDL (0,162)	5	99,9
Свинець	нг/стік/сигарета	28,1 ± 0,6	5	11,6±8,7	5	58,6	9,74 ± 6,14	5	65,3
Хром	нг/стік/сигарета	NQ (4,51)	5	4,34 ± 1,14	5	-27,2	4,06 ± 0,15	5	-18,9
Нікель	нг/стік/сигарета	NQ (9,49)	5	NQ (0,878)	5	NC	NQ (0,878)	5	NC
Миш'як	нг/стік/сигарета	7,57 ± 0,27	5	NQ (0,576)	5	94,3	NQ (0,576)	5	95,1
Селен	нг/стік/сигарета	NQ (2,63)	5	NQ (0,731)	5	NC	NQ (0,731)	5	NC
Мідь	нг/стік/сигарета	30,6 ± 2,0	5	NQ (2,19)	5	93,1	4,43 ± 3,18	5	85,5
Кобальт	нг/стік/сигарета	BDL (0,893)	5	NQ (0,878)	5	NC	NQ (0,878)	5	NC
Берилій	нг/стік/сигарета	BDL (0,936)	5	BDL (0,024)	5	NC	BDL (0,024)	5	NC
Залізо	нг/стік/сигарета	35,5 ± 4,7	5	19,3 ± 5,4	5	45,7	22,1 ± 6,1	5	37,7
Цинк	нг/стік/сигарета	336 ± 8	5	21,5±15,7	5	93,6	20,1 ± 7,8	5	94,0
Олово	нг/стік/сигарета	BDL (6,04)	5	NQ (0,876)	5	NC	NQ (0,876)	5	NC
NO	мкг/стік/сигарета	357 ± 24	5	9,60 ± 0,79	5	97,3	8,61 ± 0,86	5	97,6
NO _x	мкг/стік/сигарета	405 ± 26	5	12,9±0,8	5	96,8	11,4±0,8	5	97,2
Піридин	мкг/стік/сигарета	30,4 ± 2,4	5	2,21 ± 0,29	5	92,7	1,55±0,25	5	94,9
Хінолін	мкг/стік/сигарета	0,427 ± 0,009	5	NQ (0,011)	5	98,6	BDL (0,003)	5	99,6
Стирол	мкг/стік/сигарета	14,8 ± 0,9	5	NQ (0,039)	5	99,8	NQ (0,039)	5	99,8
Нітробензол	мкг/стік/сигарета	BDL (0,038)	5	BDL (0,011)	5	NC	BDL (0,011)	5	NC
Бензо(в)фуран	мкг/стік/сигарета	0,705 ± 0,034	5	NQ (0,016)	5	98,5	NQ (0,016)	5	98,5
Гідрохінон	мкг/стік/сигарета	88,7 ± 6,2	5	0,347 ± 0,035	5	99,6	0,403 ± 0,033	5	99,5
Резорцин	мкг/стік/сигарета	1,80±0,15	5	BDL (0,016)	5	99,6	BDL (0,016)	5	99,6
Катехол	мкг/стік/сигарета	91,8 ± 5,3	5	3,11 ± 0,49	5	96,6	3,37 ± 0,17	5	96,3
Фенол	мкг/стік/сигарета	12,5 ± 0,6	5	0,174 ± 0,022	5	98,6	0,116±0,017	5	99,1
p-крезол	мкг/стік/сигарета	7,77 ± 0,41	5	BDL (0,010)	5	99,9	BDL (0,010)	5	99,9
m-Крезол	мкг/стік/сигарета	2,98 ± 0,07	5	NQ (0,019)	5	99,6	NQ (0,019)	5	99,6
o-Крезол	мкг/стік/сигарета	3,12±0,13	5	NQ (0,026)	5	99,5	NQ (0,026)	5	99,6
Пропіленгліколь	мг/стік/сигарета	0,410 ± 0,039	5	0,390 ± 0,023	5	4,78	0,206 ± 0,014	5	49,9
Етиленгліколь	мг/стік/сигарета	0,038 ± 0,002	5	0,011 ± 0,000	5	71,1	0,008 ± 0,001	5	79,1
Діетиленгліколь	мг/стік/сигарета	BDL (0,004)	5	BDL (0,002)	5	NC	BDL (0,002)	5	NC
Гліцидол	мг/стік/сигарета	NQ (0,006)	5	0,044 ± 0,003	5	-773	0,040 ± 0,004	5	-705
Гліцерин	мг/стік/сигарета	1,36±0,05	5	3,02 ± 0,26	5	-122	2,38 ± 0,21	5	-74,6
Нафталін	нг/стік/сигарета	1047 ± 76	5	2,2 ± 0,42	5	99,8	2,90 ± 0,34	5	99,7
Пірен	нг/стік/сигарета	68,4 ± 10,3	5	8,97 ± 0,82	5	86,9	10,3±0,7	5	85,0
Бензо[а]антрацен	нг/стік/сигарета	21,4±3,2	5	1,54±0,11	5	92,8	1,58 ± 0,09	5	92,6
Хризен	нг/стік/сигарета	29,8 ± 5,0	5	2,61 ± 0,27	5	91,2	2,64 ± 0,20	5	91,1
Бензо[а]пірен	нг/стік/сигарета	11,4±1,7	5	NQ (0,354)	5	97,4	0,356 ± 0,079	5	96,9
Індено(1,2,3-cd)пірен	нг/стік/сигарета	3,73 ± 0,52	5	NQ (0,337)	5	96,8	NQ (0,337)	5	95,9
Бензо[с]фенантрин	нг/стік/сигарета	8,31 ± 1,40	5	0,874 ± 0,171	5	89,5	0,710±0,055	5	91,5
Циклопента[с,d]пірен	нг/стік/сигарета	6,40 ± 1,09	5	0,515 ± 0,036	5	91,9	0,534 ± 0,049	5	91,6
Бензо[і]ацантрин	нг/стік/сигарета	2,09 ± 0,30	5	BDL (0,104)	5	97,5	BDL (0,104)	5	97,5
1,3-бутадиєн	мкг/стік/сигарета	114±4	5	BDL (0,029)	5	>99,9	BDL (0,029)	5	>99,9
Ізопрен	мкг/стік/сигарета	859 ± 46	5	NQ (0,135)	5	>99,9	NQ (0,135)	5	>99,9
Акрилонітрил	мкг/стік/сигарета	18,5±1,9	5	BDL (0,032)	5	99,9	BDL (0,032)	5	99,9
Бензол	мкг/стік/сигарета	76,0 ± 5,8	5	NQ (0,056)	5	>99,9	NQ (0,056)	5	>99,9
Толуол	мкг/стік/сигарета	116±9	5	NQ (0,204)	5	99,8	NQ (0,204)	5	99,9
Етилбензол	мкг/стік/сигарета	11,9±1,0	5	NQ (0,048)	5	99,8	NQ (0,048)	5	99,8
Етиленоксид	мкг/стік/сигарета	17,2 ± 0,9	5	BDL (0,036)	5	99,9	BDL (0,036)	5	99,9
Вінілхлорид	нг/стік/сигарета	109±19	5	BDL (0,657)	5	99,7	BDL (0,657)	5	99,7
Пропіленоксид	нг/стік/сигарета	1692 ± 232	5	BDL (15,6)	5	99,5	BDL (15,6)	5	99,5
Фуран	мкг/стік/сигарета	59,9 ± 5,9	5	1,16±0,01	5	98,1	1,17 ± 0,06	5	98,1
Вінілацетат	нг/стік/сигарета	614 ± 54	5	BDL (11,0)	5	99,1	BDL (11,0)	5	99,1
Нітрометан	нг/стік/сигарета	555 ± 57	5	42,4 ± 1,5	5	92,4	38,1 ± 1,1	5	93,1
2-Нітропропан	нг/стік/сигарета	54,0 ± 9,7	5	BDL (1,45)	5	98,7	BDL (1,45)	5	98,7
5-метилхризен	нг/стік/сигарета	0,601 ± 0,105	5	BDL (0,028)	5	97,7	BDL (0,028)	5	97,7
Бензо(в)флуорантен	нг/стік/сигарета	10,6±1,4	5	0,548 ± 0,091	5	94,8	0,606 ± 0,091	5	94,3

(продовження на наступній)

Таблиця 10 (Продовження)

Параметр	Одиниця виміру	1R6F		ПНТ1.0(T)		ПНТ1.0(M)			
		Середнє значення ± СВ	N	Середнє значення ± СВ	N	%Redn порівняно з 3R4F	Середнє значення ± СВ	N	%Redn порівняно з 3R4F
Бензо(к)флуорантен	нг/стік/сигарета	3,10 ± 0,43	5	0,255 ± 0,046	5	91,8	0,290 ± 0,060	5	90,7
Дібенз[а, h]антрацен	нг/стік/сигарета	0,892 ± 0,086	5	BDL (0,046)	5	95,7	NQ (0,154)	5	94,0
Дібенз[а, l]пірен	нг/стік/сигарета	BDL (0,423)	5	BDL (0,254)	5	NC	BDL (0,254)	5	NC
Дібенз[а, e]пірен	нг/стік/сигарета	NQ (0,696)	5	BDL (0,125)	5	NC	BDL (0,125)	5	NC
Дібенз[а, i]пірен	нг/стік/сигарета	1,47 ± 0,09	5	BDL (0,132)	5	95,5	BDL (0,132)	5	95,5
Дібенз[а, h]пірен	нг/стік/сигарета	BDL (0,236)	5	BDL (0,141)	5	NC	BDL (0,141)	5	94,0
1-амінонафталін	нг/стік/сигарета	17,2 ± 0,6	5	NQ (0,027)	5	99,8	NQ (0,027)	5	99,9
2-амінонафталін	нг/стік/сигарета	11,8 ± 0,9	5	NQ (0,012)	5	>99,9	BDL (0,004)	5	>99,9
3-амінобіфеніл	нг/стік/сигарета	3,07 ± 0,25	5	NQ (0,004)	5	>99,9	BDL (0,001)	5	>99,9
4-амінобіфеніл	нг/стік/сигарета	1,91 ± 0,23	5	NQ (0,005)	5	99,8	NQ (0,005)	5	99,9
2,6-диметиланілін	нг/стік/сигарета	7,13 ± 0,58	5	0,040 ± 0,004	5	99,4	0,029 ± 0,008	5	99,6
Бензидин	нг/стік/сигарета	BDL (0,010)	5	BDL (0,003)	5	NC	BDL (0,003)	5	NC
o-анізидин	нг/стік/сигарета	4,00 ± 0,14	5	0,244 ± 0,031	5	93,9	0,153 ± 0,023	5	96,2
o-толуїдин	нг/стік/сигарета	84,6 ± 2,2	5	0,371 ± 0,045	5	99,6	0,310 ± 0,020	5	99,6
Нітрозонорнікотин (NNN)	нг/стік/сигарета	191 ± 8	5	24,7 ± 2,5	5	87,0	19,1 ± 2,2	5	90,0
Нітрозанатабін (NAT)	нг/стік/сигарета	246 ± 12	5	37,7 ± 3,4	5	84,7	32,8 ± 3,2	5	86,7
Нітрозанабазин (NAB)	нг/стік/сигарета	21,3 ± 1,6	5	4,70 ± 0,39	5	77,9	4,05 ± 0,39	5	81,0
4-(N-нітрозометиламіно)-1-(3-піридил)-1-бутанон (NNK)	нг/стік/сигарета	208 ± 7	5	6,61 ± 0,86	5	96,8	5,32 ± 0,89	5	97,4
Ацетамід	мкг/стік/сигарета	14,0 ± 1,0	5	1,34 ± 0,05	5	90,4	1,15 ± 0,05	5	91,8
Акриламід	мкг/стік/сигарета	4,49 ± 0,34	5	1,04 ± 0,04	5	76,8	0,829 ± 0,039	5	81,5
Кавова кислота	мкг/стік/сигарета	BDL (1,19)	5	BDL (0,478)	5	NC	BDL (0,478)	5	NC
Етилдуретан	нг/стік/сигарета	BDL (6,43)	5	BDL (1,93)	5	NC	BDL (1,93)	5	NC
IQ	нг/стік/сигарета	7,57 ± 1,06	5	BDL (0,164)	5	98,9	BDL (0,164)	5	98,2
Glu-P-2	нг/стік/сигарета	BDL (0,301)	5	BDL (0,120)	5	NC	BDL (0,120)	5	NC
Glu-P-1	нг/стік/сигарета	BDL (0,239)	5	BDL (0,095)	5	NC	BDL (0,095)	5	NC
PhIP	нг/стік/сигарета	BDL (0,365)	5	BDL (0,146)	5	NC	BDL (0,146)	5	NC
Трр-Р-2	нг/стік/сигарета	8,53 ± 1,01	5	BDL (0,113)	5	99,3	BDL (0,113)	5	99,3
AαC	нг/стік/сигарета	134 ± 14	5	NQ (0,443)	5	99,9	NQ (0,443)	5	99,9
Трр-Р-1	нг/стік/сигарета	3,71 ± 0,42	5	BDL (0,098)	5	98,7	BDL (0,098)	5	98,7
MeAαC	нг/стік/сигарета	11,1 ± 1,6	5	BDL (0,115)	5	99,5	BDL (0,115)	5	99,5
Діамід	нг/стік/сигарета	NQ (12,2)	5	BDL (2,04)	5	NC	BDL (2,04)	5	NC
NDMA	нг/стік/сигарета	16,0 ± 1,5	5	BDL (0,178)	5	99,4	BDL (0,178)	5	99,4
NEMA	нг/стік/сигарета	BDL (0,509)	5	BDL (0,254)	5	NC	BDL (0,254)	5	NC
NDEA	нг/стік/сигарета	BDL (0,617)	5	BDL (0,308)	5	NC	BDL (0,308)	5	NC
NDiPA	нг/стік/сигарета	BDL (0,546)	5	BDL (0,273)	5	NC	BDL (0,273)	5	NC
NDPA	нг/стік/сигарета	BDL (0,150)	5	BDL (0,075)	5	NC	BDL (0,075)	5	NC
NDBA	нг/стік/сигарета	NQ (1,11)	5	NQ (0,553)	5	NC	BDL (0,166)	5	NC
NPIP	нг/стік/сигарета	BDL (0,172)	5	BDL (0,086)	5	NC	BDL (0,086)	5	NC
NPYR	нг/стік/сигарета	15,9 ± 1,2	5	BDL (0,198)	5	99,4	BDL (0,198)	5	99,4
NMOR	нг/стік/сигарета	BDL (0,550)	5	BDL (0,275)	5	NC	BDL (0,275)	5	NC
NDELA	нг/стік/сигарета	NQ (0,283)	5	0,576 ± 0,244	5	-110	0,585 ± 0,234	5	-113
Норнікотин	нг/стік/сигарета	21002 ± 1323	5	NQ (47,6)	5	99,5	NQ (47,6)	5	99,4
Анатабін	нг/стік/сигарета	5719 ± 298	5	1157 ± 123	5	79,8	1266 ± 44	5	77,9
Анабазин	нг/стік/сигарета	978 ± 83	5	408 ± 50	5	58,3	408 ± 53	5	58,2
Міосмін	нг/стік/сигарета	13201 ± 562	5	459 ± 36	5	96,5	500 ± 71	5	96,2
Нікотин-N-оксид	нг/стік/сигарета	NQ (969)	5	BDL (174)	5	NC	BDL (174)	5	NC
Котинін	нг/стік/сигарета	13456 ± 581	5	298 ± 43	5	97,8	313 ± 15	5	97,7
β-Нікотирин	нг/стік/сигарета	7199 ± 508	5	NQ (127)	5	98,9	NQ (127)	5	98,9
Формальдегід	мкг/стік/сигарета	68,4 ± 3,9	5	3,29 ± 0,30	5	95,2	3,51 ± 0,54	5	94,9
Ацетальдегід	мкг/стік/сигарета	1859 ± 169	5	111 ± 8	5	94,0	115 ± 11	5	93,8
Ацетон	мкг/стік/сигарета	520 ± 42	5	5,97 ± 0,66	5	98,9	6,62 ± 0,51	5	98,7
Пропіональдегід	мкг/стік/сигарета	116 ± 13	5	5,31 ± 0,15	5	95,4	5,66 ± 0,57	5	95,1
Акролеїн	мкг/стік/сигарета	148 ± 22	5	2,22 ± 0,52	5	98,5	2,50 ± 0,11	5	98,3
Ізобутиральдегід	мкг/стік/сигарета	38,8 ± 4,8	5	9,78 ± 0,46	5	74,8	9,53 ± 1,11	5	75,4
Метилетилкетон	мкг/стік/сигарета	150 ± 14	5	1,53 ± 0,20	5	99,0	1,77 ± 0,37	5	98,8
n-Бутиральдегід	мкг/стік/сигарета	12,7 ± 2,5	5	BDL (0,088)	5	99,7	BDL (0,088)	5	99,7
Кротоновий альдегід	мкг/стік/сигарета	39,5 ± 3,2	5	0,567 ± 0,232	5	98,6	0,768 ± 0,321	5	98,1
Ацетоїн	мкг/стік/сигарета	6,10 ± 2,49	5	5,78 ± 1,33	5	5,28	5,94 ± 1,12	5	2,59
Глюксаль	мкг/стік/сигарета	12,1 ± 1,5	5	BDL (0,063)	5	99,7	BDL (0,063)	5	99,7
Метилглюксаль	мкг/стік/сигарета	33,3 ± 2,5	5	26,4 ± 2,4	5	20,8	27,7 ± 2,7	5	16,8
2,3-бутандіон	мкг/стік/сигарета	209 ± 17	5	38,0 ± 4,4	5	81,9	40,5 ± 3,3	5	80,7
2,3-пентадіон	мкг/стік/сигарета	31,9 ± 4,2	5	7,38 ± 1,07	5	76,9	7,94 ± 1,15	5	75,1
Аліловий спирт	мкг/стік/сигарета	11,6 ± 1,3	5	1,24 ± 0,12	5	89,3	1,40 ± 0,11	5	87,9

Скорочення: ПНТ = продукт для нагрівання тютюну; СВ = стандартне відхилення; %Redn = зниження концентрації як процентна частка від вмісту у вдихуваному димі еталонної сигарети; N = кількість перевірених технічних реплік; TPM = загальна кількість твердих частинок; NFDPM = вільні від нікотину сухі тверді частинки; BDL = нижче межі виявлення; NQ = не піддається кількісному визначенню; NC = не розраховується; NNN=N-нітрозонорнікотин; NAT=N-нітрозанатабін; NAB=N-нітрозанабазин; NNK = 4-(метилнітрозаміно)-1-(3-піридил)-1-бутанон; NDMA=N-нітрозодиметиламін; NEMA=N-нітрозометилетиламін; NDEA=N-нітрозодіетиламін; NDiPA = N-нітронатрійізопропіламін; NDPA=N-нітрозодипропіламін; NDBA=N-нітрозодипропіламін; NPIP=N-нітрозопіперидин; NPYR=N-нітрозопіролідін; NmOR=N-нітрозоморфолін; NDELA=N-нітрозодетаноламін. IQ = 2-аміно-3-метилімідазо[4,5-f]хінолін; Glu-P-2 = 2-амінодипіrido[1,2-a:3',2'-d]імідазол; Glu-P-1 = 2-аміно-6-метилдипіrido[1,2-a:3',2'-d]імідазол; PhIP = 2-аміно-1-метил-6-фенілімідазо[4,5-b]піридин; Трр-Р-2 = 1-метил-3-аміно-5Н-піридо[4,3-b]індол; А-α-С = 2-аміно-9Н-піридо[2,3-b]індол; Трр-Р-1 = 3-аміно-1,4-диметил-5Н-піридо[4,3-b]індол; MeA-α-С = 2-аміно-3-метил-9Н-піридо[2,3-b]індол.



Малюнок 2. Відносні концентрації у ПНТ1.0 і еталонній сигареті 3R4F у перерахунку на стік або сигарету.

5. Висновки

Порівняно з еталонною сигаретою 3R4F Університету штату Кентуккі (далі – «3R4F») вміст токсикантів у викидах ПНТ1.0 був значно меншим у всіх хімічних класах. Вміст в аерозолі ПНТ1.0 дев'яти токсичних речовин, частки яких в сигаретному димі Робоча група ВООЗ з регулювання тютюнових виробів пропонує скоротити в обов'язковому порядку (Таблиця 6), виявився на 90,6-99,9% (в середньому на 97,1%) меншим у перерахунку на один стік. Вміст в аерозолі ПНТ1.0 шкідливих і потенційно шкідливих компонентів диму, включених до скороченого переліку і визначених Науково-дорадчим комітетом з питань тютюнових виробів Управління санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США такими, про вміст яких у сигаретному димі необхідно звітувати (крім нікотину; Таблиця 7), виявився на 84,6-99,9% (в середньому на 97,5%) меншим у перерахунку на один стік. Загалом, токсичності властивості аерозолі ПНТ1.0 були подібними до властивостей СНТ з відносно низьким вмістом досліджуваних токсикантів у сигаретному димі.

Декларація авторів

Це дослідження було профінансовано компанією «Бритіш Американ Табакко Інвестментс» [British American Tobacco Investments], і всі автори є співробітниками компанії «Бритіш Американ Табакко» [British American Tobacco].

Подяка

Автори хотіли б відзначити участь «Labstat International ULC» у розробці плану і проведенні цього дослідження. Всі аналітичні дані зразків було надано «Labstat International ULC». Розрахунки зменшення вмісту речовин та порівняння було виконано компанією «Бритіш Американ Табакко (Інвестментс) ЛТД.» [British American Tobacco (Investments) Ltd.].

Додаток А. Додаткові дані

З додатковими даними, які стосуються цієї статті, можна ознайомитися за посиланням <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2017.09.010>.

Документ про прозорість

З документом про прозорість, який стосується цієї статті, можна ознайомитися в мережі Інтернет за посиланням <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2017.10.006>.

Список використаної літератури

- ANVISA, 2007. Brazil Resolution RDC No. 90 of the Federal Sanitation Agency, Effective 27 December 2007. National Health Surveillance Agency. SEPN 515, Bldg. B, Ed. Omega - Brasilia (DF) 70770-502. http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudefile/anvisa/2007/rdc0090_27_12_2007.pdf (in Portuguese) (Accessed 27 January 2017).
- Baker, R.R., 1987. A review of pyrolysis studies to unravel reaction steps in burning tobacco. *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 11, 555-573.
- Baker, R.R., 2002. The development and significance of standards for smoking machine methodology. *Beitr. Tab. Int.* 20, 23-41.
- Baker, R.R., 2006. Smoke generation inside a burning cigarette: modifying combustion to develop cigarettes that may be less hazardous to health. *Prog. Energy Combust. Sci.* 32 (4), 373-385.
- Benowitz, N.L., 2010. Nicotine addiction. *N. Engl. J. Med.* 362, 2295-2303.
- Burns, D.M., Dybing, E., Gray, N., Hecht, S., Anderson, C., Sanner, T., O'Connor, R., Djordjevic, M., Dresler, C., Hainaut, P., Jarvis, M., Opperhuizen, A., Straif, K., 2008. Mandated lowering of toxicants in cigarette smoke: a description of the World Health Organization TobReg proposal. *Tob. Control* 17, 132-141.
- Eaton, D., Jakaj, B., Forster, M., Nicol, J., Mavropoulou, E., Scott, J.K., Liu, C., McAdam, K.G., Murphy, J., Proctor, C.J., 2017. Assessment of Tobacco Heating Product THP1.0. Part 2: Product Design, Operation and Thermophysical Characterisation. *Reg. Tox. Pharm.*
- European Commission, 2015. Special eurobarometer 429: attitudes of europeans towards tobacco and electronic cigarettes. http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_429_en.pdf. Accessed 27 January 2016.
- European Commission, 2016. 10 key changes for tobacco products sold in the EU. Press Release, May 20, 2016. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-1762_en.htm. Accessed 30 January 2016.
- Farsalinos, K.E., Le Houezec, J., 2015. Regulation in the face of uncertainty: the evidence on electronic nicotine delivery systems (e-cigarettes). *Risk Manag. Healthc. Policy* 8, 157-167.
- Food and Drug Administration, 2012a. Harmful and potentially harmful constituents in tobacco products and tobacco smoke. Established list, April 2012. <http://www.fda.gov/downloads/TobaccoProducts/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/UCM297981.pdf>. Accessed 27 January 2017.
- Food and Drug Administration, 2012b. Draft guidance for industry: reporting harmful and potentially harmful constituents in tobacco products and tobacco smoke under section 904(a)(3) of the Federal Food, Drug, Cosmet. Act 1 e10. <http://www.fda.gov/downloads/TobaccoProducts/Labeling/RulesRegulationsGuidance/ucm297828.pdf>. Accessed 27 January 2017.
- Food and Drug Administration, 2016a. Deeming tobacco products to Be subject to the federal Food, Drug, and cosmetic act, as amended by the family smoking prevention and tobacco control act. <http://www.fda.gov/TobaccoProducts/Labeling/RulesRegulationsGuidance/ucm394909.htm>. Accessed 27 January 2016.
- Food and Drug Administration, 2016b. Premarket tobacco product applications for electronic nicotine delivery systems. *Guid. Industry e Draft Guid.* 25-27. <http://www.fda.gov/TobaccoProducts/Labeling/RulesRegulationsGuidance/ucm499351.htm>. Accessed 27 January 2016.
- Flora, J.W., Meruva, N., Huang, C.B., Wilkinson, C.T., Ballentine, R., 2016. Characterization of potential impurities and degradation products in electronic cigarette formulations and aerosols. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 74, 1-11.
- Forster, M., Liu, C., Duke, M.G., McAdam, K.G., Proctor, C.J., 2015. An experimental method to study emissions from heated tobacco between 100 to 200° C. *Chem. Cent. J.* 9, 20.
- Fowles, J., Dybing, E., 2003. Application of toxicological risk assessment principles to the chemical constituents of cigarette smoke. *Tob. Control* 12 (4), 424e 430.
- Gee, J., Prasad, K., Slayford, S., Gray, A., Nother, K., Cunningham, A., Mavropoulou, E., Proctor, C.J., 2017. Assessment of Tobacco Heating Product THP1.0. Part 8: Study to Determine Puffing Topography, Mouth Level Exposure and Consumption Among Japanese Users. *Reg. Tox. Pharm.*
- Ghosh, D., Jeannot, C., 2014. An improved Cambridge filter pad extraction methodology to obtain more accurate water and "tar" values: in situ Cambridge filter pad extraction methodology. *Beitrag zur Tab. Int.* 26 (2), 38-50.
- Gonzalez-Suarez, I., Martin, F., Marescotti, D., Guedj, E., Acali, S., John, S., et al., 2016. In vitro systems toxicology assessment of a candidate modified risk tobacco product shows reduced toxicity compared to that of conventional cigarette. *Chem. Res. Toxicol.* 29, 3-18.
- Health Canada, 1999a. Tobacco reporting regulations. <http://www.hc-sc.gc.ca/hcps/tobac-tabac/legislation/reg/indust/method/index-eng.php#main>. Accessed 27 January 2017.
- Health Canada, 1999b. Determination of "Tar", Nicotine and Carbon Monoxide in Mainstream Tobacco Smoke, Method T-115.
- Hoffmann, D., Hoffmann, I., 1998. Letters to the editor, tobacco smoke components. *Beitr. Tab. Int.* 18, 49-52.
- International Agency for Research on Cancer, 2004. Tobacco Smoke and Involuntary Smoking. IARC, Lyon, France.
- International Organization for Standardization, 1999. Tobacco and Tobacco Products dAtmosphere for Conditioning and Testing. ISO 3402:1999. ISO, Geneva.
- International Organization for Standardization, 2005. General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories. ISO/IEC 17025:2005. ISO, Geneva.
- Jaunky, T., Adamson, J., Santopietro, S., Terry, A., Thorne, D., Breheny, D., Proctor, C.J., Gaca, M., 2017. Assessment of tobacco heating product THP1.0. Part 5: In vitro dosimetric and cytotoxic assessment. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* (this series).
- Lauterbach, J.H., Laugesen, M., 2012. Comparison of Toxicant Levels in Mainstream Aerosols Generated by Ruyan® Electronic Nicotine Delivery Systems (ENDS) and Conventional Cigarette Products. Poster 1861. Society of Toxicology, San Francisco. March 11-15, 2012.
- Lauterbach, J.H., et al., 2012. Suggested Protocol for Estimation of Harmful and Potentially Harmful Constituents in Mainstream Aerosols Generated by Electronic Nicotine Delivery Systems (ENDS). Poster 1860. Society of Toxicology, San Francisco. March 11-15, 2012.
- Liu, C., McAdam, K.G., Perfetti, T.A., 2011. Some recent topics in cigarette smoke science. *Mini-Rev. Mini-Rev. Org. Chem.* 8, 349 e359.
- Marco, E., Grimalt, J.O., 2015. A rapid method for the chromatographic analysis of volatile organic compounds in exhaled breath of tobacco cigarette and electronic cigarette smokers. *J. Chromatogr. A* 1410, 51-59.
- Margham, J., McAdam, K., Forster, M., Liu, C., Wright, C., Mariner, D., Proctor, C., 2016. Chemical composition of aerosol from an e-cigarette: a quantitative comparison with cigarette smoke. *Chem. Res. Toxicol.* 29 (10), 1662-1678, 2016 Oct 17.
- McNeill, A., Brose, L.S., Calder, R., Hitchman, S.C., Hajek, P., McRobbie, H., 2015. E-cigarettes: an evidence update A report commissioned by Public Health England. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/457102/E-cigarettes_an_evidence_update_A_report_commissioned_by_Public_Health_England_FINAL.pdf. Accessed 27 January 2016.
- Moennikes, O., Vanscheeuwijck, P.M., Friedrichs, B., Anskiet, E., Patskan, G.J., 2008. Reduced toxicological activity of cigarette smoke by the addition of ammonia magnesium phosphate to the paper of an electrically heated cigarette: subchronic inhalation toxicology. *Inhal. Toxicol.* 20 (7), 647-663, 2008 May.

- Proctor, C.J., 2017. Assessment of tobacco heating product THP1.0. Part 1: Series introduction. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* (this series).
- Royal College of Physicians, 2016. Nicotine without Smoke: Tobacco Harm Reduction. A report by the Tobacco Advisory Group of the Royal College of Physicians, London, April 28, 2016. <https://www.rcplondon.ac.uk/projects/outputs/nicotine-without-smoke-tobacco-harm-reduction-0>. Accessed 27 January 2016.
- Rodgman, A., Perfetti, T.A., 2013. *The Chemical Components of Tobacco and Tobacco Smoke*, second ed. CRC Press, Boca Raton.
- Roemer, E., Schramke, H., Weiler, H., Buettner, A., Kausche, S., Weber, S., Berges, A., Stueber, M., Muench, M., Trelles-Sticken, E., Pype, J., Kohlgrueber, K., Voelkel, H., Wittke, S., 2012. Mainstream smoke chemistry and in vitro and in vivo toxicity of the reference cigarettes 3R4F and 2R4F. *Beitrage zur Tab. Int.* 25 (1), 316-335.
- Schaller, J.P., Keller, D., Pogent, L., Pratte, P., Kaelin, E., McHugh, D., Cudazzo, G., Smart, D., Tricker, A.R., Gautier, L., Yerly, M., Pires, R.R., Le Bouhellec, S., Ghosh, D., Hofer, I., Garcia, E., Van Scheeuwijck, P., Maeder, S., 2016. Evaluation of the Tobacco Heating System 2.2. Part 2: chemical composition, genotoxicity, cytotoxicity, and physical properties of the aerosol. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 81 (Suppl. 2), S27-S47.
- Schoenborn, C.A., Grindi, R.M., 2015. Electronic Cigarette Use Amongst Adults. NCHS Data Brief No. 217, October 2015. <http://www.cdc.gov/nchs/data/databriefs/db217.pdf>. Accessed 23 June 2016.
- Schorp, M.K., Tricker, A.R., Dempsey, R., 2012. Reduced exposure evaluation of an electrically heated cigarette smoking system. Part 1: non-clinical and clinical insights. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 64, S1-S10.
- Sleiman, M., Logue, J.M., Montesinos, V.N., Russell, M.L., Litter, M.I., Gundel, L.A., Destaillets, H., 2016. Emissions from electronic cigarettes: key parameters affecting the release of harmful chemicals. *Environ. Sci. Technol.* <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b01741>. Published online July 27, 2016.
- Smith, M.R., Clark, B., Lüdicke, F., Schaller, J.-P., Vanscheeuwijck, P., Hoeng, J., Peitsch, M.C., 2016. Evaluation of the tobacco heating system 2.2. Part 1: description of the system and the scientific assessment program. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2016.07.006> pii: S0273-2300(16) 30189-1.
- Stabbert, R., Voncken, P., Rustemeier, K., Haussmann, H.J., Roemer, E., Schaffernicht, H., Patskan, G., 2003. Toxicological evaluation of an electrically heated cigarette. Part 2: Chemical composition of mainstream smoke. *J. Appl. Toxicol.* 23 (5), 329-339.
- Taiwanese Department of Health, 2012. Tobacco Hazards Prevention and Control Act. Bureau of Health Promotion. Department of Health, Taiwan (R.O.C). <http://www.hpa.gov.tw/English/ClassShow.aspx?No/4200907130001>. Accessed 27 January 2017.
- Taylor, M., Thorne, D., Carr, T., Breheny, D., Walker, P., Proctor, C.J., Gaca, M., 2017. Assessment of tobacco heating product THP1.0. Part 6: A comparative in vitro study using contemporary screening approaches. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* (this series).
- Tayyarah, R., Long, G.A., 2014. Comparison of select analytes in aerosol from e-cigarettes with smoke from conventional cigarettes and with ambient air. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 70, 704-710.
- Thorne, D., Breheny, D., Proctor, C.J., Gaca, M., 2017. Assessment of tobacco heating product THP1.0. Part 7: Comparative in vitro toxicological evaluation. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* (this series).
- University of Kentucky Center for Tobacco Reference Products, 2008. 3R4F Preliminary Analysis. <https://ctrp.uky.edu/resources/pdf/webdocs/3R4F%20Preliminary%20Analysis.pdf>. Accessed 10 August 2017.
- University of Kentucky Center for Tobacco Reference Products, 2016. Certificate of Analysis: 1R6F Certified Reference Cigarette. https://ctrp.uky.edu/resources/pdf/webdocs/CoA_1R6F.pdf. Accessed 10 August 2017.
- US Department of Health and Human Services, 2014. The Health Consequences of Smoking 50 Years of Progress: a Report of the Surgeon General, 2014. Centers for Disease Control and Prevention (US), Atlanta, USA, 2014. <http://www.surgeongeneral.gov/library/reports/50-years-of-progress/index.html>. Accessed 27 January 2017.
- West, R., Beard, E., Brown, J., 2015. Trends in electronic cigarette use in England. Smoking toolkit study STS140122. <http://www.smokinginengland.info/latest-statistics/>. Accessed 23 June 2016.
- WHO Study Group, 2007. The scientific basis of tobacco product regulation. *World Health Organ Tech. Rep Ser.* 945, 1-112.
- Zenzen, V., Diekmann, J., Gerstenberg, B., Weber, S., Wittke, S., Schorp, M.K., 2012. Reduced exposure evaluation of an electrically heated cigarette smoking system. Part 2: smoke chemistry and in vitro toxicological evaluation using smoking regimes reflecting human puffing behaviour. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 64, S11-S14.