



**TURUN
YLIOPISTO**

Lohkoketjujen hyödyntäminen elintarviketeollisuuden toimitusketjuissa

Veeti Kämäri

Toimitusketjujen johtamisen kandidaatintutkielma

Laatija:

Veeti Kämäri

Ohjaaja:

Sini Laari

26.4.2024

Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu
Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä

Kandidaatintutkielma

Oppiaine: Toimitusketjujen johtaminen

Tekijä: Veeti Kämäri

Otsikko: Lohkoketjujen hyödyntäminen elintarviketeollisuuden toimitusketjuissa

Ohjaaja: KTT Sini Laari

Sivumäärä: 31 sivua

Päivämäärä: 26.4.2024

Tämän kandidaattitutkielman tarkoituksena on tutkia miten lohkaketjuja voisi hyödyntää elintarviketeollisuuden toimitusketjuissa esimerkiksi parantamaan jäljitettävyyttä ja turvallisuutta. Elintarviketeollisuuden toimitusketju voikin olla hyvin monimutkainen, ja sen tehokas hallinta on elintärkeää ruuan laadun ja turvallisuuden varmistamiseksi. Nykyiset haasteet, kuten elintarvikkeiden huono jäljitettävyyys ja läpinäkyvyys, voivat vaarantaa kuluttajien luottamuksen ja aiheuttaa merkittäviä taloudellisia menetyksiä. Lohkoketjuteknologia tarjoaa hajautetun ja läpinäkyvän tietokannan, joka tallentaa tiedot kryptografisesti turvalla tavalla.

Tutkielma keskittyy selvittämään, miten lohkaketju voi parantaa toimitusketjun läpinäkyvyyttä, mahdollistaa reaaliaikaisen jäljitettävyyden ja vähentää petosriskejä. Tutkielmassa tarkastellaan myös lohkaketjun integroimista muihin digitaalisiin teknologioihin, kuten IoT (esineiden internet) ja älykkäisiin sopimuksiin, tehostakseen toimitusketjun prosesseja. Tutkimus tuo esiin konkreettisia ja teoreettisia esimerkkejä lohkaketjun käytännön sovellutuksista, osoittaen sen vaikutukset tietovirtoihin, tehokkuuteen ja loppukäyttäjien luottamukseen.

Tutkielman tuloksena huomattiin, että lohkaketjut parantavat toimitusketjujen läpinäkyvyyttä jäljitettävyyttä ja tehokkuutta. Näin toimitusketjuista tulee myös turvallisempia ja kustannustehokkaampia. Lohkoketjujen integroiminen toimitusketjuihin vaatii kuitenkin alkuinvestointeja ja luottamuksen lisääntymistä teknologiaa kohtaan. Tutkimus luo perustan myös jatkotutkimukselle ja keskustelulle lohkaketjun roolista elintarviketeollisuuden kestävyiden ja vastuullisuuden edistämässä.

Avainsanat: lohkaketju, elintarviketeollisuus, toimitusketjun läpinäkyvyys, jäljitettävyyys, elintarviketurvallisuus, vastuullisuus

Sisällysluettelo

1	Johdanto	5
2	Elintarviketeollisuuden toimitusketjujen nykytila	7
2.1	Elintarvikkeiden toimitusketjun vaiheet	7
2.2	Elintarvikkeiden toimitusketjujen haasteet	8
3	Lohkoketjut	11
3.1	Lohkoketjujen toimintaperiaatteet	11
3.2	Keskittetty ja hajautettu verkko	12
3.3	Älysopimukset	13
4	Lohkoketjujen tuomat hyödyt elintarviketeollisuuden toimitusketjuihin	14
4.1	Jäljitettävyys	14
4.2	Läpinäkyvyys	16
4.3	Toimitusketjun tehostaminen ja transaktiokustannusten vähentäminen	17
5	Lohkoketjujen käyttöönoton haasteita	20
6	Käyttöönotto käytännössä	22
6.1	Nykypäivän sovellukset	23
7	Yhteenveto ja johtopäätökset	25
8	Lähteet	27

1 Johdanto

Elintarvike- ja juomateollisuudella on suora vaikutus koko yhteiskunnan jokapäiväiseen elämään ja se on elintärkeässä asemassa, sekä alueellisissa, että globaaleissa talouksissa (Katsikouli, Wilde, Dragoni & Høgh-Jensen 2020). Kuluttajat pitävät nykyään normaalina elintarvikkeiden saamista maailman toiselta puolelta, esimerkiksi hedelmien ja vihannesten ostamista vuodenajasta riippumatta. Tämä elintarviketeollisuuden globalisoituminen lisää toimijoiden määrää, pidentää välimatkoja ja näin ollen kaikkien elintarvikkeiden siirtymisaikoja, sekä suurentaa riskiä tiedon hukkumiselle elintarviketähtäimissä. Tämän seurauksena elintarvikejärjestelmä on monimutkaistunut, mikä on vaikeuttanut elintarvikkeiden toimitusketjujen ongelmien ratkaisemista. (Li, Lee & Gharehgozli 2021.) Kyseisiä ongelmia ovat esimerkiksi ruuan turvallisuus, ruuan vastuullisuus ja kuluttajaluottamuksen heikkeneminen (Katsikouli ym. 2020).

Elintarviketeollisuus on teollisuudenala, johon jokainen ihminen osallistuu joka päivä. Se on taloudellisen asemansa lisäksi suuri vaikuttaja ympäristövastuullisuudessa ja sosiaalisessa vastuullisuudessa. Ruoantuotantoon tarvitaan huomattavia määriä maata, vettä, lannoitteita, torjunta-aineita ja energiaa. Nykypäivän elintarviketähtäimä tuottaakin 26 prosenttia ihmisen aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä. (Katsikouli ym. 2020.) Elintarviketeollisuus myös työllistää huomattavan osuuden koko maailman väestöstä. Arvioidaan, että 2019 noin 1,23 miljardia ihmistä oli työllistettynä elintarviketeollisuuden järjestelmissä (Yhdistyneiden kansakuntien elintarvike- ja maatalousjärjestö 2023).

Lisäksi maapallon väkimäärän jatkuvasti kasvaessa, tarvitaan yhä enemmän ruokaa, mikä monimutkaistaa ja kuormittaa elintarviketeollisuuden toimitusketjuja entisestään. On myös todisteita, jotka viittaavat ilmastonmuutoksesta johtuvien äärimmäisten sääilmiöiden lisääntyvän tulevaisuudessa, mikä lisää häiriöiden todennäköisyyttä ruuan tuotannossa ja jakelussa. (Stone & Rahimifard 2018.) Nämä seikat tekevät elintarviketeollisuuden toimitusketjujen tehostamisesta ja resilienssin kasvattamisesta yhä tärkeämpää. Toimitusketjun resilienssillä tarkoitetaan toimitusketjun sietokykyä eli kykyä varautua odottamattomiin tilanteisiin ja palautua häiriötilannetta edeltävään tilaan (Qader, Junaid, Abbas & Mubarik 2022.)

Toimitusketjut ovat perusluonteeltaan hyvin monimutkaisia kokonaisuuksia, jotka vaativat paljon hallinnointia. Koska tuotteet kulkevat monen osapuolen kautta, niiden keskeiset haasteet liittyvät etenkin jäljitettävyyden, läpinäkyvyyden ja luotettavuuden puutteeseen. (Booth 2010). Etenkin elintarviketeollisuudessa kuluttajat ovat päivä päivältä kiinnostuneempia ruoan eettisyydestä ja

vastuullisuudesta, jolloin toimitusketjun läpinäkyvyyden ja jäljitettävyyden merkitys kasvaa (Bastian & Zentes 2013). Jäljitettävyys ja läpinäkyvyys on määritettyjen lakien lisäksi etenkin tulevaisuudessa elintarvikeyrityksille kilpailuvaltti, koska kuluttajat suosivat vastuullisia tuotteita niiden turvallisuuden ja eettisyyden takia (Wognum, Bremmers, Trienekens, van der Vorst & Bloemhof 2011).

Kaikkiin näihin haasteisiin voidaan vastata integroimalla lohkoketjuteknologia toimitusketjuihin. Yksinkertaisuudessaan lohkoketju on hajautettu tietokanta, jossa informaatio on tallennettu digitaalisiin lohkoihin, jotka on kytketty yhteen ja suojattu kryptografisesti. Lohkoketjuja voidaan käyttää ongelmien ratkaisemiseen ja liiketoimintaintegraatioiden tehostamiseen elintarvikeketjuissa sen läpinäkyvyyden, jäljitettävyyden ja peukaloinninkestävyyden ominaisuuksien vuoksi. (Li ym. 2021.) Kysyntä on merkittävästi kasvanut viime vuosina eri lohkoketjuja hyödyntäville innovaatiolle ja erilaisia lohkoketjuteknologian sovelluksia kehitetäänkin jatkuvasti lisää (Honkanen 2017).

Tässä tutkimuksessa syvennyn siihen, miten lohkoketjuja voidaan soveltaa elintarviketeollisuuden toimitusketjuihin. Tutkimukseni tarkoituksena on myös kartoittaa nykytilaa käytännön lohkoketjusovelluksista elintarviketeollisuuden toimitusketjuissa. Samalla tarkastellaan, millaisia haasteita lohkoketjuteknologian integroimisessa on elintarviketeollisuuden toimitusketjuihin ja, miten näihin haasteisiin voitaisiin mahdollisesti vastata.

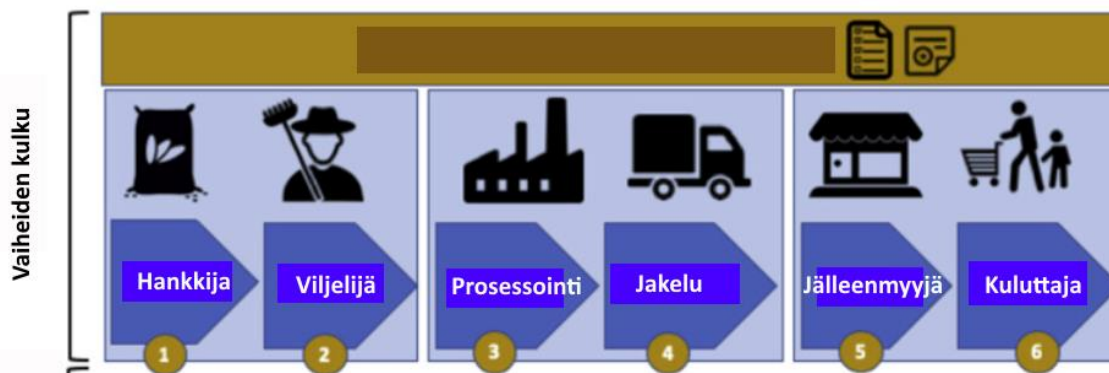
Tutkielmassa pyrin vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Miten lohkoketjuteknologiaa voidaan hyödyntää elintarviketeollisuuden toimitusketjuissa?
- Miten lohkoketjuteknologia voidaan integroida elintarviketeollisuuden toimitusketjuihin?
- Mitä haasteita lohkoketjuteknologian käyttöönotossa elintarviketeollisuuden toimitusketjuihin on?

2 Elintarviketeollisuuden toimitusketjujen nykytila

2.1 Elintarvikkeiden toimitusketjun vaiheet

Elintarviketeollisuuden toimitusketju voidaan mallintaa kuusiosaisena prosessina. Ensimmäisessä vaiheessa viljelijä ostaa esimerkiksi kasvien siemenet joltain toimittajalta. Toinen vaihe on tuotantovaihe, joka edustaa kaikkea maatilalla toteutettua maataloustoimintaa. Viljelijä käyttää raaka-ainetta ja orgaanista materiaalia (lannoitteita, siemeniä, eläinrotuja ja rehuja) viljelykasvien ja karjan kasvattamiseen. Kolmannessa vaiheessa alkutuote muutetaan kokonaan tai osittain yhdeksi tai useammaksi muuksi sekundäärituotteeksi, jonka jälkeen tuote pakataan ja yksilöidään tuotantoeräkoodilla, joka sisältää muun muassa tuotantopäivän ja käytettyjen raaka-aineiden luettelon. Kun tuote on pakattu ja merkitty, se vapautetaan jakeluvaihetta varten. Tuotteesta riippuen se saatetaan vielä varastoida. Viidennessä vaiheessa, jakelun päätyttyä tuotteet toimitetaan vähittäismyymälöille, jotka suorittavat tuotteen myynnin. Ketjun loppukäyttäjä on asiakas, joka ostaa tuotteen. (Kamilaris, Fonts & Prenafeta-Boldu 2019).



(Tripoli & Schmidhuber, 2018).

Kuvassa 1 näytetty yksinkertaistettu malli elintarviketeollisuuden toimitusketjuista on toistaiseksi tehoton ja epäluotettava (Tripoli & Schmidhuber, 2018). Läpinäkyvyyden puutteen takia tavarantavaihtoon liittyy suuri riski ostajien ja myyjien välillä. Lisäksi tavarantavaihto perustuu monimutkaisiin selvitysprosesseihin, jotka vaativat paljon paperityötä, mikä lisää riskiä entisestään tiedon hukkumisesta tai väärän tiedon kirjaamisesta. Koska liiketoimet ovat alttiita petoksille, välittäjät osallistuvat niihin mukaan, mikä lisää siirron kokonaiskustannuksia huomattavasti. (Katsikouli ym. 2020.) On arvioitu, että toimitusketjujen toimintakustannukset muodostavat kaksi kolmasosaa tavaroiden lopullisista kustannuksista. Näin ollen toimitusketjujen optimoinnille on paljon tilaa, vähentämällä tehokkaasti käyttökustannuksia. (Kamilaris ym. 2019.)

2.2 Elintarvikkeiden toimitusketjujen haasteet

Elintarviketeollisuuden toimitusketjuissa on monenlaisia haasteita, joista suuri osa on ollut olemassa aina. Nykypäivän trendien ja lakien mukana ne ovat kuitenkin nousseet isompaan merkitykseen kuin ennen. Ruoan laadun ja turvallisuuden varmistaminen on toki aina ollut elintarvikealalla merkittävä tavoite. Tämän tavoitteen tärkeys kasvaa kuitenkin vuosi vuodelta, kun elintarvikkeiden ostajista tulee tarkempia omaan terveyteen liittyen, sekä tietoisempia eri ruoka-aineista, ja niiden merkityksestä oman terveyden kannalta.

Kuluttajat näkevät jatkuvasti median kautta epäturvallisen ruoan aiheuttamia ruokakriisejä, mitkä ovat luoneet epäluottamusta elintarviketoimittajiin (Wognum ym. 2011). Toisaalta yleisesti ruoka on nyt turvallisempaa, kuin koskaan ennen. Tämä ei kuitenkaan välttämättä päde kaikkiin maihin, varsinkaan kehittyviin maihin, joiden valvontajärjestelmät ovat vähemmän vakiintuneita (Katsikouli ym. 2020). Ruoan turvallisuuden ja laadun lisäksi, myös ruuan eettisyyteen kiinnitetään nyt paljon enemmän huomiota, kuin ennen. Kuluttajat valitsevat enemmän ja enemmän tuotteita, jotka ovat ympäristön, eläinten ja ihmisten kannalta tehty vastuullisesti (Li ym. 2021).

Elintarviketoimitusketjun läpinäkyvyys liittyy vahvasti ruuan laadun, turvallisuuden ja vastuullisuuden takaamiseen ja luo luotettavuutta kuluttajia varten (Bastian & Zentes 2013). Toimitusketjun läpinäkyvyydellä tarkoitetaan sitä, missä määrin kaikilla sen sidosryhmillä on yhteinen käsitys ja mahdollisuus saada pyytämänsä tuotteeseen liittyvät tiedot ilman turhia viiveitä ja vääristymiä (Hofstede, Beulens, & Spaans-Dijkstra 2004). Näin ollen toimitusketjun läpinäkyvyys on toimitusketjun tietojen laadun, käytettävyyden, tarkkuuden ja aktuaalisuuden eli todenmukaisuuden indikaattori (Bastian & Zentes 2013).

Yleisesti elintarviketeollisuuden toimijat eivät ole saavuttaneet hyvää läpinäkyvyyttä. Yksi syy tähän on se, että monet prosessit ovat vain puolittain digitalisoituja ja vaativat manuaalista hallintaa ja paperityötä, jolloin virheitä tapahtuu helposti. Lisäksi tiedot yrityksen toiminnoista ovat usein tarpeettomasti kaikkien toimitusketjun osapuolien paikallisissa tietokannoissa ja ovat yleensä muiden ulottumattomissa. Tällaisten tietojen pyytäminen ja saaminen on vaikeaa. Näistä syistä ei ole olemassa yhtä ainoaa totuuden lähdettä. (Katsikouli ym. 2020.) Samaan aikaan tiedonhankintaprosessit ovat hyvin tehottomia ja hitaita. Tutkimukset osoittavat, että maailmanlaajuisesti yli 30 prosenttia elintarvikkeista häviää ja/tai menee hukkaan, toimitusketjujen tiedonkäsittelyn tehottomuuden vuoksi (Porter and Reay 2016).

Läpinäkyvyyden ja jäljitettävyyden kadotessa ruuan turvallisuus laskee huomattavasti. Joka vuosi noin yksi kymmenestä ihmisestä sairastuu syötyään pilaantunutta ruokaa, joka johtaa noin 420 000 kuolemaan (WHO). Esimerkiksi 2008 Kiinassa tapahtui elintarvikepetostapaus, jossa maidon laadun peittämiseksi lisättiin melamiinia, jota puolestaan käytettiin jauhemaisen äidinmaidonkorvikkeen valmistukseen. Tämä melamiinikontaminaatio johti siihen, että noin 294 000 lasta kärsi virtsatiekivistä. (Wu & Chen 2018.) Saksassa vuonna 2011 melkein neljä tuhatta ihmistä sairastui, joista 52 ihmistä kuoli E.coli suolistobakteeriin. Bakteeri levisi Egyptistä tuotujen vihannesten siemenien mukana. (Audette & Reymond 2011.) Bakteeri olisi voitu saada kuriin aikaisemmin, jos olisi tajuttu, että kaikki sairastuneet ovat syöneet näitä vihanneksia. Tämän jälkeen olisi voitu jäljittää vihannesten alkuperä ja lopettaa näiden vihannesten jakelu. Lohkoketjut olisivat voineet nopeuttaa prosessia huomattavasti.

Elintarviketeollisuuden laajeneminen kansallisten rajojen sisä- ja ulkopuolella on johtanut monimutkaisiin yhteistyöverkostoihin ja toimitusketjuihin. Toimitusketjujen kasvanut pituus ja monimutkaisuus johtaa usein jäljitettävyyden vähenemiseen ja sitä kautta haavoittuvuuden lisääntymiseen, sillä tiettyjen standardien noudattamista voidaan rikkoa. (Katsikouli ym. 2020.)

Elintarvikkeiden jäljitettävyydestä on kuitenkin olemassa lakisäätteitä. EU:n asetus 178/2002 ohjeistaa elintarvikealan toimijoita käyttämään yhden askeleen taaksepäin ja yhden askeleen eteenpäin- jäljitettävyyttä eli ”farm to fork” -strategiaa. Myös Suomen elintarvikelaissa 13.1.2006/23 on samanlainen määritelmä. Elintarvike pitää pystyä määrittämään yksi askel eteenpäin ja yksi askel taaksepäin. Esimerkiksi meijerin pitää tietää, miltä tilalta maito on tullut ja myös tietää, mihin maito tullaan lähettämään. Lain tarkoituksena on muun muassa varmistaa elintarvikkeiden ja niiden käsittelyn turvallisuus, sekä elintarvikkeiden hyvä terveydellinen ja muu elintarvikemääräysten mukainen laatu sekä suojata kuluttajaa elintarvikemääräysten vastaisten elintarvikkeiden aiheuttamilta terveysvaaroilta ja taloudellisilta tappioilta. (elintarvikelaki, 13.1.2006/23.)

Jäljitettävyys on Suomessa helppoa esimerkiksi monen vihanneksen tapauksessa. Esimerkiksi perunoissa, monesti pussissa tai kaupan laarissa mainitaan, miltä tilalta peruna on nostettu ja myöhemmin kuljetettu kauppaan. Kuitenkin monilla elintarvikkeilla, joihin käytetään montaa eri raaka-ainetta, on monimutkaiset ja monivaiheiset vertikaalisesti ja horisontaalisesti haarautuvat toimitusketjut, jolloin vain yksi eteenpäin/taaksepäin -strategiaan tukeutuminen tekee toimitusketjusta alttiin jäljitettävyyden katoamiselle (Bhat, Huang, Sofi & Sultan 2022). Vaikka jäljitettävyys ei katoaisikaan, tällaisen toimitusketjun jäljittäminen on hyvin hidasta ja työlästä nykyisillä menetelmillä.

Jäljitettävyys on ruuan turvallisuuden lisäksi myös luottamuskyky. Elintarvikepetoksia tehdään jatkuvasti ympäri Eurooppaa, mitkä vaikuttavat kuluttajien luottamukseen petoksesta kärkeäntänyttä yhtiötä sekä mahdollisesti koko valtiota kohtaan (Katsikouli ym. 2020). Elintarvikepetos määritellään tilanteena, jossa elintarvikelainsäädäntöä rikotaan tarkoituksellisesti taloudellisen hyödyn tavoittelemiseksi kuluttajapetoksen kautta. Näitä tapauksia ovat arvokkaiden ainesosien korvaaminen tai poistaminen, yhdisteiden lisääminen paremman laadun simuloimiseksi, väärät harhaanjohtavat lausunnot, kuten tuotteen väärä maantieteellinen alkuperä, ja myös poikkeaminen ilmoitetuista valmistusmenetelmistä. (Everstine 2017).

Elintarvikepetokset ovatkin viime aikoina lisääntyneet. Esimerkiksi halpa oliiviöljy on monesti käsitelty ja tehty näyttämään kalliilta ekstra-neitsytoliiviöljyltä lisäämällä siihen väriaineita ja keinotekoisia makuaineita (Li ym. 2021). Yhdysvaltalainen kauppajärjestö ”Consumer Brands Association” arvioi vuonna 2020, että kymmenen prosenttia maailmanlaajuisesti myydyistä elintarvikkeista on väärennettyjä.

Nykyisen elintarviketeollisuustoimitusketjun ongelmat kiteytyvät siis läpinäkyvyyden ja jäljitettävyiden puutteeseen. Näistä aiheutuvia ongelmia ovat esimerkiksi kuluttajien luottamuksen väheneminen, epätehokkaat rahaa kuluttavat prosessit ja ruuan turvallisuus ja laaturiskit. Nykyisten megatrendien takia näiden ongelmien merkitys kasvaa jatkuvasti.

Voidaan siis todeta, että nykyisessä elintarviketeollisuuden toimitusketjumallissa on paljon haasteita, joista osa on korostunut entisestään nykypäivän trendien myötä. Elintarviketurvallisuuden, laadun ja eettisyyden merkitys on kasvanut, ja kuluttajat ovat entistä tietoisempia ruokaan liittyvistä tekijöistä. Toimitusketjun läpinäkyvyyden ja jäljitettävyiden puutteista johtuen tiedonkulku on usein hidasta ja altis virheille, mikä voi vaarantaa ruuan turvallisuuden. Koko elintarviketeollisuus on altis petoksille, jotka voivat vaikuttaa kuluttajien luottamukseen ja lisätä kustannuksia. Ala kaipaa laajaa uudistusta ja lohkoketjut auttaisivat juuri näihin ongelmiin.

3 Lohkoketjut

3.1 Lohkoketjujen toimintaperiaatteet

Lohkoketjut, tunnettuina myös nimellä lohkoketjuteknologia, ovat vallankumouksellinen keksintö digitaalisessa maailmassa. Ne ovat muuttamassa tapaa, jolla tieto tallennetaan, jaetaan ja varmennetaan verkossa. Lohkoketju perustuu hajautettuun kirjanpitojärjestelmään, joka tallentaa tietoa lohkoihin ja linkittää ne toisiinsa kryptografisesti turvatuilla ketjuilla (Nakamoto 2008). Tämä lähestymistapa tarjoaa läpinäkyvyyttä, turvallisuutta ja hajautetun päätöksenteon mahdollisuuden, mikä tekee siitä potentiaalisesti hyvin ratkaisevan teknologian monien alojen, etenkin elintarviketeollisuuden, ongelmiin.

Lohkoketjujen nousu valokeilaan tapahtui Bitcoinin myötä, kun tuntemattoman Satoshi Nakamoton vuonna 2008 julkaisema artikkeli esitteli hajautetun vertaisverkkoon perustuvan anonyymien digitaalisen käteisen idean. Bitcoin oli ensimmäinen kryptovaluutta ja lohkoketjut mahdollistavat sen toimintaa. Aluksi Bitcoin oli pääosin pienten piirien keskustelunaihe, mutta jouluna 2017 yksi Bitcoinin arvo ampaisi yllättäen yli 18 000 dollariin (Bitcoin Price Index). Tällöin Bitcoin ja lohkoketjut rupesivat saamaan paljon julkista huomiota.

Lohkoketju mahdollistaa digitaalisen informaation tallentamisen verkossa toimiville palvelimille. Tällaisia palvelinkoneita kutsutaan solmuiksi. Solmut on linkitetty toisiinsa ja ne jakavat tietoa ja neuvottelevat keskenään välittämällä dataa (Di Pierro 2017.) Itse lohkoketju sisältää lohkoja, joiden sisällä on informaatiota. Nämä lohkot on linkitetty toisiinsa, jolloin ne saavat kryptografisen suojauksen. Jokainen lohko sisältää yksilöllisen tiivisteen, sekä tiivisteen kyseistä lohkoa aikaisemmasta lohkosta. Lohkossa on myös aikaleima ja transaktiodataa, joka voi olla numeroita ja kirjaimia tai kuvia ja videoita. (Mougayar 2016.)

Lohkoketjun jäsenet verifioivat kaikki verkkoon lähetetyt transaktiot. Kun yksi ketjun osapuolista haluaa luoda uuden lohko, kyseinen luomispyyntö lähetetään kaikille lohkoketjun osapuolille, joiden tulee varmentaa lohkon aitous, ennen kuin se muodostetaan. Kun ketjun osapuolet ovat muodostaneet enemmistön siitä, että lohko on oikea, se muodostuu.

Lisättyjen lohkojen tietoja on erittäin vaikeaa manipuloida. Kun lohko on luotu ja kirjattu järjestelmään, pienikin datan manipulointi muokkaisi lohkon tiivistettä. Tällöin se ei olisi enää validi ja kuka vaan, joka katsoisi lohkoketjua näkisi sen muuttuneen. Tämä johtuu siitä, että lohkon tiiviste ei ole enää sama, kun sen seuraavassa lohkossa kerrotaan (Luke Tredinnick 2019.)

Tiivisteet ja aikaleimat tekevät tietokannasta siis luotettavan. Lohkoketju sisältää tiedot kaikista tapahtumista järjestelmän historian aikana ja luo omanlaisen digitaalisen sormenjäljen, jolla voi varmentaa tapahtumia (Di pierro 2017). Tämän takia ei tarvita erillistä luotettua välimiestä, joka todentaisi aina tapahtuman. Tieto lohkoketjusta on hallussa jokaisella ketjun jäsenellä, eikä tietojen muuttaminen onnistu siis kaikkien ketjun osapuolten sitä näkemättä (Nofer, Gomber, Hinz & Schiereck 2017). Ketjun jäsenet pääsevät itse vertaamaan tiivisteitä. Jos tiivisteet ovat pysyneet samana, tieto on siis hyvin todennäköisesti oikeaa. Tämä tekee ketjusta hyvin luotettavan ja läpinäkyvän.

3.2 Keskitetty ja hajautettu verkko

Lohkoketjujen ajatuksena on hyödyntää hajautettua verkkoa yleisesti yritysten käyttämän keskitetyn verkon sijaan. Vaikka keskitetyt verkot tarjoavat tietyt edut, kuten helpon hallinnan ja nopean tiedonvaihdon, ne voivat myös olla alttiita yhden pisteen vikoihin ja turvallisuusriskeihin (Rathore, Kwon, Park 2019).

Keskitetyssä verkossa kaikki solmut ovat yhteydessä yhteen pisteeseen. Tämä yksittäinen piste tunnetaan keskussolmuna, joka ohjaa kaikkea verkon sisäistä viestintää. (Bhalla 2023.) Tällainen verkko on hyvin haavoittuvainen, koska jos keskussolmu kaatuu tai pysähtyy esimerkiksi hyökkäyksen tai konevian seurauksena, koko verkko kaatuu sen mukana (Rathore ym. 2019). Esimerkiksi ruoan toimitusketjun keskussolmun kaatuessa, voi hävitä koko transaktiohistoria ja näin koko ketjun jäljitettävyys. Keskitetyssä verkossa on usein myös välikäsien vaatimia kustannuksia (Bhalla 2023).

Hajautetussa verkossa taas ei ole yhtä keskussolmua, vaan kaikki solmut on linkitetty toisiinsa, jolloin toimijat ovat yhdenvertaisia ja yhteydessä toisiinsa (Bhalla 2023). Hajautetussa järjestelmässä jokainen solmu pystyy kommunikoimaan ja tallettamaan kokonaisia tietoja lohkoketjuista ja tämän takia varmuuskopioita on enemmän kuin keskitetyssä järjestelmässä (Hua, Wang, X., Kang, Wang, H. & Wang, F. 2018). Verkko on siis paljon paremmin suojassa hyökkäyksiltä ja vioilta, koska yhden solmupisteen kaatuessa, muu verkko pystyy jatkamaan toimintaansa normaalisti eikä tietoa häviä (Rathore ym. 2019). Hajautettujen lohkoketjujen käyttö poistaa myös välikäsien tarpeen, mikä vähentää kustannuksia jo itsessään (Bhalla 2023). Tämä luo uuden tavan tapahtumien koordinointiin, joka on turvallinen, luotettava ja kustannustehokas (Rahkola 2019).

3.3 Älysopimukset

Älysopimus on lohkoketjuteknologian mahdollistama ohjelma, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi toimitusketjun tehostamiseen. Se on ohjelma, joka on tallennettu hajautetusti lohkoketjuun. Älykkäät sopimukset mahdollistavat sopimuksen sopimusehtojen automaattisen voimaansaattamisen ilman luotetun kolmannen osapuolen väliintuloa (Khan, Loukil, Ghedira-Guegan, Benkhelifa & Bani-Hani 2021). Älykkäissä sopimuksessa tietokoneohjelmiin kirjoitetut sopimuslausekkeet toteutetaan automaattisesti, kun ennalta määritellyt ehdot täyttyvät. Älykkäät sopimukset, jotka koostuvat transaktioista, tallennetaan olennaisesti, replikoidaan ja päivitetään hajautettuihin lohkoketjuihin. Kun älysopimus on tallennettu lohkoketjuun, sitä ei voida enää muokata ja kaikki lohkoketjussa voivat nähdä miten transaktiot on suoritettu. Tämän takia älysopimukset vähentävät hallinto- ja palvelukustannuksia, parantavat liiketoimintaprosessin tehokkuutta ja vähentävät riskejä. (Zheng, Xie, Dai, W. Chen, X. Chen, Weng & Imran 2020.) Sopimuksen molemmat osapuolet voivat olla siis sopimuksen teon jälkeen varmoja, että sopimusehtoja ei muuteta toisen huomaamatta, ja sopimus toteutuu automaattisesti ehtojen täytyttyä.

Älysopimuksilla ei ole oletuksena pääsyä lohkoketjujen ulkopuoliseen dataan, minkä takia älysopimusten yhteydessä käytetään oraakkeleja. Oraakkelit toimivat siltana älysopimusten ja ulkopuolisen maailman välillä. Oraakkeliin avulla esimerkiksi Eurobetiin luodut älysopimukset saavat tiedon jalkapallo-ottelujen lopputuloksista ja voivat tämän tiedon perusteella toimia. (Zheng ym. 2020.)

Älysopimus on terminä hieman harhaanjohtava, koska se ei itsessään pidä sisällään mitään tekoälyä vaan tekee pelkästään sen mikä se on ohjelmoitu tekemään. Käytännössä älysopimus on siis vain hieno sana lohkoketjuun tallennetulle ohjelmakoodille. Tunnetuin älysopimusala on vuonna 2015 lanseerattu Ethereum (Coinmarketcap 2024).

4 Lohkoketjujen tuomat hyödyt elintarviketeollisuuden toimitusketjuihin

4.1 Jäljitettävyys

Elintarviketeollisuuden toimitusketjujen jäljitettävyyden huomattava parantuminen on yksi lohkoketjujen käyttöönoton laajasti tunnustettu hyöty (Bhat ym. 2022). Jäljitettävyyden soveltaminen voi myös luoda läpinäkyvyyttä toimitusketjuihin (Sunny ym. 2020). Lakien lisäksi, kuluttajat vaativat nyt entistä enemmän turvallisia, kestäviä ja oikeudenmukaisia ruoantuotantoprosesseja, sekä yrityksiä (Bhat ym. 2022). Jäljitettävyys on siis ratkaisevassa roolissa juuri tässä kuluttajien vaatimassa ruoan turvallisuuden ja laadun valvonnassa (Feng, Wang, Duan, Zhang & Zhang 2020).

Toimitusketjun läpinäkyvyys ja jäljitettävyys liittyvät vahvasti yhteen. Vaikka jäljitettävyyttä ja läpinäkyvyyttä käytetään toimitusketjuista puhuttaessa monesti erottamattomasti ja ne ovat vahvasti toisiinsa liittyvät, ne tarkoittavat eri asioita. Läpinäkyvyys on toimitusketjun yleiseen näkyvyyteen liittyvä termi, kun taas jäljitettävyyttä voidaan kutsua kyvyksi seurata ja jäljittää tietoa (Sunny, Undralla & Pillai 2020). Kun tiedetään tarkasti, mistä ja mitä kautta elintarvikkeet ovat tulleet, on helpompi arvioida, kuinka vastuullisesti ne on tehty. Tämä luo läpinäkyvyyttä ketjun sisällä, mutta lisää myös luottamusta sen ulkopuolisille henkilöille esimerkiksi kuluttajille.

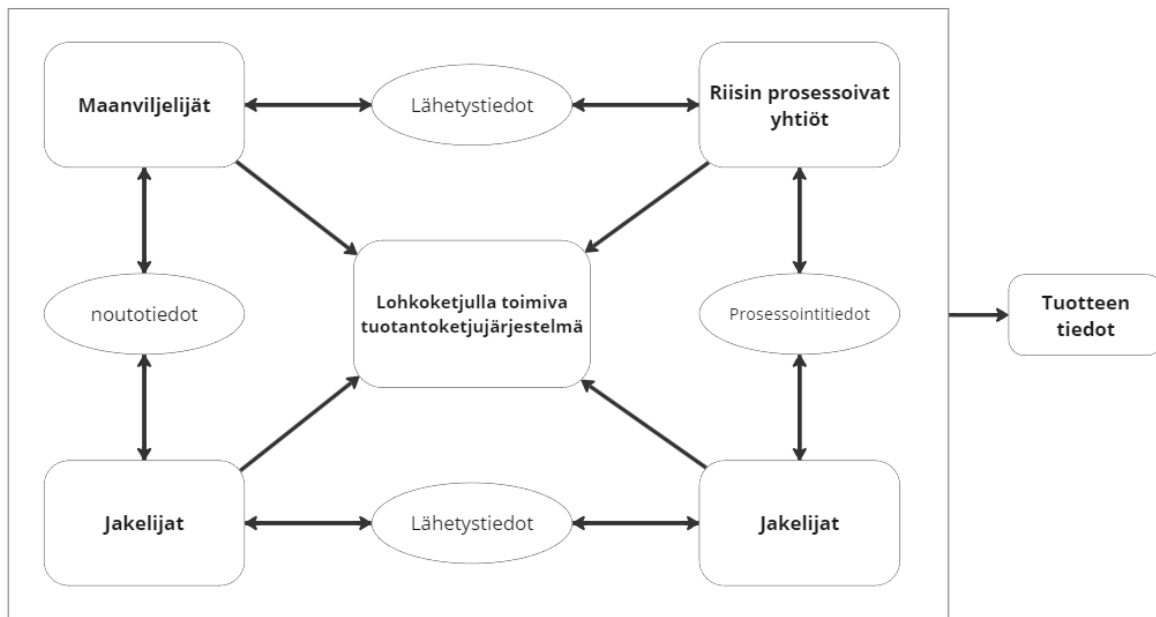
Esimerkiksi tilanteessa, jossa isosta ruokatilauksesta tietty ruokalajike on mennyt pilalle ja se on saapunut pitkän toimitusketjun läpi ruokakauppaan ilman tarkkaa jäljitysprosessia, on hyvin vaikeaa tietää, mistä ruoka on tullut. Tällöin väriä osapuolia saatetaan syyttää, yritysten maineet kärsivät turhaan ja oikea syyllinen jää paikantamatta. Hyvän jäljityksen avulla esimerkiksi ruuan aiheuttamiin tautiepidemioihin voidaan reagoida nopeammin paikantamalla ruoan lähde ja lopettamalla tämän lähteen käyttö (Katsikouli ym. 2020.) Etenkin kuluttajien standardien noustua lohkoketjujen auttama nopea reagointi tällaisiin tapauksiin vähentää myös tapaukseen kohdistuvaa median negatiivista huomiota.

Hyviä jäljitettävyysprosesseja on yritetty luoda jo pitkän aikaa käyttämättä lohkoketjuja. Esimerkiksi Kandleff, Klumb ja Keugens (2011) esitti mallin GPS:n avulla toimivan jäljityssysteemin tuotannon suunnittelua ja toimitusketjun tapahtumien hallintaa varten. Myös Huub Sholten esitteli tutkijakollegoidensa kanssa uuden järjestelmän läpinäkyvää lihan toimitusketjua varten. Tämä järjestelmä helpottaa asiakkaiden mahdollisuuksia jäljittää markkinoilla saatavilla olevan lihan historiaa. Järjestelmän avulla myös valtion virastot voivat seurata lihan laatua (Sholten, Bartram, Kassahun, Kläser, Tröger, Hartog, Schillings-Schmitz, Meier & Reiche 2014.) Tällaiset keskitettyihin

järjestelmiin nojaavat jäljitettävyyssratkaisut eivät kuitenkaan ole kovin hyviä tietojen manipuloinnin mahdollisuuden vuoksi. Jäljitettävyyttä on vaikea saavuttaa keskitetyssä ympäristössä. (Sunny ym. 2020.) Tian (2016) kuvasi keskitettyjä jäljitettävyyssjärjestelmiä monopolistisena, epäsymmetrisenä ja läpinäkymättömänä tietojärjestelmänä. Järjestelmät ovat siis hyvin alttiita korruptiolle, tiedon vääristämiselle ja tiedon katoamiselle.

Lohkoketju puolestaan luo läpinäkyvyyttä ja jäljitettävyyttä, koska kuten aiemmin mainittiin kukaan yksittäinen toimitusketjun osapuoli ei voi muuttaa olemassa olevaa lohkaketjuun hyväksytyä tietoa ja hajautetun tietokannan ansiosta, kaikki toimitusketjun osapuolet näkevät lohkaketjuun kirjatun tiedon reaaliaikaisesti (Bhat ym. 2022).

Lohkoketjunteknologian avulla voidaan rakentaa alusta, johon kaikki toimitusketjun osapuolet liittyvät luomalla digitaalisen profiilin, joka tallentuu lohkaketjujärjestelmään (Kumar & Iyengar 2017). Kuva 2 esittää mallinnuksen lohkaketjujen hyödyntämisestä riisin tuotantoketjussa. Ketjun alussa tuotantovaiheessa korjattu riisi pakataan pusseihin, varustetaan tunnisteilla ja kirjataan lohkaketjuun digitaalisella profiililla. Tärkeät tiedot liittyen riisiin tallennetaan näihin digitaalisiin profiileihin, mukaan lukien ympäristö, jossa riisi on kasvanut, kuten maaperä, vesi, alue, vuodenaika jne., siemenen laatu, kasvuedellytykset, istutusaika, poiminta-aika sekä tiedot käytetyistä lannoitteista ja torjunta-aineista sadon tuottamiseksi. Tämän jälkeen uusi kauppa käynnistyy viljelijöiden ja välikäsi- tai riisinjalostusyritysten välillä, missä tuote vaihdetaan älysovimukseen laadittujen tietojen täytettyä. (Kumar & Iyengar 2017.)



Kuva 2. mallinnus lohkoketjujen hyödyntämisestä riisin tuotantoketjussa

Kun riisit päätyvät lopulta vähittäiskauppiaille, he saavat lähes kaiken tiedon skannaamalla riisipakkauksiin asennetut tunnistimet. Koska kaikki riisin tiedot tallennetaan sen digitaaliseen profiiliin lohkoketjuun, kuka tahansa, jolla on lohkoketjuun liittyvä ohjelmisto, voi saada kaikki yksityiskohdat ja tarkastaa kaikki tietyn riisin toimitusketjuun liittyvät toiminnot. (Kumar & Iyengar 2017.) Aina, kun riisit vaihtaa omistajaa, tieto kirjataan järjestelmään. Koska tiedot on kirjattu tarkasti järjestelmään ja niitä ei voi muuttaa kirjauksen jälkeen, voidaan luotettavat tiedot antaa myös kuluttajille käyttöön, mikä lisää läpinäkyvyyttä ja vakuuttavuutta.

4.2 Läpinäkyvyys

Läpinäkyvyys elintarviketeollisuuden toimitusketjuissa on kuluttajaluottamuksen, ruoan turvallisuuden ja vastuullisuuden kannalta merkittävä tavoite, mihin lohkoketjujen avulla voitaisiin päästä. Lohkoketjujen tuoman läpinäkyvyyden ansiosta prosesseista saadaan myös tehokkaampia, koska luotettava tieto toimitusketjun kaikista eri vaiheista on heti saatavilla (Li ym. 2021). Jos toimitusketjun jossain vaiheessa yksi osapuolista haluaa varmistaa jonkun asian, enää ei tarvitse etsiä papereita tai kysellä muilta toimitusketjun osapuolilta tietoa, vaan kaikkeen relevanttiin tietoon pääsee kaikki käsiksi sekunneissa ja prosessia päästään jatkamaan ilman turhaa viivettä.

Samalla lohkoketjujen sujuvoittaessa prosesseja niiden tuoma tiedon avoimuus saattaa yhteen koko toimitusketjun. Eri osapuolet eivät siis toimi enää yksin vaan tekevät yhteistyötä ja luovat aina yhden ison kokonaisuuden ja strategisen kumppanuuden. Yleisen sanonnan mukaan hyvin ymmärretty ongelma on puoliksi ratkaistu. Siis kaiken tiedon ollessa saatavilla, toimitusketjun ongelmat ja potentiaaliset haasteet on helposti nähtävissä, jolloin sen suunnittelusta ja optimoinnista tulee huomattavasti helpompaa, kuin tiedon ollessa piilossa tai huonosti saatavissa. Väestön jatkuvan kasvun takia ja siitä johtuvan ruoan kasvavan kysynnän vuoksi elintarviketeollisuuden toimitusketjujen tehostamisesta tulee yhä tärkeämpi haaste.

Yhdysvaltalainen vähittäiskauppa-alan jättäjä Walmart käytti juuri lohkoketjuja mangojensa jäljittämiseen. Lohkoketjuun oli merkattu kaikki vaiheet mangojen poiminnasta niiden saapumiseen Walmartiin. Siinä missä mangojen jäljittäminen nykyisillä menetelmillä olisi kestänyt viikon, Walmartin käyttämän lohkoketju-lähestymistavan ansiosta virkamiehet pystyivät määrittämään mangotuotteen alkuperän hieman yli 2 sekunnissa. (Astill, Dara, Campbell, Farber, Fraser, Sharif & Yada 2019.)




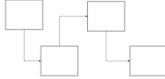

Koska kuluttajat kiinnittävät yhä enemmän huomiota ruoan vastuullisuuteen, läpinäkyvyys on yrityksille myös kilpailuvaltti (Bhat 2022). Kuluttajat ovat osoittaneet selvää halua validoida ostot, seurata tuotteita ja ymmärtää ympäristövaikutuksia elintarvikkeiden toimitusketjuissa (Li ym. 2021). Joten yritysten käyttäessä lohkoketjuja läpinäkyvyyden luomiseksi, kuluttajat voivat luottaa ilmoitettuun tietoon ja ostaa näin tuotteen mieluummin, kun tuotteen, jonka toimitusketju ei ole läpinäkyvä.

4.3 Toimitusketjun tehostaminen ja transaktiokustannusten vähentäminen

Elintarviketeollisuuden toimitusketjujen globalisaatio on tehnyt ketjuista paljon monimutkaisempia ja hitaampia monien välikäsien ja erinäisten monimutkaisten valtioiden säädösten kanssa. Samaan aikaan toimitusketjujen kustannukset ovat nousseet. Nämä ovat merkittäviä haasteita ottaen huomioon kuluttajien halun saada tuoreita tuotteita hyvään hintaan. (Li ym. 2021). Ruoan pilalle meno toimitusketjun operaatioiden aikana on myös suuri haaste (Shafiee-Jood & Cai, 2016). Lohkoketjujen avulla välikäsiä ei tarvita yhtä paljon ja elintarvikkeet saataisiin liikkumaan nopeammin, mikä lisäisi niiden tuoreutta.

Lohkoketjuihin voisi rakentaa älysovimuksia, jotka digitalisoivat ja automatisoivat tarvittavat prosessit näin poistaen välikäsien sekä prosessien validoimisen tarpeen nopeuttaen ketjua

huomattavasti ja näin vähentäen ruuan pilaantumista, koska se kerkeää kaupan hyllyyn pidemmäksi aikaa.

1. Yritys A haluaa ostaa viljaa yritykseltä B. Sopimusehdot kuten tuotteen hinta ja määrä kirjoitetaan älykkääseen sopimukseen.
 
2. Yritys B laittaa viljat varastoon, joka on lukittu avainkoodilla, jonka yritys A automaattisesti saa käyttöönsä maksettuaan älysopimukseen kirjatun summan yhtiölle B.
 
3. Molemmat osapuolet tarkastavat sopimustiedot läpi, jonka jälkeen he allekirjoittavat sen.
 
4. Älysopimus tarkastaa, että yritys A on maksanut yritykselle B sopimuksessa määrätyn hinnan ja muut sopimuksen ehdot täyttyvät.
 
5. Ehtojen täytyttyä yritys A saa koodin varastoon, jossa viljat on säilöttyinä ja käy noutamassa ne.
 

Kuva 1. Esimerkki älysopimusten käytöstä. (Kamilaris ym. 2019.)

Älysopimukseen voitaisiin myös kirjata erikseen tiettyjen lähetysten määräajat sen eri välietapeilla. Vaikka lähetys ehtisi paikasta A paikkaan B oikeassa ajassa, jos se on viipynyt jollain välietapilla liian kauan, esimerkiksi sen kylmäketju on saattanut katketa ja ruoka on voinut pilaantua. Älysopimukseen voitaisiin siis merkata, kuinka kauan välietappi saa kestää, jotta ketju pysyy ehjänä. Jos ketju ehtii katketa, sopimus ei synny, mikä voisi lähettää hälytyksen elintarvikkeen mahdollisesta pilaantumisesta. Sitten elintarvikkeen kunto voitaisiin varmistaa uudelleen. Näin koko elintarvikkeen matkalle voitaisiin luoda useita eri älysopimuksia, jotka tuotteen ostaja voisi tarkistaa toteutuneen lisäen luottamusta entistään.

Lohkoketjuun lisättävän tiedon hyväksymisprosessin takia lohkoketju voisi myös vähentää transaktioaikaa ja kustannuksia välttämällä transaktiotietojen virheitä ja mahdollistamalla transaktiotietojen tehokkaan tarkastuksen. Tietojen tarkistamiseen ja virheiden sattuessa niiden etsimiseen ei siis tarvitsisi käyttää enää saman verran aikaa, koska tieto on sen lisäsvaiheessa jo validoitu.

Vaikka lohkoketjut tekevät hyväksytyyn tiedon muokkaamisesta hyvin vaikeaa ja tätä kautta on hyvin luotettava tiedonlähde, sinne syötetty tieto voi kuitenkin olla virheellistä (Katsikouli ym. 2020). Tämän takia on tärkeää varmistaa, että syötetty tieto on oikeaa. Varmistamiseen erilaisia tapoja, kuten

IoT laitteiden integrointi järjestelmiin (Katsikouli ym. 2020). Olisi hyvä minimoida ihmisten välisen vuorovaikutuksen aste tietojen keräämisessä ja syöttämisessä automaation avulla, koska näin tietojen kerääminen on paljon nopeampaa, vaivattomampaa ja luotettavampaa. Viljelyvaiheessa IoT laitteilla kerätty tieto voisi esimerkiksi sisältää viljelyn taustaympäristön (esim. maaperän, veden, lämpötilan ja kosteuden laatu), viljelyhenkilöstön, päivämäärän, kellonajan, lääkelajikkeen alkuperän ja käytön, kastelun, lannoituksen ja torjunta-aineet (Feng ym. 2020).

Lisäksi lohkoketjujen datan lisäysoikeuksiin ja yleisesti toimitusketjuun osallistumiseen voitaisiin vaatia sertifikaatteja, jotka pitäisi ladata lohkoketjuun luotettavuuden todistamiseksi (Li ym. 2021). Näin myös kuluttaja pystyisi varmistumaan esimerkiksi maatilan vastuullisuudesta ja turvallisuudesta. Kun toimitusketjun jokaisesta osapuolesta kerättäisiin tietoa lohkoketjuihin, tiedot eri toimijoiden maineesta ja luotettavuudesta voitaisiin julkaista. Tällöin jos joku toimitusketjun osapuoli jää kiinni tietojen väärentämisestä, sen maine huononee kaikkien edessä, mikä myös kannustaisi tietojen oikein kirjaamiseen.

5 Lohkoketjujen käyttöönoton haasteita

Lohkoketjujen suuresta potentiaalista huolimatta, niiden käyttöönottoon ja käyttämiseen liittyy myös haasteita. Yksi suuri haaste on teknologian käyttöönotto etenkin kehittyvissä maissa, joita etenkin elintarvikesektorilla on hyvin monta. Koska lohkoketju vaatii jokaisen tapahtuman käsittelyn ja transaktion validoinnin, kaikilla toimitusketjun osapuolilla pitäisi olla laitteet, kuten tietokoneet, IOT-laitteet ja internetyhteys, joilla pääsee tarkastelemaan lohkoketjua ja lisäämään sinne tietoa (Min 2019). Kaikilla tulisi olla siis vaadittavat teknologiat, sekä vaadittavat taidot hallussaan, jotta lohkoketjujen käyttö toimisi. Pitäisi myös löytää yhteinen lohkoketjualusta, mitä kaikki käyttävät, koska eri lohkoketjualustat eivät usein toimi keskenään (Bhat ym. 2022).

Toinen iso lohkoketjujen käyttöönottoon liittyvä huoli on tietojen jakaminen. Kuten aiemmin mainittiin, lohkoketjujen avulla koko toimitusketjusta tulee hyvin läpinäkyvä ja jäljitettävä. Kaikki lohkoketjuverkkoon kuuluvat näkevät koko ketjun tarkan transaktiohistorian. Lohkoketjuverkkoon kuuluvat osapuolet saattavat olla kilpailijoita keskenään, jolloin he eivät halua toistensa tietävän tarkkaan, mitä reittiä pitkin he tilaavat tuotteensa. (Zhao ym. 2019.)

Lohkoketjuteknologian käyttöönottoa haittaa myös regulaatioiden eli sääntelyn puute. Elintarviketeollisuuden toimitusketjut ulottuvat kaikkialle maailmaan. Siksi lohkoketjuteknologian soveltamista maatalouden ja elintarvikkeiden arvoketjun hallintaan on tarkasteltava globaalista näkökulmasta. Lohkoketju on kuitenkin uusi teknologia, missä on mukana eri maiden ihmisiä, joilla ei ole yhteistä regulaatiota, mitä seurata. (Zhao ym. 2019.) Yhteisen regulaation, sekä keskitetyn vallan puute aiheuttaa epäluottamusta ihmisissä, mikä vaikeuttaa teknologian käyttöönottoa (Reyna, Martin, Chen, Soler & Diaz 2018). Pitäisi siis ottaa käyttöön yhteisiä regulaatioita, joilla valvotaan lohkoketjusovelluksia elintarviketeollisuuden vaatimustenmukaisuuden varistamiseksi ja näin luottamuksen kasvattamiseksi.

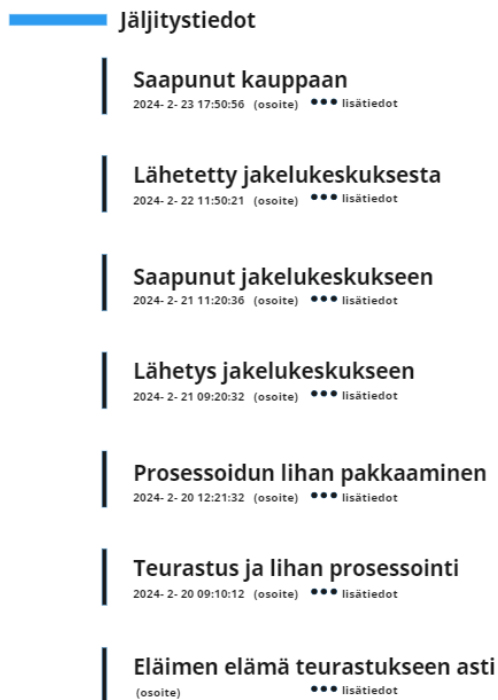
Kryptovaluuttoihin liittyvä huono maine vaikuttaa myös lohkoketjujen maineeseen, koska ne liitetään usein yhteen. Kryptovaluutoilla on hyvin iso volatiliteetti, minkä takia niitä pidetään yleisesti riskisijoituksena. Harva ymmärtää, mitä kryptovaluutat ovat tai miten lohkoketjuteknologia liittyy niihin. Tämä vaikuttaa lohkoketjujen luotettavuuteen ja vaikeuttaa niiden käyttöönottoa. Lohkoketjujen tai kryptovaluuttojen mainetta ja yleisesti ihmisten tietoisuutta aiheesta pitäisi parantaa, jolloin luottamus niihin kasvaisi. Samalla lohkoketjujen osajia saataisiin enemmän, jolloin teknologiaa olisi helpompi ottaa käyttöön ja se yleistyisi.

Lohkoketjujen käyttöönoton haasteet elintarviketeollisuudessa kiteytyvät siis teknologian käyttöönottoon vaadittavaan alkuinvestointiin ja osaamisen puutteeseen. Nämä korostuvat etenkin kehittyvissä maissa, jotka ovat isossa roolissa elintarviketeollisuudessa. Tarvittaisiin siis alkuinvestoinnit ihmisten koulutukseen ja laitteiden hankkimiseen, mikä tietenkin ensin huonontaisi lopputuotteiden katteita. Kuitenkin pidemmällä aikavälillä lohkoketjujen auttaessa aiemmin mainittuihin ongelmiin, kuten ruokaturvallisuuteen, vastuullisuuteen ja kuluttajaluottamukseen, investoinnit voisivat olla kannattavia. Alkuinvestoinnit vaativat myös luottamusta, mitä lohkoketjuilla ei vielä ole maailmanlaajuisesti.

6 Käyttöönotto käytännössä

6.1 Havainnollistus lohkoketjun käytöstä elintarvikkeessa

Asiakkaalle ja toimitusketjun osapuolille pääsy lohkoketjuun tulisi tehdä mahdollisimman yksinkertaiseksi ja helpoksi. Asiakas voisi esimerkiksi lihaa ostaessa skannata lihan pakkaukseen kiinnitetyn qr-koodin, josta avautuisi näkymä lohkoketjuun. Näkymästä asiakas pystyisi tarkasti jäljittämään, missä liha on ollut ja mitä sille on tehty missäkin vaiheessa. Lohkoketjuihin voi tallentaa myös videoita. Voitaisiin laittaa siis video esimerkiksi keräysvaiheesta tai pakkauksesta läpinäkyvyyden lisäämiseksi ja asiakkaan luottamuksen vahvistamiseksi.



Kuva 3. Miltä lihan ostaneelle asiakkaalle lohkoketju voisi näyttää puhelimessa

Eläimen elämä teurastukseen asti

(osoite)

••• lisätiedot

lisätiedot

Mitä eläin on syönyt:

Eläimen askelmäärä/pv:

Eläimelle annetut lääkkeet ja rokotteet:

Kuinka kauan eläin on ulkona/pv:

Kuva 1. Lisätiedot 1

Lähetys jakelukeskukseen

2024- 2- 21 09:20:32 (osoite) ••• lisätiedot

lisätiedot

Lihan säilöntälämpötila:

Lihan lähetyslämpötila:

Lihan pakkausmateriaali:

Kuva 2 Lisätiedot 2

Koska loppuasiakas näkee, mistä esimerkiksi ostettu liha tai kahvi on peräisin, lohkoketjuun voitaisiin myös lisätä kuluttajalle mahdollisuus antaa tippi tilalle, josta etenkin kehityksmaista tulevien tuotteiden viljelijät ja kasvattajat voisivat hyötyä suuresti.

6.2 Nykypäivän sovellukset

Kiinalainen ZhongAn teknologiayhtiö on kehittänyt Gogochicken nimisen laitteen, mikä kiinnitetään kanan jalkaan. Laitteen avulla kanan askeleet mitataan ja ladataan suoraan lohkoketjuun, jolloin asiakas voi varmistua, että kana on ollut vapaa elämänsä aikana. Samalla mitataan kanan sijainti, ilman saasteisuus, sen juoman veden laatu ja teurastuspäivä, jotka kaikki ladataan lohkoketjuun asiakkaan nähtäväksi. (Peter 2017.) Etenkin Kiinassa, missä ruokapetokset ovat suuri ongelma,

tällainen ruoan vastuullisuuden varmistaminen antaa selvän kilpailuedun, minkä takia yhtiö voi pyytää isompaa hintaa tuotteistaan ja näin teknologiasta tulee kannattava ajan kuluessa.

Gogochickenin suosio kasvaa nopeasti, koska Kiinassa on paljon pienituloisia viljelijöitä, joilla ei ole varaa markkinoida omaa tilaansa. Liittymällä Gogochickenin brändiin, viljelijät saavat ilmaista markkinointia ja näkyvyyttä. (Peter 2017.) Tämä esimerkki osoittaa hyvin, että lohkoketjuille ei ole pelkästään mahdollisuus lisätä ruokaturvallisuutta ja eettisyyttä, vaan myös kilpailuetua niitä hyödyntäville yrityksille.

Suomessakin on jo otettu lohkoketjuja käyttöön elintarviketeollisuuden toimitusketjuissa. Esimerkiksi suomalainen kahvin ja leivontatuotteiden valmistaja Meira otti Segafredo Storia kahviinsa käyttöön lohkoketjuteknologian avulla toimivan jäljitysjärjestelmän. Kuluttaja pystyy skannaamaan qr-koodin ja näkemään kännykästään esimerkiksi kahviin käytetyn kahvipensaslajikkeen, kahvin kasvupaikan ja sen viljelleet tilat. Myös kahvin matka viljelyalueelta Meiran paahtimolle on näkyvissä karttamuodossa. (Lauronen 2021.)

Lohkoketjut ovat siis onnistuneesti käytössä jo elintarviketeollisuuden toimitusketjuissa, mutta kuten aiemmin mainittu, niihin liittyy käyttöönottokustannuksia ja yleistä epäluottamusta. Tämän takia, jos esimerkiksi Kesko haluaisi integroida lohkoketjut jonkin tuoteryhmän toimitusketjuihin, Keskon tulisi luoda oma lohkoketjualusta ja vaatia oman toimitusketjun osapuoltensa ottavan lohkoketjualusta käyttöön ja mahdollisesti rahoittaa tähän tarvittavat laitteet ja infrastruktuuri.

7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tutkielmassa tutkittiin, miten lohkoketjuteknologiaa voidaan hyödyntää elintarviketeollisuuden toimitusketjuissa. Päädyttiin johtopäätökseen, että lohkoketjuteknologia tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia elintarviketeollisuuden toimitusketjuille parantaen niiden läpinäkyvyyttä, tehokkuutta ja turvallisuutta vastaten suoraan elintarviketeollisuuden isoimpiin haasteisiin, joita ovat jäljitettävyyden puute, ruokapetokset ja tehottomat prosessit (Katsikouli ym. 2020; Bhat ym. 2021).

Tutkielmassa tutkittiin myös, miten lohkoketjuteknologiaa voidaan integroida elintarviketeollisuuden toimitusketjuihin. Selvitettiin, että lohkoketjuteknologian avulla voidaan luoda hajautettuja ja läpinäkyviä tietokantoja, mihin tallennetaan tietoa automaattisesti eri IOT-laitteiden avulla tai manuaalisesti toimitusketjun eri osapuolten toimesta niin, että tietoa ei voi enää jälkikäteen sen validoinnin jälkeen muokata tehden siitä luotettavaa (Li ym. 2021). Tämä nopeuttaa tuotteiden alkuperän selvittämistä eksponentiaalisesti, varmistaa niiden laadun ja turvallisuuden sekä estää väärennöksiä ja petoksia, joita tapahtuu jatkuvasti. Näin myös kuluttajien luottamus tuotteisiin kasvaa. (Feng ym. 2020; Wognum ym. 2011.) Lisäksi lohkoketjuteknologia voi tehostaa toimitusketjun prosesseja automatisoinnin ja älykkäiden sopimusten avulla poistamalla välikäsiä ja systematisoimalla prosesseja, mikä vähentää kustannuksia ja parantaa toimitusvarmuutta (Zheng 2020). Näin ollen lohkoketjuteknologialla on potentiaalia mullistaa elintarviketeollisuuden toimitusketjujen toimintatapoja ja edistää alan kestävästä kehityksestä, jota kuluttajat kaipaavat jatkuvasti enemmän ja enemmän.

Vaikka lohkoketjuteknologialla on valtava potentiaali parantaa elintarviketeollisuuden toimitusketjuja esimerkiksi läpinäkyvyyden, tehokkuuden ja vastuullisuuden kautta, sen käyttöönottoon ja käyttämiseen liittyy myös merkittäviä haasteita. Tutkielman kolmantena tutkimuskysymyksenä olikin selvittää, mitä haasteita lohkoketjuteknologian käyttöönotossa elintarviketeollisuuden toimitusketjuihin on. Selvitettiin, että keskeinen haaste on lohkoketjuihin liittyvä luottamuksen puute, joka johtuu lähinnä tiedon puutteesta ja lohkoketjuihin usein yhdistettävistä kryptovaluutoista ja niiden huonosta maineesta (Reyna ym. 2018). Luottamuksen puute vaikeuttaa muun muassa lohkoketjujen käyttöönottoon liittyvien alkuinvestointien tekemistä. Koska elintarviketeollisuuden toimitusketjuissa on paljon vielä manuaalista paperityötä, pitäisi tämä kaikki digitalisoida, joka kuljen lisäksi, vaatisi myös todennäköisesti ihmisten IT-taitojen koulutusta (Min 2019). Lisäksi monilla pienien farmien omistajilla kehittyvissä maissa ei ole pääsyä internetiin, mikä pitäisi hankkia, jotta viljelijät voivat osallistua lohkoketjuun.

Elintarviketeollisuuden toimitusketjujen globaalista luonteesta johtuen, lohkoketjuun osallistuisi osapuolia monesta eri maasta. Ei olla kuitenkaan kehitetty mitään yhteisiä standardeja tai regulaatioita käyttäjien oikeuksien tai liikesalaisuuksien suojelemiseksi. Tämän takia monet yritykset voivat pitää lohkoketjun käyttöä riskinä (Zhao ym. 2019).

Lohkoketjuteknologian käyttöönotto toimitusketjuissa on siis vielä aikaisessa vaiheessa. Teknologiaa on jo otettu käyttöön elintarviketeollisuuden toimitusketjuissa ja se on saanut suosiotakin. Se ei ole kuitenkaan vielä levinnyt massakäyttöön sen tuomista merkittävistä parannuksista toimitusketjujen läpinäkyvyyteen, tehokkuuteen ja turvallisuuteen riippumatta. Iso prosentti ruuasta menee hukkaan ja paljon turhia kuluja syntyy tehottomien prosessien kuten manuaalisen paperityön takia (Katsikouli ym. 2020.). Maailman väestönkasvusta johtuen, näistä toimitusketjuista tulee entistä monimutkaisempia, jolloin ongelmat korostuvat. Toimitusketjut kaipaavat selvää uudistusta. Tulevaisuudessa siis voidaan odottaa teknologian yleistyvän etenkin lohkoketjujen maineen parantuessa.

Jotta elintarviketeollisuuden toimitusketjut voivat hyödyntää lohkoketjuteknologian tarjoamia mahdollisuuksia täysimääräisesti, tarvitaan selkeitä toimintasuunnitelmia ja investointeja. Valtioiden ja yritysten pitäisi kehittää yhteisiä standardeja ja protokollia lohkoketjuteknologian käyttöön liittyen. Tämän jälkeen isojen yritysten tulisi lähteä luomaan lohkoketjuvalmiita toimitusketjuja rahoittamalla toimitusketjun jäsenille vaadittavat laitteet ja opastukset ja luomaan kumppanuuksia ja yhteistyöverkostoja muiden toimijoiden kanssa lohkoketjuteknologian hyödyntämiseksi koko toimitusketjussa.

Näiden toimenpiteiden avulla elintarviketeollisuus voi valmistautua paremmin lohkoketjuteknologian tulevaan käyttöönottoon ja hyödyntää sen tarjoamia mahdollisuuksia kilpailuedun saavuttamiseksi ja toiminnan parantamiseksi. Näin lohkoketjut mahdollistavat elintarviketeollisuuden toimitusketjujen nykyaikaistamisen ja ylipäättään tehokkaamman liiketoiminnan kehittämisen.

Tulevaisuudessa lohkoketjujen integraatio- ja käyttöönottoprosessia tulisi tutkia enemmän. Tieteellistä kirjallisuutta näistä aiheista löytyi vähiten. Näiden aiheiden tutkiminen antaisi varmasti arvokasta näkökulmaa yrityksille ja voisi auttaa lohkoketjuteknologian laajempaa käyttöönottoa toimitusketjuissa.

8 Lähteet

Ali, M. H., Chung, L., Kumar, A., Zailani, S., & Tan, K. H. (2021). A sustainable Blockchain framework for the halal food supply chain: Lessons from Malaysia. *Technological Forecasting and Social Change*, 170, 120870.

<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120870>

An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology. (2016, June 1). IEEE Conference Publication | IEEE Xplore.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7538424/authors#authors>

Astill, J., Dara, R., Campbell, M., Farber, J. M., Fraser, E. D. G., Sharif, S., & Yada, R. Y. (2019). Transparency in food supply chains: A review of enabling technology solutions. *Trends in Food Science and Technology*, 91, 240–247. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.024>

Bastian, J., & Zentes, J. (2013). Supply chain transparency as a key prerequisite for sustainable agri-food supply chain management. *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, 23(5), 553–570. <https://doi.org/10.1080/09593969.2013.834836>

Bhalla, A. (2023, November 20). *Centralized vs. Decentralized Digital Networks [UPDATED]* - Blockchain Council. Blockchain Council. <https://www.blockchain-council.org/blockchain/centralized-vs-decentralized-digital-networks/>

Bhat, S. A., Huang, N., Sofi, I. B., & Sultan, M. (2021). Agriculture-Food Supply chain Management Based on Blockchain and IoT: A Narrative on Enterprise Blockchain Interoperability. *Agriculture*, 12(1), 40. <https://doi.org/10.3390/agriculture12010040>

Bitcoin and Beyond: A technical survey on decentralized digital currencies. (2016, January 1). IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7423672>

Blockchain: the solution for transparency in product supply chains | Provenance | Provenance.

(n.d.). <https://www.provenance.org/news-insights/blockchain-the-solution-for-transparency-in-product-supply-chains>

Feng, H., Wang, X., Duan, Y., Zhang, J., & Zhang, X. (2020a). Applying blockchain technology to improve agri-food traceability: A review of development methods, benefits and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121031. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121031>

Fromm, J. (2020, November 10). Sustainable food trends will become center of the plate with modern consumers. *Forbes*.

<https://www.forbes.com/sites/jefffromm/2020/11/10/sustainable-food-trends-will-become-center-of-the-plate-with-modern-consumers/>

- GPS based track and trace for transparent and sustainable global supply chains*. (2011, June 1). IEEE Conference Publication | IEEE Xplore.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6041225>
- Hofstede, G., Beulens, A., & Spaans-Dijkstra. (2004). Transparency: Perceptions, Practices and Promises. Saatavilla: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/357963>
- Juuaudette. (2017, December 20). *Escherichia coli Outbreak in Europe (May-June 2011)*. Mechanisms of Pathogenicity. <https://mechpath.com/2017/12/20/escherichia-coli-outbreak-in-europe-may-june-2011/>
- Kamilaris, A., Fonts, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2019). The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains. *Trends in Food Science and Technology*, 91, 640–652. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.034>
- Kandleff, C., Klumb, M., & Keugsen, T. (2011). GPS based track and trace for transparent and sustainable global supply chains. *17th International Conference on Concurrent Enterprising, Aachen, Germany, 2011*, pp. 1-8.
- Katsikouli, P., Wilde, A. S., Dragoni, N., & Høgh-Jensen, H. (2020). On the benefits and challenges of blockchains for managing food supply chains. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(6), 2175–2181. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10883>
- Khan, S., Loukil, F., Ghedira-Guegan, C., Benkhelifa, E., & Bani-Hani, A. (2021). Blockchain smart contracts: Applications, challenges, and future trends. *Peer-to-Peer Networking and Applications*, 14(5), 2901–2925. <https://doi.org/10.1007/s12083-021-01127-0>
- Lauronen, E. (2021). *Koodi kertoo tarinan – Suomen ensimmäinen lohkoketjun avulla jäljitetty kahvi*. Kespro.com — HoReCa-tukku Kespro. <https://www.kespro.com/ideat-ja-inspiraatiot/artikkelit/suomen-ensimmainen-lohko-ketjun-avulla-jaljitetty-kahvi>
- Li, K., Lee, J., & Gharehgozli, A. (2021). Blockchain in food supply chains: a literature review and synthesis analysis of platforms, benefits and challenges. *International Journal of Production Research*, 61(11), 3527–3546. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1970849>
- Min, H. (2019). Blockchain technology for enhancing supply chain resilience. *Business Horizons*, 62(1), 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.08.012>
- Nofer, M., Gomber, P., Hinz, O., & Schiereck, D. (2017). Business & Information Systems Engineering. 59, 183–187.
- Peters, A. (2018). In China, You Can Track Your Chicken On–You Guessed It–The Blockchain. *Fast Company*. Saatavilla: <https://www.fastcompany.com/40515999/in-china-you-can-track-your-chicken-on-you-guessed-it-the-blockchain>

- Porter, S. D., & Reay, D. (2015). Addressing food supply chain and consumption inefficiencies: potential for climate change mitigation. *Regional Environmental Change*, 16(8), 2279–2290. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0783-4>
- Qader, G., Junaid, M., Abbas, Q., & Mubarik, M. (2022). Industry 4.0 enables supply chain resilience and supply chain performance. *Technological Forecasting and Social Change*, 185.
- Rathore, S., Kwon, B. W., & Park, J. H. (2019). BlockSecIoTNet: Blockchain-based decentralized security architecture for IoT network. *Journal of Network and Computer Applications*, 143, 167–177. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2019.06.019>
- Reyna, A., Martin, C. L., Chen, J., Soler, E., & Díaz, M. (2018). On blockchain and its integration with IoT. Challenges and opportunities. *Future Generation Computer Systems*, 88, 173–190. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.05.046>
- Scholten, H., Bartram, T., Kassahun, A., Kläser, S., Tröger, R., Hartog, R. J. M., Schillings-Schmitz, A., Meier, S., & Reiche, R. (2014). *Enabling Transparency in Meat Supply Chains: tracking & tracing for supply chain partners, consumers and authorities*. <https://dl.gi.de/items/fe5d69ec-9eba-4cf8-8160-a094b7a043cf>
- Shafiee-Jood, M., & Cai, X. (2016). Reducing food loss and waste to enhance food security and environmental sustainability. *Environmental Science & Technology*, 50(16), 8432–8443. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b01993>
- Sunny, J., Undralla, N., & Pillai, V. M. (2020a). Supply chain transparency through blockchain-based traceability: An overview with demonstration. *Computers & Industrial Engineering*, 150, 106895. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106895>
- Sunny, J., Undralla, N., & Pillai, V. M. (2020b). Supply chain transparency through blockchain-based traceability: An overview with demonstration. *Computers & Industrial Engineering*, 150, 106895. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106895>
- The importance of food traceability. (2016, February 19). *Food Safety*. <https://www.food-safety.com/articles/3926-the-importance-of-food-traceability>
- Tredinnick, L. (2019). Cryptocurrencies and the blockchain. *Business Information Review*, 36(1), 39–44. <https://doi.org/10.1177/0266382119836314>
- Tripoli, M., Schmidhuber, J. (2018). Emerging Opportunities for the Application of Blockchain in the Agri-food Industry. *AgEcon*.
- Wognum, P., Bremmers, H., Trienekens, J. H., Van Der Vorst, J., & Bloemhof-Ruwaard, J. (2011). Systems for sustainability and transparency of food supply chains – Current status and

challenges. *Advanced Engineering Informatics*, 25(1), 65–76.

<https://doi.org/10.1016/j.aei.2010.06.001>

World Health Organization: WHO. (2019, May 16). *Food safety*. https://www.who.int/health-topics/food-safety#tab=tab_3

Yiannas, F. (2018). A new era of food transparency powered by blockchain. *Innovations*, 12(1–2), 46–56. https://doi.org/10.1162/inov_a_00266

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, W., Chen, X., Weng, J., & Imran, M. (2020). An overview on smart contracts: Challenges, advances and platforms. *Future Generation Computer Systems*, 105, 475–491. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.12.019>