

## Агаарын бохирдлын үед бие махбодод молекулын түвшинд гарах өөрчлөлт ба хоол хүнсний шимт бодисоор засахуй

Эрхэмбаяр Ш., Мөнхцэцэг Ж.

Анагаахын шинжлэх ухааны үндэсний их сургууль, Бионагаахын сургууль

### Abstract

#### Health impact of air pollutants and nutritional solutions to reduce negative consequences

Erkhembayar Sh., Munkhtsetseg J.

School of Biomedicine, Mongolian National University of Medical Sciences

Air pollution, including particulate matter and gases has been associated with cardiovascular and respiratory diseases, particularly in urban areas. More than 80% of world population lives in environment those exceed the air quality guideline established by World Health Organization. Air pollution is a very complex mixture and its potential to cause harm can depend on multiple factors including physical and chemical characteristic of pollutants. It has been hypothesized that the intake of anti-oxidant and anti-inflammatory nutrients may improve various respiratory and cardiovascular effects of air pollution through reductions in oxidative stress and inflammation. Several studies have suggested that essential micronutrients including B vitamins and Vitamin C, E and long-chain polyunsaturated fatty acids has potentials to modify oxidative and inflammatory stress. Here, we review literature related to air pollution and its health impact and how essential micronutrients can worsen its negative effect.

Key words: Air pollution, particulate matter, anti-oxidant, vitamin C, long-chain polyunsaturated fatty acids

Pp. 71-79, References 78

### Удиртгал

Агаарын бохирдол, утаа, тоос, тоосонцор (particulate matter-PM), хий зэрэг нь хүний эрүүл мэндэд ноцтой сөрөгнөлөө учруулахуйц хүрээлэн буй орчны нэг эрсдэл болж байна. Дэлхийн нийт хүн амын 80 орчим хувь нь дэлхийн эрүүл мэндийн байгууллага (ДЭМБ)-ын зөвлөсөн агаарын чанарын түвшин (air quality guideline)-ээс доогуур нөхцөлд амьдардаг гэсэн тооцоо байдаг ажээ.<sup>1,2</sup> Зарим бүс нутагт PM2.5-ийн түвшин хэвийн хэмжээнээс хэдэн арав дахин өндөр байна. Дэлхий даяар агаарын бохирдлыг бууруулахад чиглэсэн, хүрээлэн буй орчны эрүүл мэндийг дэмжих ажлуудаас гадна хорт нэгдлүүдийн эсрэг, хүмүүсийн эрүүл мэндэд чиглэсэн үйл ажиллагааны бусад боломжууд байгааг ч дурджээ.

Агаарын бохирдол нь зүрх судас, амьсгалын замын өвчлөл, улмаар нас баралттай холбоотой бөгөөд тэр тусмаа агаарын бохирдол ихтэй байдаг хотын оршин суугчдад өвчлөл, нас баралт хамгийн өндөр байна.<sup>3,4</sup>

Сүүлийн жилүүдэд хийгдсэн судалгаагаар агаарын бохирдлын эрүүл мэндэд учруулж буй сөрөг нөлөөллүүд хэрэглэж буй хоол тэжээл (micronutrients) болондалайн

гаралтай урт-гинжит ханаагүй өөхний дээд хүчлүүдийн (LC-PUFA polyunsaturated fatty acids, загасны тос) антиоксидант үйлчлэл, үрэвслийн эсрэг үйлдлийн нөлөөгөөр тухайн хүнд хамгаалах нөлөө үзүүлж буйг судалж тогтоожээ<sup>5</sup>. Жишээлбэл PM2.5 ихсэлттэй холбоотойгоор зүрхний хэм өөрчлөгдөх, хэт исэлдэлт ихсэхээр өөрчлөлт нь дээрх шим тэжээлт бодисуудыг хүнсний нэмэлт бүтээгдэхүүн хэлбэрээр хэрэглэхэд буурч байжээ. Түүнчлэн гуурсан хоолойн багтрааны үед антиоксидант тогтолцоо алдагдсан, хэт исэлдэлт ихэссэн байх ба агаарын бохирдлын нөлөөгөөр энэ үйл явц улам даамжирдаг байна.<sup>6,7</sup> Эмнэл зүйн туршилт судалгаагаар антиоксидант нэгдлүүдийг нэмэлтээр хэрэглэх нь үрэвслийн явц, уушгины үйл ажиллагаа, гуурсан хоолойн шинж тэмдгийг бууруулж байгааг тогтоожээ<sup>8</sup>.

### Агаарын бохирдлын шинж чанар

Агаарыг бохирдуулж байгаа зүйл нь хортой хий болон тоосонцроос бүрдсэн байдаг. Эдгээрээс сайтар судлагдсан нь PM2.5 (2.5 микрометрээс бага хэмжээтэй, гуурсан хоолойноос уушгины алвеол руу чөлөөтэй хөдлөх чадвартай, хүнд металл, органик болон бусад нэгдлүүдийг цусруу зөөдөг) буюунарийн ширхэглэгт

тоосонцор юм. Азотын исэл (NO), нүүрстөрөгчийн давхар исэл (CO<sub>2</sub>), хүхрийн давхар исэл (SO<sub>2</sub>) зэрэг авто машины яндан, үйлдвэр, бусад шатах эх үүсгэвэрээс ялгарч буй хий сайтар судлагдсан. Үүн дээр нэмэгдээд хар тугалга, озон (нарны гэрлийн оролцоотой фотохимийн урвалд орж үүсэх хоёрдогч бохирдол) нь дэлхийн улс орнуудын мэргэжлийн байгууллагуудаас тогтоосон бохирдуулагчдын жагсаалтад ордог байна.

PM<sub>2.5</sub> нь агаарт агуулагддаг, тухайн тоосонцорын нийт жинд үндэслэсэн физикийн таталцлын хэмжээ (gravimetric measure) юм. Эдгээр тоосонцорын химийн бүрдэл нь гарал үүсэл, метеорологи, фотохими, түүнчлэн ойролцоох бохирдуулагч зэргээс хамаарч ихээхэн хувьсамтгай байдаг. Сүүлийн жилүүдэд хийгдсэн судалгаагаар тоосонцорын органик болон бусад элементийн найрлагыг тогтоож, хаанаас үүсч буй болон эрүүл мэндэд тухайн нэгдлийн үзүүлэх нөлөөг нарийвчлан тогтоожээ.<sup>9-11</sup> Жишээлбэл: PM<sub>2.5</sub>-ийн найрлага дахь никель нь оюуны үйл, танин мэдэхүйн бууралттай холбоотой байдаг бөгөөд Нью-Йорк хотын барилгуудыг халаахад ашигладаг тос нь никель агуулсан байсныг тогтоож<sup>12</sup> хот дотор тос шатаах асуудлыг зогсоож байжээ.

Агаарын бохирдлын найрлага, хэмжээ улирлаас ихээхэн хамаардаг. Улирлаас шалтгаалж агаарын бохирдлын найрлага, хэмжээ өөрчлөгдөж буйн нэг жишээ нь зун озоны түвшин нэмэгддэг явдал юм. Үүнтэй нэгэн адил өдрийн тодорхой цагт агаарын найрлага өөрчлөгддөг. Ачаалалтай цагуудад хотод зорчих машины тоо ихсэх, тодорхой нэг цагт нэгдлүүдийн фотохимийн урвалж чанарээр өөр байх, агаар мандлын холимог давхаргын зузаан зэргээс шалтгаалж агаарын чанар хэлбэлзэж байдаг.

Агаарын бохирдлын химийн найрлага, тухайн хүний нийгэм эдийн засгийн байдал (SEP-socioeconomic status), тамхи татах гэх мэт өртөмтгий болгодог хэд хэдэн хүчин зүйлс, мөн түүнчлэн нас, хүйс нөлөөлж байна гэсэн баримтууд нэмэгдсээр байна.<sup>13</sup> Нийгэм эдийн засгийн байдал гэх мэт өртөмтгий болгож буй хүчин зүйлс мөн үүнтэй холбоотой стресс үүсгэгч хүчин зүйлс дэлхий даяар хот суурин газарт харилцан адилгүй байх, агаарын бохирдолд харилцан адилгүй өртөх<sup>14</sup> зэрэг нь бүхэлдээ хүн амын бохирдлын түвшин, түүний эсрэг авах арга хэмжээ ямар байгааг харуулж байна.

#### Агаарын бохирдлын эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөө

Амьсгалаар орж ирсэн PM<sub>2.5</sub> уушгины цулцанд хүрч бие махбодод хэсэг газрын болон зүрх судас, амьсгалын зам зэрэг эрхтэн тогтолцоог бүхэлд нь хамарсан нөлөө үзүүлдэг.<sup>15,16</sup> Ийм ч учраас дэлхий даяар хүн амд амьсгал, зүрх судасны өвчин<sup>3,4</sup>, зүрхний хэм өөрчлөгдөх<sup>17</sup>, уушгины багтаамж буурах<sup>18,19</sup>, уушгины хорт хавдар<sup>20,21</sup>, танин мэдэхүйн алдагдалд хүрэх<sup>22</sup>, дундаж наслалт буурах<sup>23</sup>, үхэл эндэгдлийн тоо нэмэгдэх<sup>24</sup> шалтгаан болж байна.

Агаарын бохирдол их байх нь Д витамин дутагдалд хүргэж буй бас нэгэн хүчил зүйл юм. Бельги улсад хийгдсэн судалгааны үр дүнгээс үзэхэд агаарын бохирдлоос болж нарны хэт ягаан туяа тухайн бүс нутагт тусах нь багасдаг тул Д витамин дутагдал агаарын бохирдол ихтэй бүсэд амьдарч буй иргэдэд илүү их байдаг байна.<sup>25</sup>

Бохирдсон агаарын найрлага дахь хортой нэгдлүүд нь үрэвслийн процессыг улам нэмэгдүүлэх<sup>26</sup>, чөлөөт радикал үүсэлтийг ихэсгэх замаар хэт исэлдэлтийг эрчимжүүлэх зэрэг олон механизмаар бие махбодод явагдах бодисын солилцооны олон урвалыг алдагдуулдаг байна.

#### Хүснэгт 1. PM<sub>2.5</sub>-ийн биед үзүүлэх нөлөө

PM <sub>2.5</sub> -ийн богино хугацаанд үзүүлэх нөлөө
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Уушгины үрэвсэл явагдах</li> <li>• Амьсгалын замын шинж тэмдгүүд илрэх</li> <li>• Зүрх судсанд нөлөөлөх (Бүлэгнэлт нэмэгдэх, артерийн судас хатуурах)</li> <li>• Эмийн хэрэглээ нэмэгдэх</li> <li>• Эмнэлэгт хэвтэх давтамж нэмэгдэх</li> <li>• Нас баралтын тоо нэмэгдэх</li> </ul>
PM <sub>2.5</sub> -ийн урт хугацаанд үзүүлэх нөлөө
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Уушгины үйл ажиллагаа буурах</li> <li>• Уушгины архаг бөглөрөлт өвчин (COPD)</li> <li>• Уушгины хорт хавдар</li> <li>• Зүрхний хэм алдагдах</li> <li>• Танин мэдэхүйн чадвар буурах</li> <li>• Дундаж наслалт буурах</li> </ul>

Бие махбодод өрнөж буй үрэвслийн процесс агаарын бохирдлын найрлага дахь металл (зэс, ванади, хром, никель, кобальт, төмөр)-ийн агууламж, органик нэгдэл зэргээс хамаарна.<sup>27,28</sup> Бохирдсон агаарын найрлага дахь нэгдлүүдээс ялгарах хүчилтөрөгчийн радикалууд (reactive oxygen species ROS), митохондрийн үйл ажиллагааны өөрчлөлт, НАДФН- оксидаза, ROS ялгаруулах чадамжтай дархлааны эсүүдийн идэвхжил, хэт урвалжит азотот нэгдлүүд (reactive nitrogen species, RNS), хэт исэлдэлтээс үүдэх ДНХ-ийн гэмтэл зэрэг PM-ээр өдөөгдөх хэт исэлдэлтийн процесс эрчимжих шалтгаан болно<sup>29,30</sup>. Бохир агаартай цуг амьсгалын замд орж ирж буй нэгдлүүд, харь биетийг устгах үүрэгтэй амьсгалын замын хучуур эс, макрофаг эсүүд ROS-ийг ялгаруулж байдаг. In vitro судалгаагаар амьсгалаар орж ирсэн PM NF-κB холбоот генийн экспрессийг мөн оксидант-хамааралт NF-κB-ийн идэвхжлийг өдөөж байжээ.<sup>31,32</sup> Хурц үрэвслийн хариу урвал тоосонцрын хэмжээ бус түүнд агуулагдаж буй металлын концентрациас голчлон хамаардаг<sup>27,29,32</sup>

PM<sub>2.5</sub>-ийн агууламж өндөртэй газрын оршин суугчдад хэт исэлдэлтийн идэвхи өндөр, түүнээс хамгаалах тогтолцоо болох уушиг, амьсгалын замын шүүрэл, салстын антиоксидант үйлчлэл буурсан байдаг. Эс

өөрийгөө хэт исэлдэлтээс хамгаалахын тулд гол антиоксидант болох глутатионы нөөцөө шавхаж эхэлдэг. Глутатион багасах нь эсэд стресс үүсгэдэг бөгөөд улмаар транскрипцийн хүчин зүйлс, бөөмийн хүчин зүйлсийг өдөөж, антиоксидант энзимүүдийн нийлэгжилтийг нэмэгдүүлдэг.<sup>33</sup> Хэт исэлдэлтийн эсрэг хариу урвал доголдоноор нь химокин, цитокиний генийн экспрессийг зохицуулагч дохио дамжилтийг идэвхжүүлдэг байна.<sup>34</sup> Үүнээс үүдэж тухайн эс болон эрхтэн тогтолцоог хамарсан үрэвслийн процесс өрнөж эхлэнэ. Түүнчлэн РМ-ийн хортой нөлөөнөөс шалтгаалсан хэт исэлдэлтийн эсрэг хамгаалах энзимүүд дарангуйлагдаж эхэлдэг.

Дизель түлшний шаталтаас үүсэх утааны найрлага дахь жижиг хэсгүүд (Diesel exhaust particles-DEPs) мөн маш хортой.<sup>34</sup> Амьтанд болон эсийн өсгөвөрт хийсэн туршилтаар DEPs хэт исэлдэлтийг өдөөж, хэт исэлдэлтээс үүдэх ДНХ-ийн гэмтлийг үүсгэж байв. Хүнд хийсэн судалгаагаар нейтрофил, В эс, макрофаг, үрэвслийн урьдал үеийн цитокин, химокин, адгезив молекулуудын тоо эрс нэмэгдсэн байна. Цаашилбал *in vitro* судалгаагаар түлшний шаталтаас үүсэх утаа мөн бусад нэгдлүүд хүний биед нэвтрэхэд макрофаг,

нейтрофил, эозинофил, хучуур эсүүдээс ROS ялгарч хэт исэлдэлт явагдаж буйг тогтоожээ. Сонирхолтой нь хулганад хийсэн судалгаагаар хүхрийн агууламж багатай дизелээр ажилладаг хөдөлгүүрт шүүлтүүр тавьж үзэхэд утааны нөлөөгөөр үүсэх чөлөөт радикалын тоо хэмжээ буурч байв.<sup>35</sup>

#### **Хэт исэлдэлт, чөлөөт радикалын механизм малдагдах нь**

Хэт исэлдэлт гэх ойлголт нь 1985 оноос анагаах ухаан, биологийн салбарт хэрэглэгдэх болсон<sup>36</sup> ба хүчилтөрөгчийн радикалууд бие махбодод ихэсчтүүнийг саармагжуулах, хамгаалах антиоксидант тогтолцоо буурдаг.<sup>37</sup> Энэхүү хэт исэлдэлт болон хамгаалах тогтолцооны харьцаа алдагдах үед устөрөгчийн хэт исэл, чөлөөт радикал биед ихээр үүсч уураг, өөх тос, ДНХ зэрэг молекулуудыг гэмтээдэг. Мөн эсийн дохио дамжилтанд ч сөрөг нөлөөтэй.<sup>38</sup> Хүнд хэт исэлдэлт ихсэх нь хавдар, судас хатуурах, зүрхний шигдээс, харвалт гэх мэт маш олон өвчний эмгэг жамд нөлөөтэй байдаг.<sup>39-41</sup> Хэдий тийм ч дархлааны эсүүд эдгээр хүчилтөрөгчийн радикалуудыг ашиглан эмгэг төрүүлэгчийг устгадаг аж.<sup>42</sup>

Хүчилтөрөгчийн радикалууд	Тайлбар
O <sub>2</sub> - супероксид	Маш олон төрлийн исэлдэн ангижрах урвалын үед үүсдэг. Идэвхи султай гэж үзэх боловч ферритин, төмөр агуулсан уургаас Fe <sup>2+</sup> -ийг чөлөөлөх чадвартай
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> устөрөгчийн хэт исэл	Эсийн мембраныг нэвтрэх, уураг, эсийн мембраны өөх тос, ДНХ-ийг гэмтээх чадвартай. Биед үүссэн хорт нэгдэл болох устөрөгчийн хэт исэлийг каталаза фермент задлан хоргуйжүүлдэг
ОН-гидроксилийн бүлэг	Макрофаг, микроглийн эсүүдээс эмгэгтөрөгчийн нөлөөгөөр ялгарч болдог. Бүх төрлийн макромолекулыг гэмтээх чадвартай, хагас задралын хугацаа маш богино боловч өндөр идэвхтэй ба устөрөгчийн хэт исэлтэй адил ферментийн нөлөөгөөр задардаггүй.
НОС/гипохлорын хүчил	Тосонд уусдаг, химийн идэвхи өндөртэй. ДНХ, РНХ, өөхний дээд хүчил, холестерол, уураг зэрэг биомолекулуудтай харилцан үйлчлэх чадвартай.
ONOO-пероксинитрит	Тосонд уусдаг, идэвхээрээ гипохлорын хүчилтэй ижил.

Чөлөөт радикалын агууламж ихсэх нь хэт исэлдэлт нэмэгдэхэд хүргэдэг гол хүчин зүйл юм. Энэ үед уураг, аминхүчил, өөх тос, ДНХ, нүүрсус гэх мэт бүхий л макромолекулууд гэмтдэг.<sup>43</sup>

Мэдрэлийн сөнөрөлт өвчлөлүүд болох Паркинсоны өвчин, Алцгеймерийн өвчин, Хантингтоны өвчин, сэтгэл гутрал, аутизмын үедхэт исэлдэлт ихсэх нь чухал үүрэгтэй оролцдог байж болох юм. Эдгээр өвчний үед ROS, RNS цусанд ихсэж, антиоксидантуудын агууламж өөрчлөгдөж байгаа нь эдгээр өвчний эмгэг жамд чөлөөт радикалын нөлөө байж болохыг тогтоосон нь агаарын бохирдлын нөлөөгөөр эдгээр өвчин даамжирдаг болохыг илэрхийлж байна.<sup>44,45</sup>

#### **Антиоксидант үйлдэл бүхий шим тэжээлийн бодисууд**

#### *Витамин С (аскорбины хүчил)*

Витамин С нь усанд уусдаг, бие махбодод өргөн тархсан, хүчтэй антиоксидант үйлдэлтэй аминдэм юм.<sup>33</sup> Аскорбины хүчил өөрийн 2 ба 3-р С атомтай холбогдсон устөрөгчийн ионыг исэлдэн ангижрах урвалд донор байдлаар өгдөг маш хүчтэй ангижруулагч бөгөөд чөлөөт радикал, исэлдүүлэгчдийг саармагжуулдаг.<sup>46,47</sup> *In vitro* судалгаагаар Витамин С нь эс доторх төдийгүй эсийн гаднах орчинд хүчтэй ангижруулагч болох нь тогтоогджээ. Эс дотор витамин С нь уураг исэлдэхээс сэргийлж, исэлдүүлэгчээс үүдэх эсийн гэмтлээс хамгаалдаг.<sup>47</sup> Аскорбины хүчлийн исэлдэлтийн дүнд үүссэн дегидроаскорбины хүчил нь эсийн доторх тиоредоксин редуктаза энзимийн тусламжтай эргээд аскорбины хүчил болно. Гэхдээ энэ урвалыг түргэсгэгч

энзим амьсгалын замын шүүрэл, салстад байдаггүйтэй холбоотой энэ урвал явагддаггүй учраас эсэс болон цуснаас аскорбины хүчлийг ихээр татдаг. Ийм учраас бид амьсгалын замын өвчин эмгэг, агаарын бохирдлын үедтүүнийг хоол хүнсээр хангалттай их тунгаар авч байх нь зүйтэй.<sup>48</sup>

#### *Витамин Е (токоферол)*

Е витамин тосонд уусдаг аминдэм бөгөөд өөх тосны хэт исэлдэлтээс сэргийлэх замаар эсийн мембрант байгууламжийг хамгаалах үндсэн үүрэгтэй. Мембрант байгууламжийн фосфолипидийн ханаагүй өөхний дээд хүчлийг PM2.5-ын нөлөөгөөр явагдах хэт исэлдэлтээс мөн хамгаалдаг.<sup>49</sup> ОЗ-аар амьсгалах үед уушгины эсэд өөхний хэт исэлдэлтээр арахидоны хүчил үүсч простагландин E2завсрын бүтээгдэхүүн үүсдэг. Энэ засврын бүтээгдэхүүний үүсэлтийг Е витамин бууруулдаг.<sup>50</sup>

#### *β-Каротин(А витамин провитамин)*

β-Каротин нь бусад каротиноид болон А аминдэмийн урьдал бодис ба эсийн мембранд хуримтлагдах бөгөөд О2-ийг цэвэрлэн, ОЗ-аас пероксилийн чөлөөт радикалыг (НО2) бий болгодог. Иймийн учир энэхүү антиоксидант шинжээр дархлааны хариу урвал болон үрэвслийг хянахад чухал үүрэгтэй. Гэсэн хэдий ч сүүлийн үеийн судалгааг харахад өндөр тунгаар каротиноидын нэмэлт бүтээгдэхүүнийг хэрэглэх нь антиоксидант болон про-оксидант хоёуланд нь нөлөөлдөг байж болох<sup>51</sup> ба энэхүү шинж чанар нь биологийн орчны исэлдэн ангижрах урвалд нөлөөтэй байна.<sup>52</sup>

Флавоноид гэх мэт бусад антиоксидантууд нь супероксидийн анион, пероксилийн радикалуудыг саармагжуулагч юм.<sup>53</sup> Түүнчлэн антиоксидант идэвхижихэд флавоноидууд нь эсийн дохио дамжих замыг зохицуулдаг. Флавоноидууд нь биед ороод янз бүрийн металлын ионуудтай бат бөх хелат-бүрдэл үүсгэдэг. Селен (Se) нь пероксид болон чөлөөт радикалуудыг хоргүйжүүлэхэд чухал үүрэгтэй ба мөн уушгийг гэмтэхээс сэргийлэх томоохон үүрэг гүйцэтгэдэг. Хоол тэжээлд агуулагдах глутатион пероксидаза, тиоредоксин редуктаза, селен зэрэг нь эсийн про-оксидант/антиоксидантын тэнцвэрт байдалд нөлөөлдөг байх магадлалтай. Е аминдэмийн идэвхжил нь липидийн исэлдэлтийг хязгаарладаг.

#### *Омега-3, Урт гинжит, ханаагүй тосны хүчлүүд (УГХТХ)*

Омега-3 УГХТХ-ийн хэрэглээ ихсэх нь бусад субстрат болон мембраны өөх тосныагууламжийг өөрчлөх замаар үрэвслийг бууруулдаг. Омега-3-ыг хоол хүнсэндээ түлхүү хэрэглэх нь зүрх судасны өвчин болон түүний хүндрэлүүд, зүрхний шигдээс, тархины цус харвалтаас сэргийлдэг болох нь тогтоогдсон.

Энэхүү хамгаалах үйлдлээс гадна зүрхний эсүүдийн сэрэх чадварыг тогтворжуулсантай холбоотой зүрхний хэм алдагдлыг бууруулах үйлдэлтэй холбоотой байж болох юм гэж үзэж байна. Ийлдсийн триглицеридийн хэмжээг бууруулах, атеросклерозын товруу үүсэлтийг удаашруулах, судасны эндотелийн үйл ажиллагааг дэмжих, цусны даралтыг бууруулж, үрэвслийг намжаах, тромб үүсэлтийг багасгах, цусны шингэн чанарыг нэмэгдүүлэх зэрэг олон ашигтай талтай.<sup>54</sup>

Цайр, А витамин, фолийн хүчил гэх мэт бичил шимтэжээлүүд макрофагын үйл ажиллагааг өөрчилснөөр төрөлхийн болон өвөрмөц дархлааны хариу урвалуудад нөлөө үзүүлдэг. Хэд хэдэн судалгааны үр дүнгээс харахад эдгээр шимтэжээлийн бодис дутагдах нь макрофагын эмгэг төрүүлэгчийг залгих үйл ажиллагааг бууруулж, цитокины ялгаралтыг өөрчилж байжээ. Түүгээр ч зогсохгүй NK (Natural killer, байгалийн алуурч эс) эсийн үйл ажиллагаа алдагдах, нейтрофилийн хөдлөх чадвар хязгаарлагдах бичил биетний эсрэг идэвх алдагддаг байна.<sup>55</sup>

#### **Агаарын бохирдлоос үүдэлтэй өвчин, эмгэгт бичил шим тэжээлийн нөлөө**

Эрүүл, зөв бүтэцтэй хоол хүнс хэрэглэх нь эрүүл мэндийг дэмжих, өвчин архагших эрсдэлийг бууруулж байна гэдгийг маш олон судалгаагаар тогтоосон байдаг. Хоол тэжээлийн чанарын индекс (Overall Nutritional Quality Index - ONQI)-ээр үнэлэхэд хоол тэжээлийн дутагдалтай хүмүүст архаг өвчлөлөөр өвдөх магадлал маш өндөр байгааг дурьджээ.<sup>56</sup> Эдгээр өвчний явцыг агаарын бохирдол хэт исэлдэлт, үрэвслийн механизмаар улам архагшуулдаг байна.<sup>10</sup>

Эрүүл зөв зохистой хооллох гэдэг ойлголтод хоногт хоолоор авч буй илчлэгийн хэмжээг зохих түвшинд барих, жимс, хүнсний ногоо, далайн гаралтай хоол хүнс, ханаагүй өөх тосыг түлхүү хэрэглэх нь зүйтэй. Хэдийгээр хүн амьдралын хэв маягаа өөрчлөх хэцүү байдаг ч эдгээрийг хэрэгжүүлэх зайлшгүй шаардлагатай юм. Омега-3 ханаагүй өөхний дээд хүчил зэрэг антиоксидант чанар бүхий бичил шим тэжээлийн бодис түлхүү хэрэглэх нь хэт исэлдэлт, үрэвслийг бууруулах сайн талтай.<sup>57-59</sup> Жишээ нь: Мексикийн судлаачид PM2.5-д өртөмхий бүлэгт загасны тос болон шар буурцагны тосны зүрхний хэм алдагдлыг бууруулах нөлөөг харьцуулан судалжээ. Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд загасны тос хэрэглэсэн бүлэгт зүрхний хэм алдагдал илүү буурч байжээ.<sup>5</sup>

Үйлдвэр, гэр хорооллын яндангийн нүүрсний шаталтаас үүсэх утаатай ойр байдаг хүмүүс буюу ажилчид, оршин суугчдын дундтохиолдол хяналтын судалгаагаар хэт исэлдэлтийн түвшинг үнэлж, С витамин, Е витамин нөлөөг судалсан судалгаагаар дээрх хүмүүст хэт исэлдэлтийн түвшин ижил байгааг тогтоосон байна. Харин С витаминь 500мг, Е витаминь 800мг-аар тус

тус хэрэглэсэн бүлэгт уураг, өөх тосны молекулуудын хувирал буурч, витамин хэрэглээгүй бүлэгтэй харьцуулахад антиоксидант тогтолцооны эрчим нэмэгдсэн байжээ.<sup>60</sup>

#### Амьтанд хийсэн судалгаа

Туршилтын амьтанд хийсэн судалгаагаар O<sup>-</sup>3, NO<sup>2</sup>-т өртөх үед уушгины оксидантын эсрэг үзүүлэх хариу урвалыг С витамин, Е витамин зохицуулж байжээ. Хоол хүнсээр С витаминь бага хэрэглэх үед цусанд, амьсгалын замын шүүрэл, салстад С витаминь агууламж багасдаг.<sup>33</sup> Е витамин дутагдахад үрэвслийн урьдал үеийн маркеруудын экспресс өөрчлөгдөх ба алвеолын type-II эсэд сурфактант липид синтез

буурчагаарын бохирдлын үед уушги гэмтэх нь нэмэгддэг байна.<sup>61</sup> N-ацетилцистеин маш хүчтэй антиоксидант бөгөөд харханд хийсэн судалгаагаар нүүрсний тоосноос үүдэлтэй хэт исэлдэлтийн үед үрэвслийн хариу урвалаас хамгаалах нөлөөтэй байдгийг тогтоожээ.<sup>62</sup>

#### Хүн амд хийгдсэн судалгаа

Агаарын бохирдолтой орчинд удаан хугацаанд амьдарч буй иргэдэд антиоксидантын нөлөөг судалсан нь бага боловч агаарын бохирдол уушгины үйл ажиллагаа, зүрхний хэм өөрчлөгдөх, үрэвслийн хариу урвалд хэрхэн нөлөөлж буй талаарх судалгаа чамгүй хэд байна.

### Хүснэгт 3. Антиоксидантын эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөө

Судлаач	Хамрагдсан хүмүүсийн тоо	Интервенци хийсэн бичил шим тэжээлийн бодис	Үнэлгээ	Үр дүн
Possamaiet al (2010) <sup>60</sup>	80	Витамин С (500мг/өдөр) Витамин Е (800мг/өдөр)	Хэт исэлдэлтийн биомаркеруудыг үнэлсэн	Нүүрсний шаталтаас үүсэх утааны үед ихэссэн хэт исэлдэлтийн процессын эсрэг витамин С, Е-ийн үйлдлийг сайжруулсан
Tong et al (2012) <sup>63</sup>	29	Омега-3 өөхний дээд хүчил (загасны тос 3гр/өдөр, Оливийн тос 3гр/өдөр)	Зүрхний хэм алдагдал, ЭКГ өөрчлөлт, Цусныөөх тосны өөрчлөлтийг үнэлсэн	Агаарын бохирдлоос үүдэлтэй зүрхний үйл ажиллагаа өөрчлөгдөх, өөх тосны сөрөг нөлөөллөөс хамгаалж байсан
Mohsenin (1987) <sup>64</sup>	11	Витамин С (4x500мг/өдөр)	Метахолин аэрозолийн эсрэг уушги, амьсгалын замын хариу урвалыг үнэлсэн	Аскорбины хүчил хэрэглэсэн бүлэгт NO <sup>2</sup> -оор өдөөгдөх амьсгалын замын хэт мэдрэгшил бүрэн дарагдсан
Romieu et al (1998) <sup>65</sup>	47	Витамин С (650мг/өдөр) Витамин Е (75мг/өдөр) β-каротин (15мг/өдөр)	Уушгины үйл ажиллагааг үнэлсэн	Антиоксидантуудыг нэмэлтээр хэрэглэсэн бүлэгт уушгинд озоны учруулах сөрөг нөлөөг багасгасан

#### Антиоксидант үйлдэлтэй нэгдэл ихээр агуулсан хүнс

Олон улсын судлаач нар хоол хүнсэнд агуулагдах антиоксидантын хэмжээг тогтоосон байна<sup>66-68</sup>. Эдгээрт:

1. Газрын самар (13,1 ммоль/100гр)
2. Хар шоколад (4,2 ммоль/100гр)
3. Бүхэл үрийн гурил (3,4 ммоль/100гр)
4. Улаан вино (2,5 ммоль/100гр)
5. Ногоон цай (1,5ммоль/100гр)
6. Анарын шүүс (2,1 ммоль/100гр)

Жимс, жимсгэнэ, хүнсний ногоо

1. Гүзээлгэнэ (1,6 ммоль/100гр)
2. Жүрж (1 ммоль/100гр)
3. Киви (0,8 ммоль/100гр)
4. Алим (0,4ммоль/100гр)
5. Гадил (0,4 ммоль/100гр)
6. Цэцэгт ногоон байцаа (0,2ммоль/100гр)
7. Төмс (0,1 ммоль/100гр)
8. Лууван (0,1 ммоль/100гр)

Судлаачдын үзэж буйгаар амьтны гаралтай хоол хүнстэй харьцуулахад ургамлын гаралтай бүтээгдэхүүнд антиоксидантын агууламж өндөр байна гэжээ. Тэр

дундаа уламжлалт анагаах ухаанд хэрэглэдэг эмийн ургамалдахь антиоксидантын хэмжээ хамгийн өндөр байна.<sup>67</sup>

Дийлэнх халуун ногоо, өвс ургамалд антиоксидант их хэмжээгээр агуулагддаг. Үүнээс үзвэл халуун ногоог өдөр тутмын хоол хүнсэндээ түлхүү хэрэглэдэг Азийн зарим орны иргэд антиоксидантыг хангалттай хэмжээгээр авдаг бололтой. Мөн зарим нэг ургамлыг хатааж хэрэглэх нь антиоксидантын агууламжийг нэмэгдүүлдэг байна. Хатаах үед ургамалд агуулагдах антиоксидантын агууламж буурдаггүй, харин ч түүний концентраци ихэсдэг тул хатаасан ургамал, жимс хэрэглэх нь бие махбодод шаардлагатай антиоксидантын томоохон эх үүсвэр болох боломжтойг харуулж байна.

Бие махбодод шаардлагатай шим тэжээлийн бодис агуулдаг нэг хүнс нь самар юм. Эдгээр шим тэжээлийн бодисуудад антиоксидант мөн л байгаа. Мөн хальстай (pellicle) самранд агуулагдах антиоксидантын хэмжээ хальсгүй самартай харьцуулахад өндөр байжээ. Өөр нэгэн судалгаагаар самрын хальсанд флавоноид илрүүлсэн нь дээрх үр дүнтэй дүйж байна.

Цай, кофе нь хэрэглээгээрээ усны дараа орох унд юм. Цай, кофенд антиоксидант тодорхой хэмжээгээр агуулагдах ба олон давтамжтайгаар хэрэглэгддэг учир антиоксидантын үндсэн эх үүсгэвэр болох боломжтой юм. Кофенд агуулагдах антиоксидантад кофеин, полифенол, гетероцагирагт нэгдлүүд багтана. Эдгээр нь маш хурдтайгаар цус руу шимэгдэх ба кофе уусны дараа цусны шинжилгээгээр антиоксидантын хэмжээг нэмэгдсэн байжээ.<sup>69,70</sup>

Ногоон цайнд катехин, эпикатехин зэрэг флавоноидууд агуулагддаг. Үүгээр антиоксидант шинж чанар нь тодорхойллогддог.<sup>71</sup>

Кофе, гүзээлзгэнэ, анар жимсний шүүсэнд агуулагдах антиоксидантын агууламжийг эхийн сүүтэй ойролцоо харин сүү орлуулах бүтээгдэхүүнээс өндөр байдаг ажээ.

Шоколадны эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөөг сүүлийн жилүүдэд ихээхэн судалжээ.<sup>72</sup> Үр дүнгээс үзэхэд какаоны агууламж, антиоксидантын агууламжтай эерэг хамааралтай байсан байна.

Мөн хоол хүнсэнд агуулагдах антиоксидантуудын хэмжээ хадгалсан горим, хэрхэн үйлдвэрлэсэн, хаана тариалсан, улирлаас ихээхэн хамаардаг гэжээ. Жишээлбэл гар аргаар жүржийн шүүс бэлтгэх үеийн витамин С-ийн агууламж үйлдвэрийн аргаар бэлтгэсэн шүүстэй харьцуулахад 25%-иар бага байв.<sup>73-75</sup>

### Жимс, жимсгэнэ

*Чацаргана:* жимсний зөөлөн эдэд хуурай бодис 7-12%, нүүрс-ус 3,7-6% хүртэл, үүнээс олигосахарид 0,03-0,12%, фруктоз 1%, глюкоз 2%, органик хүчлүүд

(алимны, дарсны) 2,5% хүртэл, будагч пигмент кверцетин, тослог нь жимсэнд 9%, хальсанд 12% хүртэл агуулгатай байдаг. Чацаргана байгалийн поливитаминт жимс юм. Түүний найрлаганд А амин дэмийн урьдал-каротиноидуудын агуулга 10,9 мг% хүртэл, С амин дэм, бусад амин дэмүүдийг ч (В1, D2, В6, Е, К, Р) хангалттай хэмжээнд агуулдгийг олон судлаачид тогтоосон байдаг. Чацаргана нь биологийн идэвхитэй олон нэгдлийг их тунгаар агуулдаг нь түүний эмчилгээний болон зохицуулах үйлчилгээтэй өвөрмөц шинжийг тодорхойлдог. Халдвараас сэргийлэх, бактерийг устгах, эсийн мембраныг нөхөн сэргээх, дархлааг сайжруулах зэрэг биологийн олон талт өндөр идэвхи, антиоксидант үйлчлэлтэй бета-каротин, токоферол, С амин дэм, поли ханаагүй тосны хүчлүүд ω-3, ω-6, бичил бичил элемент Fe, В, Cu, Al, Si, Mn, Se, Co зэрэг шимт бодисуудыг агуулдаг. Судлаач Г.Г.Чепелева, Г.С.Шин, М.А.Носаль нарын тогтоосноор чацарганы хальсанд серотонин, навчинд нь гиппофайн зэрэг хавдрын эсрэг өндөр үйлчлэлтэй бодисууд агуулагддаг байна.<sup>76</sup>

*Нэрс:* Нэрс жимс глюкоз (1664±121 мг/100гр), фруктозыг (2138±149 мг/100гр) их хэмжээгээр агуулдаг. Найрлага дахь органик хүчлийн дийлэнхийг нимбэгний хүчил (172±11 мг/100гр) бүрдүүлдэг ба аскорбины хүчил (12±1 мг/100гр)-ийг ч мөн их хэмжээгээр агуулдаг байна. Судлаачид дээрх найрлагууд газарзүйн онцлог, улирал, нас бие гүйцсэн эсэхээс хамаарч ихээхэн хэлбэлзэж буйг тогтоожээ.<sup>77</sup>

Нэрс жимс антоцианиныг их хэмжээгээр агуулдаг ба энэ нь хүчирхэг антиоксидант үйлчлэлтэйгээс гадна зүрх судасны өвчлөлөөр өвдөх эрсдэл, даралт ихдэх өвчнөөс урьдчилан сэргийлдэг байж болох юм гэжээ. Мөн чихрийн шижин өвчнөөр өвдөх эрсдлийг бууруулдаг байна.<sup>78</sup>

### Ном зүй

1. van Donkelaar A, Martin RV, Brauer M, et al. Global estimates of ambient fine particulate matter concentrations from satellite-based aerosol optical depth: development and application. *Environmental health perspectives*. Jun 2010;118(6):847-855.
2. WHO. *Who Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide*; World Health Organization: Geneva, Switzerland. 2006.
3. Brook RD. Cardiovascular effects of air pollution. *Clinical science (London, England)*:1979). Sep 2008;115(6):175-187.
4. Peters A. Particulate matter and heart disease: evidence from epidemiological studies. *Toxicology and applied pharmacology*. Sep 1 2005;207(2 Suppl):477-482.
5. Romieu I, Tellez-Rojo MM, Lazo M, et al. Omega-3

- fatty acid prevents heart rate variability reductions associated with particulate matter. *American journal of respiratory and critical care medicine*. Dec 15 2005;172(12):1534-1540.
6. Kelly FJ, Mudway I, Blomberg A, Frew A, Sandström T. Altered lung antioxidant status in patients with mild asthma. *The Lancet*. 1999/08/07/1999;354(9177):482-483.
  7. Wood LG, Gibson PG, Garg ML. Biomarkers of lipid peroxidation, airway inflammation and asthma. *The European respiratory journal*. Jan 2003;21(1):177-186.
  8. Su JG, Apte JS, Lipsitt J, et al. Populations potentially exposed to traffic-related air pollution in seven world cities. *Environment international*. May 2015;78:82-89.
  9. Levy JIC, J.E.; Baxter, L.K.; Houseman, E.A.; Paciorek, C.J. *Evaluating Heterogeneity in Indoor and Outdoor Air Pollution Using Land-Use Regression and Constrained Factor Analysis*. 2019.
  10. Nel AE, Diaz-Sanchez D, Li N. The role of particulate pollutants in pulmonary inflammation and asthma: evidence for the involvement of organic chemicals and oxidative stress. *Current opinion in pulmonary medicine*. Jan 2001;7(1):20-26.
  11. Schauer JJJ, G.C.; Shafer, M.M.; Christensen, W.F.; Arndt, M.F.; Deminter, J.T.; Park, J.S. *Characterization of Metals Emitted from Motor Vehicles*. 2006.
  12. Clougherty Je KIJ, S.; Pezeshki, G.; Jacobson, J.B.; Eisl, H.; Gorczynski, J.; Ross, Z.; Kitson, H.; Benson, A.; Camacho, A.; et al. *The New York City Community Air Survey Supplemental Report: Nickel Concentrations in Ambient Fine Particles: Winter Monitoring*. 2008-2009.
  13. Krewski DBRG, M.S.; Hoover, K.; Siemiatycki, J.; Jerrett, M. *Reanalysis of the Harvard Six Cities Study and the American Cancer Society Study of Particulate Air Pollution and Mortality*; 2000.
  14. Shmool JL, Kubzansky LD, Newman OD, Spengler J, Shepard P, Clougherty JE. Social stressors and air pollution across New York City communities: a spatial approach for assessing correlations among multiple exposures. *Environmental health : a global access science source*. Nov 6 2014;13:91.
  15. Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA, 3rd, et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. Jun 1 2010;121(21):2331-2378.
  16. Miller MR. The role of oxidative stress in the cardiovascular actions of particulate air pollution. *Biochemical Society transactions*. Aug 2014;42(4):1006-1011.
  17. Park SK, O'Neill MS, Wright RO, et al. HFE genotype, particulate air pollution, and heart rate variability: a gene-environment interaction. *Circulation*. Dec 19 2006;114(25):2798-2805.
  18. Oftedal B, Brunekreef B, Nystad W, Madsen C, Walker SE, Nafstad P. Residential outdoor air pollution and lung function in schoolchildren. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*. Jan 2008;19(1):129-137.
  19. Rojas-Martinez R, Perez-Padilla R, Olaiz-Fernandez G, et al. Lung function growth in children with long-term exposure to air pollutants in Mexico City. *American journal of respiratory and critical care medicine*. Aug 15 2007;176(4):377-384.
  20. Pope IC, Burnett RT, Thun MJ, et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA*. 2002;287(9):1132-1141.
  21. Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Beelen R, et al. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *The Lancet Oncology*. 2013/08/01/ 2013;14(9):813-822.
  22. Ranft U, Schikowski T, Sugiri D, Krutmann J, Kramer U. Long-term exposure to traffic-related particulate matter impairs cognitive function in the elderly. *Environmental research*. Nov 2009;109(8):1004-1011.
  23. Pope CA, 3rd, Burnett RT, Turner MC, et al. Lung cancer and cardiovascular disease mortality associated with ambient air pollution and cigarette smoke: shape of the exposure-response relationships. *Environmental health perspectives*. Nov 2011;119(11):1616-1621.
  24. Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S, Fischer P, van den Brandt PA. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *The Lancet*. 2002/10/19/ 2002;360(9341):1203-1209.
  25. Manicourt DH, Devogelaer JP. Urban tropospheric ozone increases the prevalence of vitamin D deficiency among Belgian postmenopausal women with outdoor activities during summer. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*. Oct 2008;93(10):3893-3899.
  26. Zeka A, Sullivan JR, Vokonas PS, Sparrow D, Schwartz J. Inflammatory markers and particulate air pollution: characterizing the pathway to disease. *International journal of epidemiology*. Oct 2006;35(5):1347-1354.
  27. Costa DL, Dreher KL. Bioavailable transition metals in particulate matter mediate cardiopulmonary injury in healthy and compromised animal models.

- Environmental health perspectives. 1997;105 Suppl 5(Suppl 5):1053-1060.
28. Soukup JM, Becker S. Human alveolar macrophage responses to air pollution particulates are associated with insoluble components of coarse material, including particulate endotoxin. *Toxicology and applied pharmacology*. Feb 15 2001;171(1):20-26.
  29. Gonzalez-Flecha B. Oxidant mechanisms in response to ambient air particles. *Molecular aspects of medicine*. Feb-Apr 2004;25(1-2):169-182.
  30. Risom L, Moller P, Loft S. Oxidative stress-induced DNA damage by particulate air pollution. *Mutation research*. Dec 30 2005;592(1-2):119-137.
  31. Jimenez LA, Thompson J, Brown DA, et al. Activation of NF-kappaB by PM(10) occurs via an iron-mediated mechanism in the absence of IkappaB degradation. *Toxicology and applied pharmacology*. Jul 15 2000;166(2):101-110.
  32. Shukla A, Timblin C, BeruBe K, et al. Inhaled particulate matter causes expression of nuclear factor (NF)-kappaB-related genes and oxidant-dependent NF-kappaB activation in vitro. *American journal of respiratory cell and molecular biology*. Aug 2000;23(2):182-187.
  33. Hatch GE. Asthma, inhaled oxidants, and dietary antioxidants. *The American journal of clinical nutrition*. Mar 1995;61(3 Suppl):625s-630s.
  34. Saxon A, Diaz-Sanchez D. Air pollution and allergy: you are what you breathe. *Nature immunology*. Mar 2005;6(3):223-226.
  35. McDonald JD, Harrod KS, Seagrave J, Seilkop SK, Mauderly JL. Effects of low sulfur fuel and a catalyzed particle trap on the composition and toxicity of diesel emissions. *Environmental health perspectives*. 2004;112(13):1307-1312.
  36. (Ed.) HS. *Oxidative Stress*, Academic Press, London, 1985.
  37. Betteridge DJ. What is oxidative stress? *Metabolism: clinical and experimental*. Feb 2000;49(2 Suppl 1):3-8.
  38. Chandra Kala SSA, Abid Mohd, Sweet Rajpoot, Najam Ali Khan. "Protection Against FCA Induced Oxidative Stress Induced DNA Damage as a Model of Arthritis and In vitro Anti-arthritic Potential of *Costus speciosus* Rhizome Extract". *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*. 2015;7 (2):383-389.
  39. Halliwell B. Oxidative stress and cancer: have we moved forward? *The Biochemical journal*. Jan 1 2007;401(1):1-11.
  40. Bonomini F, Tengattini S, Fabiano A, Bianchi R, Rezzani R. Atherosclerosis and oxidative stress. *Histology and histopathology*. Mar 2008;23(3):381-390.
  41. Ramond A, Godin-Ribuot D, Ribuot C, et al. Oxidative stress mediates cardiac infarction aggravation induced by intermittent hypoxia. *Fundamental & clinical pharmacology*. Jun 2013;27(3):252-261.
  42. Segal AW. How neutrophils kill microbes. *Annual review of immunology*. 2005;23:197-223.
  43. Amir Aslani B, Ghobadi S. Studies on oxidants and antioxidants with a brief glance at their relevance to the immune system. *Life sciences*. Feb 1 2016;146:163-173.
  44. Nunomura A, Castellani RJ, Zhu X, Moreira PI, Perry G, Smith MA. Involvement of oxidative stress in Alzheimer disease. *Journal of neuropathology and experimental neurology*. Jul 2006;65(7):631-641.
  45. Boskovic M, Vovk T, Kores Plesnicar B, Grabnar I. Oxidative stress in schizophrenia. *Current neuropharmacology*. Jun 2011;9(2):301-312.
  46. Kelly FJ, Mudway IS. Protein oxidation at the air-lung interface. *Amino acids*. Dec 2003;25(3-4):375-396.
  47. Levine M, Padayatty SJ, Espey MG. Vitamin C: a concentration-function approach yields pharmacology and therapeutic discoveries. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*. 2011;2(2):78-88.
  48. Bast A, Haenen GR, Doelman CJ. Oxidants and antioxidants: state of the art. *The American journal of medicine*. Sep 30 1991;91(3c):2s-13s.
  49. Blaner WS. Vitamin E: the enigmatic one! *Journal of lipid research*. 2013;54(9):2293-2294.
  50. Singh U, Devaraj S, Jialal I. Vitamin E, oxidative stress, and inflammation. *Annual review of nutrition*. 2005;25:151-174.
  51. Siems W, Wiswedel I, Salerno C, et al. Beta-carotene breakdown products may impair mitochondrial functions--potential side effects of high-dose beta-carotene supplementation. *The Journal of nutritional biochemistry*. Jul 2005;16(7):385-397.
  52. Palozza P, Serini S, Di Nicuolo F, Piccioni E, Calviello G. Prooxidant effects of beta-carotene in cultured cells. *Molecular aspects of medicine*. Dec 2003;24(6):353-362.
  53. Sies H. Oxidative stress: oxidants and antioxidants. *Experimental physiology*. Mar 1997;82(2):291-295.
  54. Kris-Etherton PM, Harris WS, Appel LJ. Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: new recommendations from the American Heart Association. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*. Feb 1 2003;23(2):151-152.

55. Erickson KL, Medina EA, Hubbard NE. Micronutrients and innate immunity. The Journal of infectious diseases. Sep 2000;182 Suppl 1:S5-10.
56. Chiuvе SE, Sampson L, Willett WC. The association between a nutritional quality index and risk of chronic disease. American journal of preventive medicine. May 2011;40(5):505-513.
57. Hoeft B, Weber P, Eggersdorfer M. Micronutrients - a global perspective on intake, health benefits and economics. International journal for vitamin and nutrition research. Internationale Zeitschrift für Vitamin- und Ernährungsforschung. Journal international de vitaminologie et de nutrition. Oct 2012;82(5):316-320.
58. Landete JM. Dietary intake of natural antioxidants: vitamins and polyphenols. Critical reviews in food science and nutrition. 2013;53(7):706-721.
59. Prasad S, Sung B, Aggarwal BB. Age-associated chronic diseases require age-old medicine: role of chronic inflammation. Preventive medicine. May 2012;54 Suppl:S29-37.
60. Possamai FP, Junior SA, Parisotto EB, et al. Antioxidant intervention compensates oxidative stress in blood of subjects exposed to emissions from a coal electric-power plant in South Brazil. Environmental toxicology and pharmacology. Sep 2010;30(2):175-180.
61. Kollеck I, Sinha P, Rustow B. Vitamin E as an antioxidant of the lung: mechanisms of vitamin E delivery to alveolar type II cells. American journal of respiratory and critical care medicine. Dec 15 2002;166(12 Pt 2):S62-66.
62. Pinho RA, Silveira PC, Silva LA, Luiz Streck E, Dal-Pizzol F, JC FM. N-acetylcysteine and deferoxamine reduce pulmonary oxidative stress and inflammation in rats after coal dust exposure. Environmental research. Nov 2005;99(3):355-360.
63. Tong H, Rappold AG, Diaz-Sanchez D, et al. Omega-3 fatty acid supplementation appears to attenuate particulate air pollution-induced cardiac effects and lipid changes in healthy middle-aged adults. Environmental health perspectives. Jul 2012;120(7):952-957.
64. Mohsenin V. Effect of vitamin C on NO<sub>2</sub>-induced airway hyperresponsiveness in normal subjects. A randomized double-blind experiment. The American review of respiratory disease. Dec 1987;136(6):1408-1411.
65. Romieu I, Meneses F, Ramirez M, et al. Antioxidant supplementation and respiratory functions among workers exposed to high levels of ozone. American journal of respiratory and critical care medicine. Jul 1998;158(1):226-232.
66. Halvorsen BL, Carlsen MH, Phillips KM, et al. Content of redox-active compounds (ie, antioxidants) in foods consumed in the United States. The American journal of clinical nutrition. Jul 2006;84(1):95-135.
67. Carlsen MH, Halvorsen BL, Holte K, et al. The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide. Nutrition journal. Jan 22 2010;9:3.
68. Szeto YT, Tomlinson B, Benzie IF. Total antioxidant and ascorbic acid content of fresh fruits and vegetables: implications for dietary planning and food preservation. The British journal of nutrition. Jan 2002;87(1):55-59.
69. Illy E. The complexity of coffee. Scientific American. Jun 2002;286(6):86-91.
70. Olthof MR, Hollman PC, Katan MB. Chlorogenic acid and caffeic acid are absorbed in humans. The Journal of nutrition. Jan 2001;131(1):66-71.
71. McKay DL, Blumberg JB. The role of tea in human health: an update. Journal of the American College of Nutrition. Feb 2002;21(1):1-13.
72. Cooper KA, Donovan JL, Waterhouse AL, Williamson G. Cocoa and health: a decade of research. The British journal of nutrition. Jan 2008;99(1):1-11.
73. Gil-Izquierdo A, Gil MI, Ferreres F. Effect of processing techniques at industrial scale on orange juice antioxidant and beneficial health compounds. Journal of agricultural and food chemistry. Aug 28 2002;50(18):5107-5114.
74. Kalt W, Forney CF, Martin A, Prior RL. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. Journal of agricultural and food chemistry. Nov 1999;47(11):4638-4644.
75. Ismail A LW. Influence of cooking practice on antioxidant properties and phenolic content of selected vegetables. Asia Pacific Journal of Clinic Nutrition. 2004;13(S162).
76. З.Ичинхорлоо МО, Н.Бира. Чацарганы шим тэжээл, антиоксидант чанар. ЭМШУИС;2010.
77. Colak N, Torun H, Gruz J, et al. Bog bilberry phenolics, antioxidant capacity and nutrient profile. Food chemistry. Jun 15 2016;201:339-349.
78. Crespo MC, Visioli F. A Brief Review of Blue- and Bilberries' Potential to Curb Cardio-Metabolic Perturbations: Focus on Diabetes. Current pharmaceutical design. 2017;23(7):983-988.

*Танилцаж, нийтлэх санал өгсөн:  
Академич, АШУД, Проф. Б.Бурмаажав*