

# Baltalkšņa un ābeles koksnes granulu degšanas procesā izdalīto dūmgāžu sastāvs gaļas kūpinātavas kamerā

## The composition of flue gases emitted during the burning process of grey alder and apple wood pellets in the chamber of a meat smokehouse

Mārtiņš Zeps<sup>1</sup>, Gints Spalva<sup>1</sup>, Endijs Bāders<sup>1</sup>, Jānis Zandbergs<sup>2</sup>  
Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"<sup>1</sup>; SIA "Linda 1"<sup>2</sup>  
[martins.zeps@silava.lv](mailto:martins.zeps@silava.lv); [j.zandbergs@gmail.com](mailto:j.zandbergs@gmail.com)



Koksnes degšanas process ir cietās organiskās daļas oksidēšana – pārvēršana par gāzes sadegšanas produktiem. Procesu parasti iedala trīs fāzēs: 1) karsēšana; 2) pirolīzes gāzu aizdegšanās; 3) degšana. Degšanas process ietekmē izmantotais koksnes veids, mitrums, tilpums, blīvums, koksnes ķīmiskais sastāvs, gaisa padeve un sadedzināšanas iekārta, kas kopumā tālāk ietekmē arī izdalījušos dūmgāžu sastāvu un daudzumu. Pētījuma mērķis noskaidrot dūmgāžu sastāva izmaiņas gaļas kūpinātavas kamerā, dedzinot baltalkšņa un ābeles koksnes granulas, izmantojot ozonētu gaisu.

### Materiāls un metodika

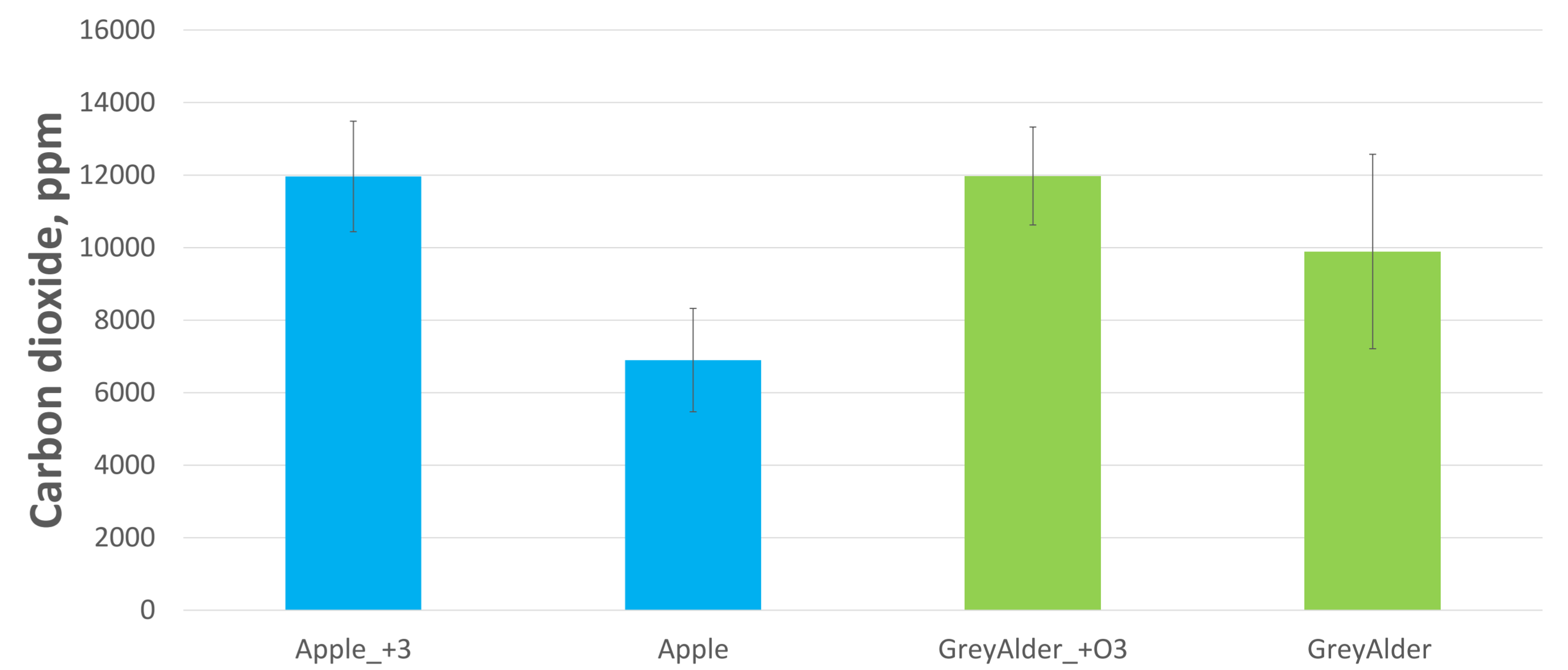
Eksperimentā izmantotās baltalkšņa un ābeles koksnes granulas izgatavotas izmantojot mizotu koksni. Granulu diametrs 6 un 8 mm, mitrums no 8 līdz 10 %. Degšanas kamera – cilindriera ar horizontālu liesmas virzienu. Granulu padeve automātiska izmantojot skrūves tipa padevi. Gaisa padeve – piespiedu no sāniem. Gaisa ozonēšanai izmantoti trīs augstfrekvenču ozona ģeneratori, kuri saslēgti virknē, kur katra nominālā jauda no 10 līdz 50 g/h. Ozona ražošana veikta cikliski uzkrājot to tvertnē un vienmērīgi padodot gaisa ieplūdē, kur ozons sajaukās ar atmosfēras gaisu, kurā ozona koncentrācija bija no 30 līdz 50 ppm. Degšanas procesā iegūtās dūmgāzes caur dūmvadu nonāca kūpinātava, kur notika to sajaukšanās izmantojot Venturi principu. Dūmgāžu analīzei izmantots gāzu analizators Gasmeter DX4040 FTIR Gas Analyzer. Dūmgāzes pirms nonākšanas gāzu analizatorā atdzesētas zem +35°C izmantojot ūdens tvertni kurā ievietoja gāzu analizatora gāzu uzsūkšanas cauruli. Dūmgāzēm noteicām oglekļa dioksīda un monoksīda daudzumu ppm, dislāpekļa un ozona daudzumu ppm, metāna un amonjaka daudzumu ppm, kā arī ūdens tvaiku ppm.

### Rezultāti

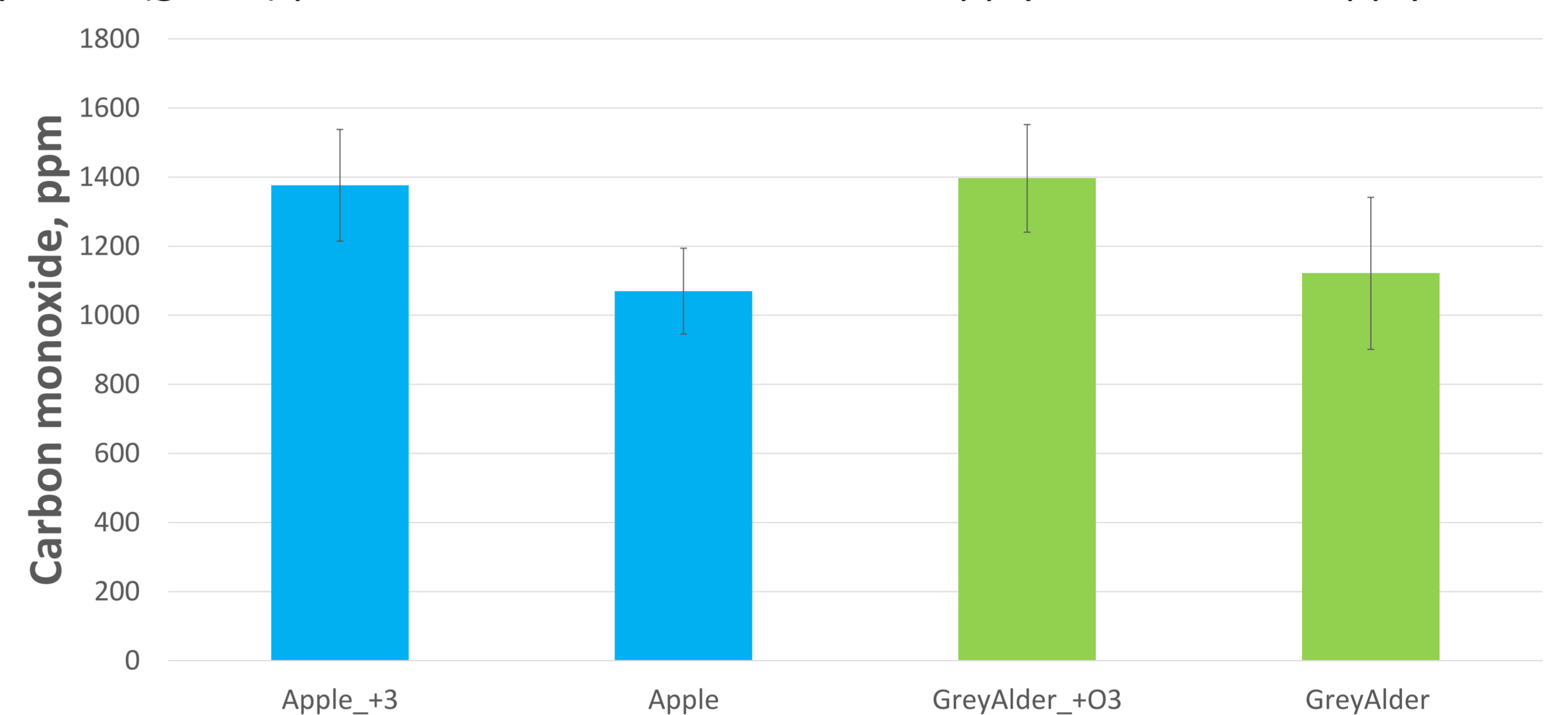
Baltalkšņa un ābeles koksnes granulas deg augstākā temperatūrā, ja gaisa padeve tiek bagātināta ar ozonu (attiecīgi 803±5°C un 785±6°C), kas savukārt atstāj ietekmi uz dūmgāžu sastāvu. Dūmgāzēs, kuras iegūtas degšanas procesā gaisu bagātinot ar ozonu novēro paaugstinātu CO<sub>2</sub> un CO daudzumu (att.1 un att.2) salīdzinot ar dūmgāzēm, kuras iegūtas degšanas procesā bez ozona. Būtiskas atšķirības CO<sub>2</sub> un CO saturā novēro tikai ābeles koksnes granulām. Savukārt metāna daudzums CH<sub>4</sub>, degšanas procesā izmantojot ozonētu gaisu, būtiski pieaugumu dūmgāzēs dedzinot gan ābeles gan baltalkšņa koksnes granulas (Att.3), pie kam CH<sub>4</sub> daudzums cieši korelē ar CO daudzumu (r=0.86). Savukārt ūdens tvaiku daudzums (att.4.), kā arī slāpekļa savienojumi N<sub>2</sub>O, un NO<sub>x</sub> būtiski neatšķirās, pie kam NH<sub>4</sub> bija zem diagnosticēšanas līmeņa, kas norāda, uz pietiekamu skābekļa piegādi degšanas procesā un efektīvu sadegšanas procesu. Kopumā, gaisa bagātināšana ar ozonu nodrošina augstāku koksnes granulu sadegšanas temperatūru, kā arī palielina dūmgāzēs CH<sub>4</sub> un CO<sub>2</sub>, un CO oksīdu daudzums. Turpmāk pētījumā vērtēsim iegūto dūmgāžu ietekmi uz benzopirēna līmeni kūpinātos gaļas produktos.

### Results

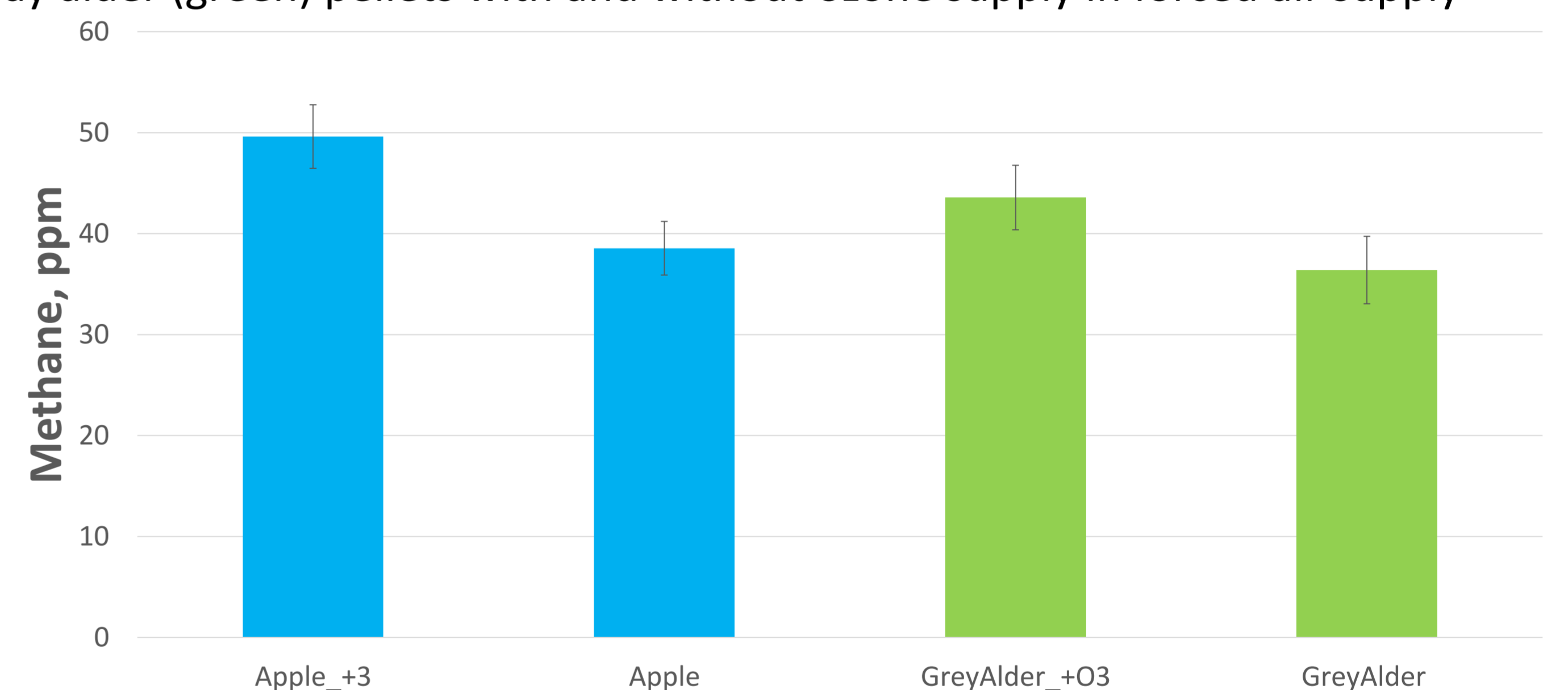
Grey alder and apple wood pellets burned at a higher temperature if the air supply was enriched with ozone (803±5°C and 785±6°C, respectively), which in turn had an impact on the flue gas composition. An increased amount of CO<sub>2</sub> and CO was observed in the flue gases obtained during the combustion process by enriching the air with ozone (Fig. 1 and Fig. 2) compared to the flue gases obtained during the combustion process without ozone. Significant differences in CO<sub>2</sub> and CO content were observed only for apple wood pellets. On the other hand, the amount of methane (CH<sub>4</sub>) significantly increased in the flue gases when burning both apple and white oak wood pellets using ozonized air in the combustion process (Fig. 3), where the amount of CH<sub>4</sub> was closely correlated with the amount of CO (r=0.86). However, the amount of water vapor (Fig. 4), as well as nitrogen compounds N<sub>2</sub>O and NO<sub>x</sub> did not differ significantly, while NH<sub>4</sub> was below the detection level, hence indicating an efficient combustion process with sufficient oxygen supply. In general, air enrichment with ozone ensured a higher combustion temperature of wood pellets and increased the amount of CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> and CO oxides in flue gases. The further research will evaluate the effect of the obtained flue gases on the level of benzopyrene in smoked meat products.



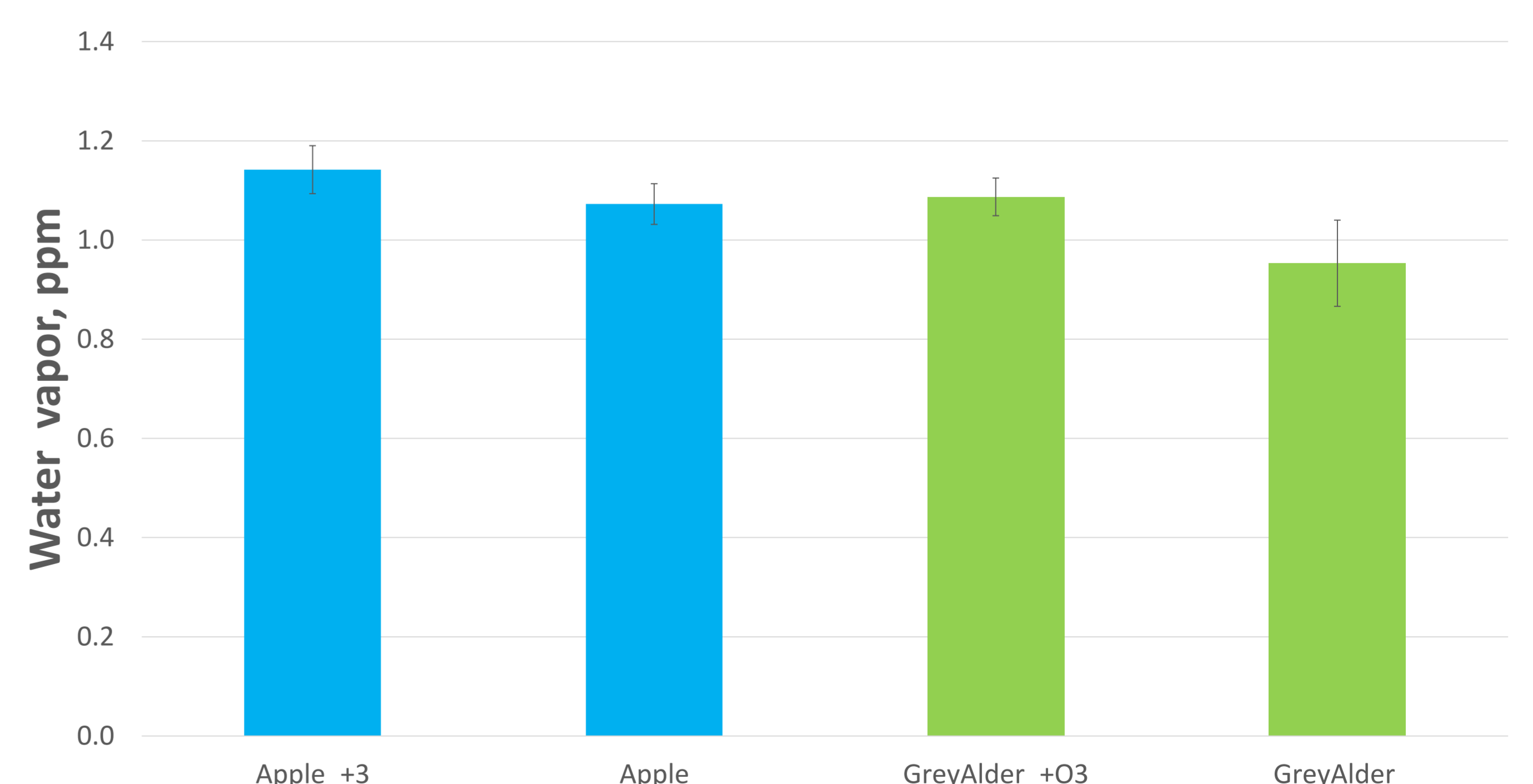
1. Attēls. Ogļskābes gāzes daudzums ppm dūmgāzēs dedzinot ābeles (zilā krāsā) un baltalkšņa (zaļā krāsā) granulas ar un bez zona pievades piespiedu gaisa padevē  
1. Figure. Carbon dioxide content ppm in flue gases from burning apple (blue) and gray alder (green) pellets with and without ozone supply in forced air supply



2. Attēls. Oglekļa monoksīda (tvana gāzes) daudzums ppm dūmgāzēs dedzinot ābeles (zilā krāsā) un baltalkšņa (zaļā krāsā) granulas ar un bez zona pievades piespiedu gaisa padevē  
2. Figure. Carbon monoxide content ppm in flue gases from burning apple (blue) and gray alder (green) pellets with and without ozone supply in forced air supply



3. Attēls. Metāna daudzums ppm dūmgāzēs dedzinot ābeles (zilā krāsā) un baltalkšņa (zaļā krāsā) granulas ar un bez zona pievades piespiedu gaisa padevē  
3. Figure. Methane content ppm in flue gases from burning apple (blue) and gray alder (green) pellets with and without ozone supply in forced air supply



4. Attēls. Ūdens tvaiku saturs ppm dūmgāzēs dedzinot ābeles (zilā krāsā) un baltalkšņa (zaļā krāsā) granulas ar un bez zona pievades piespiedu gaisa padevē  
4. Figure. Water vapour content ppm in flue gases from burning apple (blue) and gray alder (green) pellets with and without ozone supply in forced air supply

